



ХИМИЯ

Решение 1 (заочного) этапа

9 класс

1X. Медную пластинку опустили в 200 мл 16%-го раствора нитрата серебра ($\rho = 1,06$ г/мл). Через некоторое время пластинку вынули, просушили, взвесили, при этом ее масса изменилась на 3,8 г. Образовавшийся раствор максимально реагирует с 20,475 г смеси хлоридов рубидия и цезия. Определите состав исходной смеси хлоридов.

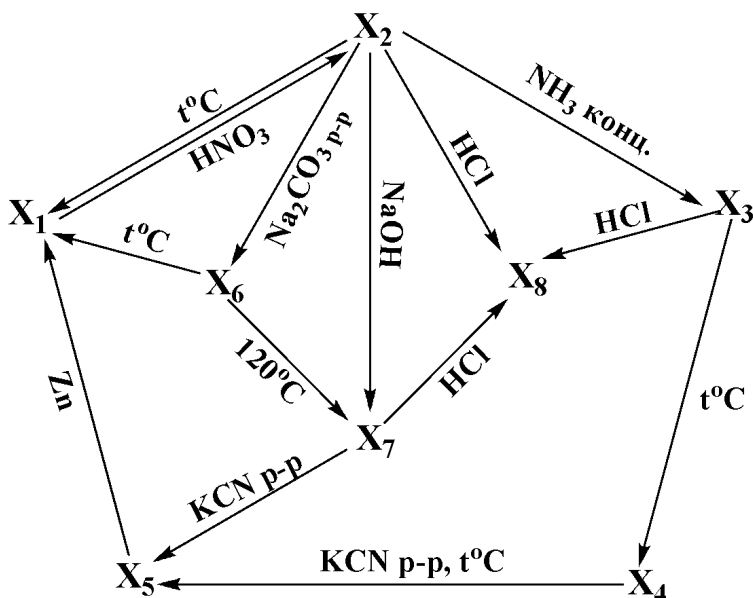
(11 баллов)

Решение	Баллы
1. Найдем количество вещества нитрата серебра в исходном растворе: m раствора = $V_{\text{р-ра}} \cdot \rho_{\text{р-ра}} = 200 \cdot 1,06 = 212$ г. $m(\text{AgNO}_3) = 212 \cdot 0,16 = 33,92$ г. $n(\text{AgNO}_3) = m(\text{AgNO}_3) / M(\text{AgNO}_3) = 33,92 / 170 = 0,2$ моль	1,0
2. $\text{Cu} + 2\text{AgNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$ (1) $\Delta m = m(\text{Ag}) - m(\text{Cu})_{\text{прореаг.}} = 3,8$ г. Пусть в реакцию вступает x моль меди, тогда $m(\text{Ag}) = 2x \cdot 108 = 216x$ г. $m(\text{Cu})_{\text{прореаг.}} = 64x$ г. $216x - 64x = 3,8$ $152x = 3,8$ $x = 0,025$ моль	1,0 1,0
3. $n(\text{AgNO}_3)_{\text{вст. в р-цию (1)}} = 2 \cdot 0,025 = 0,05$ моль $n(\text{AgNO}_3)_{\text{ост.}} = n(\text{AgNO}_3) - n(\text{AgNO}_3)_{\text{вст. в р-цию (1)}} = 0,2 - 0,05 = 0,15$ моль	1,0
4. z моль z моль $\text{AgNO}_3 + \text{CsCl} = \text{CsNO}_3 + \text{AgCl} \downarrow$ (2) y моль y моль $\text{AgNO}_3 + \text{RbCl} = \text{RbNO}_3 + \text{AgCl} \downarrow$ (3) пусть в (2) вступило z моль AgNO_3 в (3) вступило y моль AgNO_3 Составим систему уравнений: $\begin{cases} z + y = 0,15 \\ 168,5z + 120,5y = 20,475 \end{cases}$	1,0 1,0
Решим систему уравнений: $\begin{cases} 168,5z + 168,5y = 25,275 \end{cases}$	1,0



$168,5z + 120,5y = 20,475$ $48y = 4,8; \quad y = 0,1 \text{ моль}; \quad z = 0,05 \text{ моль}$	1,0
5. Найдем массы исходных хлоридов цезия и рубидия $m(\text{CsCl}) = n(\text{CsCl}) \cdot M(\text{CsCl}) = 0,05 \cdot 168,5 = 8,425 \text{ г.}$ $m(\text{RbCl}) = n(\text{RbCl}) \cdot M(\text{RbCl}) = 0,1 \cdot 120,5 = 12,05 \text{ г.}$	0,5 0,5
6. Найдем массовые доли исходных хлоридов рубидия и цезия $\omega(\text{CsCl}) = m(\text{CsCl})/m(\text{смеси}) = 8,425 \text{ г.}/20,475 \text{ г.} = 0,4115$ (41,15%) $\omega(\text{RbCl}) = 100\% - 41,15\% = 58,85\%$	0,5 0,5
ИТОГО	11,0

2X. Предложите вещества, превращения которых описываются следующей схемой.



(15 баллов)

Решение	Баллы
Исходя из приведенной схемы, можно предположить, что X_1 – элемент серебро	1
1. $\text{Ag} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ X_2	1
2. $2\text{AgNO}_3 \rightarrow 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$ (при нагревании) X_1	1
3. $\text{AgNO}_3 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}_{(\text{конц.})} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	1

X₃	
4. $3[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} \text{Ag}_3\text{N}\downarrow + 3\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	1
X₄	
5. $\text{Ag}_3\text{N}\downarrow + 6\text{KCN} + 3\text{H}_2\text{O}_{(\text{гор.})} \rightarrow 3\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2] + 3\text{KOH} + \text{NH}_3\uparrow$	1
X₅	
6. $2\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]_{\text{в-р}} + \text{Zn} \rightarrow \text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4] + 2\text{Ag}\downarrow$	1
7. $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 4\text{KCN} \rightarrow 2\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2] + 2\text{KOH}$	1
8. $2\text{Ag}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{t^\circ} 4\text{Ag}\downarrow + 2\text{CO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$	1
9. $2\text{AgNO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3_{\text{р-р}} \rightarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3\downarrow + 2\text{NaNO}_3$	1
X₆	
10. $\text{Ag}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow (t^\circ = 100 - 140^\circ\text{C})$	1
X₇	
11. $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{AgCl}\downarrow + \text{HNO}_3$	1
X₈	
12. $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{AgCl}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$	1
13. $2\text{AgNO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O}\downarrow + 2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1
14. $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{AgCl}\downarrow + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_3$	1
Итого	15

3X. Образец металла массой 1,08 г растворили в 6% р-ре азотной кислоты. Массовые доли кислоты и соли в полученном растворе сравнялись. Определите природу металла и массовую долю соли в полученном растворе. Какая масса вещества выделится на аноде, сделанном из того же металла, что и исходный образец, при электролизе водного раствора полученной соли при силе тока 10А в течение двух часов? Напишите уравнения протекающих реакций. Как называют этот процесс? **(14 баллов)**

Решение	Баллы
1. 6% раствор азотной кислоты является разбавленным Допустим, что металл является малоактивным, а его степень окисления равна +n. Тогда его растворение в азотной кислоте протекает по уравнению:	0,5
$3\text{Me} + 4n\text{HNO}_{3(\text{разб.})} \rightarrow 3\text{Me}(\text{NO}_3)_n + n\text{NO}\uparrow + 2n\text{H}_2\text{O}.$ $\text{Me}^0 - n\bar{e} \rightarrow \text{Me}^{+n} \cdot 3$ $\text{N}^{+5} + 3\bar{e} \rightarrow \text{N}^{+2} \quad \cdot n$	1,0

<p>2. Пусть атомная масса металла равна: $A(\text{Me}) = A$ г/моль. Тогда $n(\text{Me}) = 1,08/A$ моль. $n(\text{Me}) = n(\text{Me}(\text{NO}_3)_n) = 1,08/A$ моль. Предположим, что $m(\text{исх. р-ра HNO}_3) = 100$г, тогда $m(\text{HNO}_3)_{\text{исх.}} = 6$г.</p>	1,0
<p>3. Т.к. массовые доли кислоты и соли в полученном растворе сравнялись, значит, что: $\omega(\text{HNO}_3)_{\text{ост}} = \omega(\text{Me}(\text{NO}_3)_n)$ $m(\text{HNO}_3)_{\text{ост}} = m(\text{Me}(\text{NO}_3)_n$. $n(\text{HNO}_3)_{\text{прореаг.}} = 4/3 \cdot n(\text{Me}) = 4/3 \cdot n \cdot 1,08/A = 1,44 \cdot n/A$ моль $m(\text{HNO}_3)_{\text{ост}} = m(\text{HNO}_3)_{\text{исх.}} - m(\text{HNO}_3)_{\text{прореаг.}}$ $m(\text{HNO}_3)_{\text{ост}} = 6 - 1,44 \cdot n \cdot 63/A = 6 - 90,72 \cdot n/A$ $m(\text{Me}(\text{NO}_3)_n) = n(\text{Me}(\text{NO}_3)_n) \cdot M(\text{Me}(\text{NO}_3)_n) = 1,08 \cdot (A + 62 \cdot n)/A =$ $= 1,08 + 66,96 \cdot n/A$ г Итак, $m(\text{HNO}_3)_{\text{ост}} = m(\text{Me}(\text{NO}_3)_n$: $6 - 90,72 \cdot n/A = 1,08 + 66,96 \cdot n/A$$4,92 = 157,68 \cdot n/A$Отсюда, $A = 32,05 \cdot n$ г/моль</p> <p>При $n = 1 \Rightarrow A(\text{Me}) = 32,05$ г/моль – не имеет смысла. При $n = 2 \Rightarrow A(\text{Me}) = 64$ г/моль $\Rightarrow \text{Me} = \text{Cu}$</p>	1,0 2,0
<p>4. Проверим, будет ли подходить металл средней активности или активный металл? Степень окисления ставим равной +n. Тогда растворение металла средней активности в азотной кислоте протекает по уравнению:</p> $8\text{Me} + 10n\text{HNO}_{3(\text{разб.})} \rightarrow 8\text{Me}(\text{NO}_3)_n + n\text{N}_2\text{O}\uparrow + 5n\text{H}_2\text{O}$ $\begin{array}{l} \text{Me}^0 - n\bar{e} \rightarrow \text{Me}^{+n} \quad \cdot 8 \\ 2\text{N}^{+5} + 8\bar{e} \rightarrow 2\text{N}^{+1} \quad \cdot n \end{array}$ <p>А растворение активного металла в азотной кислоте протекает по уравнению:</p> $8\text{Me} + 10n\text{HNO}_{3(\text{разб.})} \rightarrow 8\text{Me}(\text{NO}_3)_n + n\text{NH}_4\text{NO}_3 + 3n\text{H}_2\text{O}$ $\begin{array}{l} \text{Me}^0 - n\bar{e} \rightarrow \text{Me}^{+n} \quad \cdot 8 \\ \text{N}^{+5} + 8\bar{e} \rightarrow \text{N}^{-3} \quad \cdot n \end{array}$ <p>$m(\text{HNO}_3)_{\text{ост}} = m(\text{Me}(\text{NO}_3)_n$:</p>	0,5 1,0 1,0

$6 - (10/8) \cdot n \cdot 63 \cdot 1,08/A = (A + 62 \cdot n) \cdot 1,08/A$ $6 - 85,05 \cdot n/A = 1,08 + 66 \cdot n/A$ $4,92 = 151,05 \cdot n/A$ <p>Отсюда, $A = 30,7n$ г/моль</p> <p>При $n = 1 \Rightarrow A$ (Me) = 30,7 г/моль – не имеет смысла. При $n = 2 \Rightarrow A$ (Me) = 61,4 г/моль – не имеет смысла При $n = 3 \Rightarrow A$ (Me) = 92,1 г/моль – не имеет смысла.</p>	1,0
<p>5. Определим массовую долю соли в полученном растворе.</p> $\omega(Cu(NO_3)_2)_{\text{конечн.р-р}} = \frac{m(Cu(NO_3)_2)_{\text{конечн.р-р}}}{m(\text{конечногор-ра})};$ <p>m (конечного р-ра) = m (исх. р-ра HNO_3) + m (Me) – m (газа). n (газа) = n (NO) = $1/3 \cdot n \cdot n(\text{Me}) = 1/3 \cdot n \cdot 1,08/A = \frac{1 \cdot 2 \cdot 1,08}{3 \cdot 64} = 0,01125$ моль. $m(\text{NO}) = 0,01125 \cdot 30 = 0,3375$ г. m (конечного р-ра) = $100 + 1,08 - 0,3375 = 101,08$ г. $m(\text{Me}(NO_3)_n) = (1,08/A) \cdot (A + 62 \cdot n) = (1,08/64) \cdot (64 + 62 \cdot 2) =$ $= 0,016875 \cdot 188 = 3,1725$ г $\omega(Cu(NO_3)_2)_{\text{конечн.р-р}} = \frac{3,1725}{101,08} = 0,0314$ (3,14%)</p>	2,0
<p>6. При электролизе водного раствора соли меди с анодом из меди будут протекать следующие реакции.</p> <p>$Cu(NO_3)_2 + H_2O \rightarrow \text{электролиз} \rightarrow$ Катод: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ Cu-Анод: $Cu^0 - 2e^- \rightarrow Cu^{2+}$</p> <p style="text-align: center;">$Cu^{2+} + Cu^0 \rightarrow Cu^0 + Cu^{2+}$</p> <p>Происходит растворение медного анода и выделение на катоде чистой меди. Этот процесс называют рафинированием (очисткой).</p>	2,0 1,0
<p>Итого</p>	14

4X. При добавлении 33,25 г этого кристаллогидрата дихромата лития к 300 мл раствора этой же соли с плотностью 1,037 г/мл массовая доля соли в растворе стала равной 11,88%. Установите состав кристаллогидрата, если



БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников

известно, что взаимодействие трети исходного раствора с избытком раствора хлорида бария привело к образованию 4,4528 г осадка. Напишите уравнения протекающих реакций, укажите цвет образующегося осадка.

(10 баллов)

Решение	Баллы
<p>1. Представим формулу кристаллогидрата $\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Тогда $M(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = (230 + n \cdot 18)$ г/моль. Обозначим количество кристаллогидрата за X моль. Тогда $m(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = X \cdot (230 + 18n)$ г. По условию задачи она равна 33,25 г. Т.о., $33,25 = X \cdot (230 + 18n)$.</p>	1
<p>2. Было 300 мл раствора этой же соли, т.е. $\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Треть исходного раствора (т.е. 100 мл) вступило в реакцию с раствором BaCl_2. $\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{BaCrO}_4 \downarrow + 2\text{LiCl} + \text{H}_2\text{CrO}_4$ или $2\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{BaCrO}_4 \downarrow + 4\text{LiCl} + \text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ <i>Жёлтый осадок</i></p> <p>В любом случае, при избытке хлорида бария количество соли в трети исходного раствора: $n(\text{BaCrO}_4) = m(\text{BaCrO}_4) / M(\text{BaCrO}_4) = 4,4528 \text{ г} / (253 \text{ г/моль}) = 0,0176 \text{ моль}$ $n(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{1/3} = n(\text{BaCrO}_4) = 0,0176 \text{ моль}$</p>	1 1 1
<p>3. Тогда количество и масса $\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в 300 мл исходного раствора: $n(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{исх}} = n(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{1/3} \cdot 3 = 0,0528 \text{ моль}$ $m(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{исх}} = 0,0528 \text{ моль} \cdot 230 \text{ г/моль} = 12,144 \text{ г}$.</p>	1
<p>4. $m(\text{исх. р-ра}) = V_{\text{р-ра}} \cdot \rho_{\text{р-ра}} = 300 \text{ мл} \cdot 1,037 \text{ г/мл} = 311,1 \text{ г}$.</p>	1
<p>5. Масса конечного раствора после добавления кристаллогидрата составила: $m(\text{конечного р-ра}) = (311,1 + 33,25) = 344,35 \text{ г}$.</p>	1
<p>6. При растворении X моль $\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ в раствор переходит X моль $\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ массой $(230 \cdot X)$ г. $n(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{доб}} = X \text{ моль}$ $m(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{доб}} = n(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{доб}} \cdot M(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = X \cdot 230 \text{ г}$. Общая масса соли в конечном растворе: $m(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{общ}} = m(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{исх}} + m(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)_{\text{доб}} =$ $= (12,144 + 230 \cdot X) \text{ г}$.</p>	1
<p>7. Подставим в формулу для расчета массовой доли соли в конечном растворе:</p>	



БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников

$\omega(Li_2Cr_2O_7)_{\text{конечн. р-ра}} = \frac{m(Li_2Cr_2O_7)_{\text{конечн. р-ра}}}{m(\text{конечного р-ра})};$ $0,1188 = \frac{12,144 + 230x}{344,35}; \quad X = 0,125 \text{ моль.}$	1
8. Из уравнения: $X \cdot (230 + 18n) = 33,25$ определяем, что $n = 2$. Т.е. формула кристаллогидрата $-Li_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$. Дигидрат дихромата лития	1
ИТОГО	10