



88-18-31-27

(57.8)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

выполн. 14⁰⁶ - 14¹¹ июня

Вариант 2

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Химии
профиль олимпиады

Синицына Арсения Александровича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«3» марта 2024 года

Подпись участника

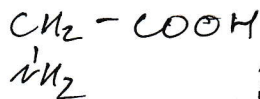
[Подпись]

88-18-31-27

(57.8)

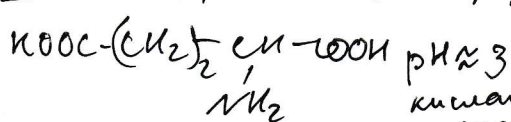
Чистовик

№1 Банка 1 → этилен



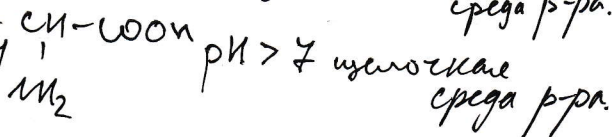
нейтральная среда р-ра.

Банка 2 → мунамидная к-та



кислая среда р-ра.

Банка 3 → музамидная к-та



щелочная среда р-ра.

№2 $D_{\text{по He}} = 9,4 \Rightarrow M_{\text{смеси}} = 9,4 \cdot 4 = 37,6 \text{ г/моль}$

Пусть было x моль CO и y моль CO_2 , тогда

$$37,6 = \frac{28x + 44y}{x + y} \quad 28x + 44y = 37,6x + 37,6y$$

$$6,4y = 9,6x \quad y = 1,5x$$

Пусть было 1,5 моль CO_2 и 1 моль CO



Пусть a моль CO_2 прореагировало

$$\frac{V_{\text{кон}}}{V_{\text{нар}}} = \frac{J_{\text{кон}}}{J_{\text{нар}}} = 1,3 \Rightarrow$$

было 1 моль CO и 1,5 моль CO_2
стало $(1+2a)$ моль CO и $(1,5-a)$ моль CO_2

$$\Rightarrow \frac{1+2a+1,5-a}{2,5} = 1,3$$

$$a+2,5 = 3,25$$

$$a = 0,75 \text{ моль}$$

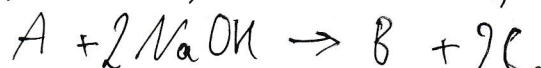
Стало CO 2,5 моль CO_2 0,75 моль

$$M_{\text{смеси}} = \frac{44 \cdot 0,75 + 28 \cdot 2,5}{3,25} = 31,69 \text{ г/моль}$$

$$D_{\text{по He}} = \frac{31,69 \text{ г/моль}}{4 \text{ г/моль}} = 7,9225$$

Ответ: 7,9225

№3 0,15 моль 0,3 моль 0,3 моль



т.к. m всех продуктов = m всех реагентов $\Rightarrow m(\text{NaOH}) = 12 \text{ г}$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{12}{40} = 0,3 \text{ моль}$$

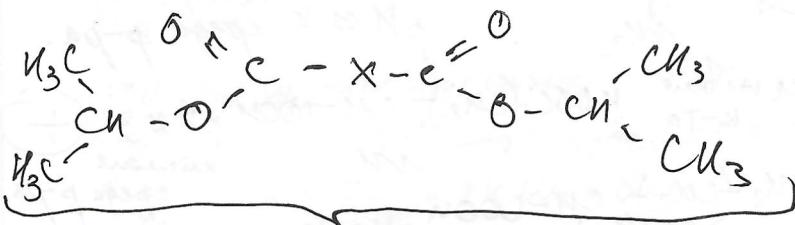
Пусть $n(\text{NaOH}) : n(A) = 1:1$, тогда $M(A) = \frac{30,3}{0,3} = 101 \text{ г/моль}$ — не подходит.

$n(\text{NaOH}) : n(A) = 2:1 \Rightarrow M(A) = \frac{60,6}{0,15} = 404 \text{ г/моль}$ — не подходит.

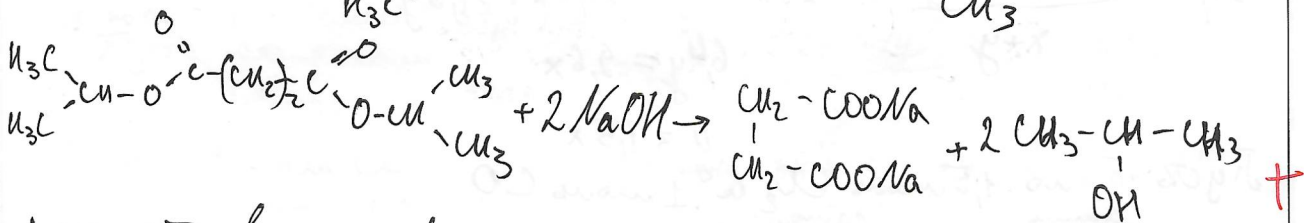
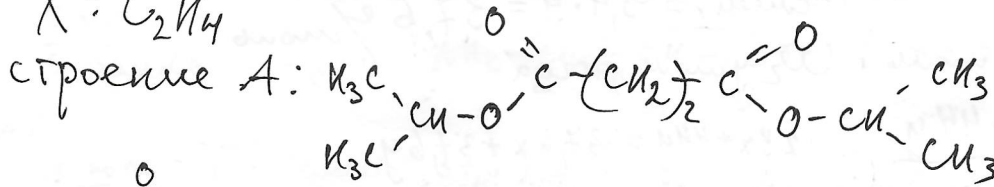
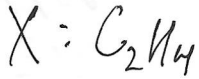
тогда $n(\text{NaOH}) : n(C) = 1:1 \Rightarrow n(C) = 0,3 \text{ моль}$
 $M(C) = \frac{18}{0,3} = 60 \text{ г/моль}$ (иногда вторичный) \Rightarrow это $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$ — подходит, четкая.

По результатам анализа
невозможно отказать на 1 балл.

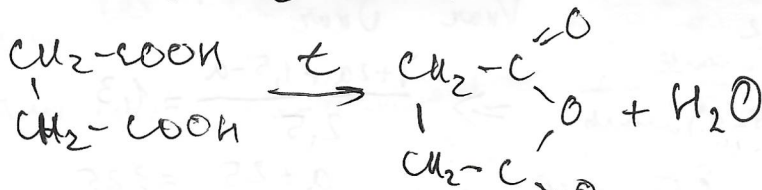
чистовик



$$M(A) = 202 \text{ г/моль} \Rightarrow M(X) = 202 - 174 = 28 \text{ г/моль}$$



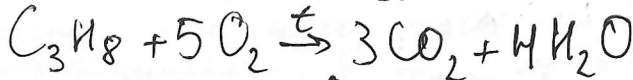
кислота в составе сложного эфира A:



$$\Delta \text{массы кислоты} = \frac{M(\text{H}_2\text{O})}{M(\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array})} = \frac{18}{118} = 0,1525 \Rightarrow 15,25\%$$

Ответ: масса к-ты уменьшится на 15,25 %

114 1 моль 5 моль 3 моль 4 моль



$$Q_{\text{реакции}} = 3 \cdot Q_{\text{обр}} \text{CO}_2 + 4 \cdot Q_{\text{обр}} \text{H}_2\text{O} - 1 \cdot Q_{\text{обр}} \text{C}_3\text{H}_8 =$$

$$= 3 \cdot 393,5 + 4 \cdot 241,8 - 1 \cdot 103,8 = 2043,9 \text{ кДж/моль}$$

т.к. было 1 моль C₃H₈ ⇒ Q_{реакции} = 2043,9 кДж

Q_{кал} = CΔt

Q_{кал} = Q_{реакции} ~~Q_{кал} = CΔt~~ Q_{кал} = 2043,9 кДж

Q_{кал} = Q_{реакции}

Q_{кал} = 2043,9 кДж

Q_{кал} = 2043,9 кДж

Q_{кал} = 2043,9 кДж

$$C \cdot Q_{\text{обр}} = C_1 \cdot Q_1 + C_2 \cdot Q_2 + C_3 \cdot Q_3 = 34,7 \cdot 26 + 53,5 \cdot 3 + 43 \cdot 4 = 1234,7 \text{ кДж/кг}$$

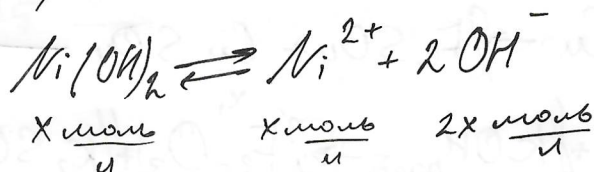
Задачник

$$2043900 = 1234,7 \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{2043900}{1234,7} = 1655,4^\circ \text{C}$$

$$t_{\text{max}} = t_{\text{max}} + \Delta t = 25^\circ \text{C} + 1655,4^\circ \text{C} = 1680,4^\circ \text{C}$$

Ответ: $1680,4^\circ \text{C}$ +

N5



$$K_{\text{P}} = [\text{Ni}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = x \cdot (2x)^2 = 4x^3$$

$$2 \cdot 10^{-15} = 4x^3 \Rightarrow x = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 10^{-15}}{4}}, x = 7,937 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

растворимость:

$$C(\text{Ni(OH)}_2) = x \frac{\text{моль}}{\text{л}} = 7,937 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

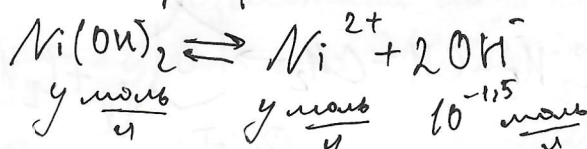
рН р-ра:

$$[\text{OH}^-] = 2x \frac{\text{моль}}{\text{л}} = 15,874 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} = \text{const}, \Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{15,874 \cdot 10^{-6}} = 6,2996 \cdot 10^{-10} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(6,2996 \cdot 10^{-10}) = 9,2$$

растворимость при рН = 12,5



$$\text{pH} = 12,5 \Rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-12,5} \frac{\text{моль}}{\text{л}}, [\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-12,5}} = 10^{-1,5} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

$$2 \cdot 10^{-15} = y \cdot (10^{-1,5})^2 \Rightarrow y = \frac{2 \cdot 10^{-15}}{(10^{-1,5})^2} = 2 \cdot 10^{-12} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

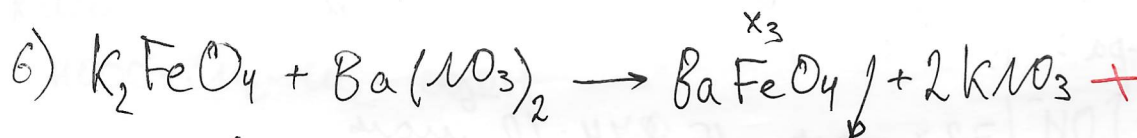
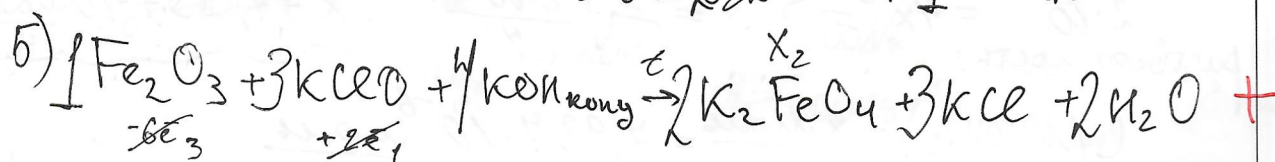
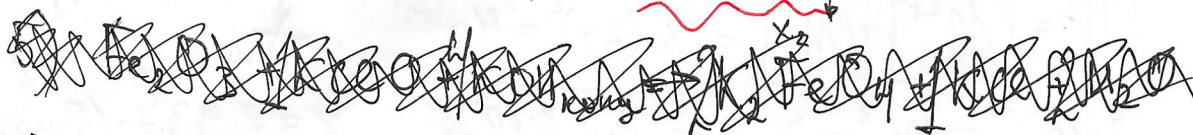
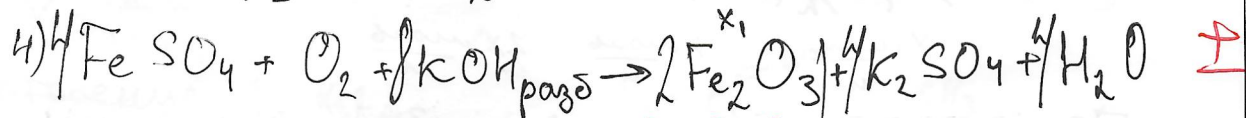
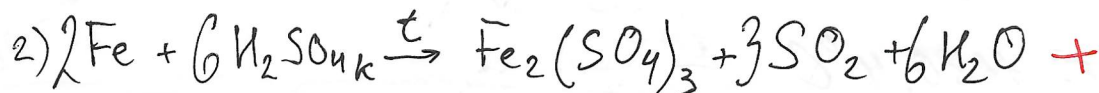
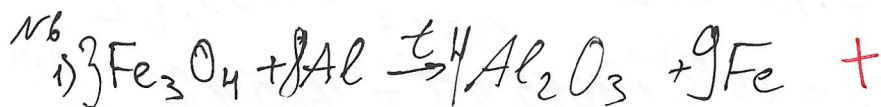
$$C(\text{Ni(OH)}_2) \text{ при pH} = 12,5 = y \frac{\text{моль}}{\text{л}} = 2 \cdot 10^{-12} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

Ответ: растворимость Ni(OH)_2 : $7,937 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$

рН р-ра: 9,2

для рН 12,5: растворимость Ni(OH)_2 : $2 \cdot 10^{-12} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$ +

Тестовик

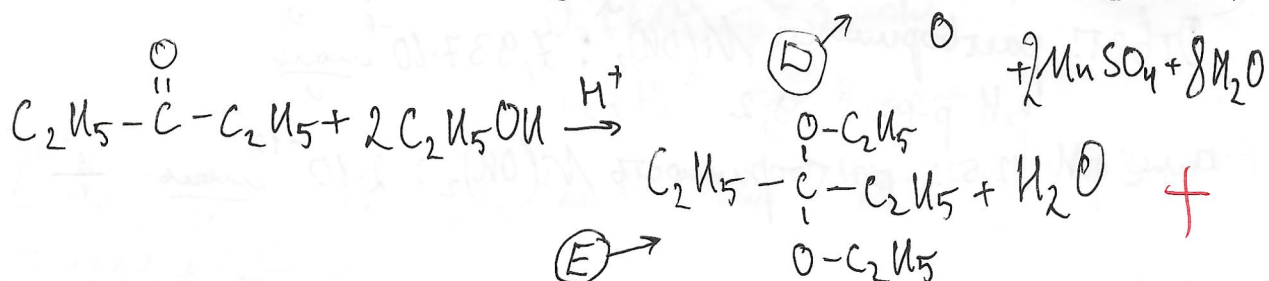
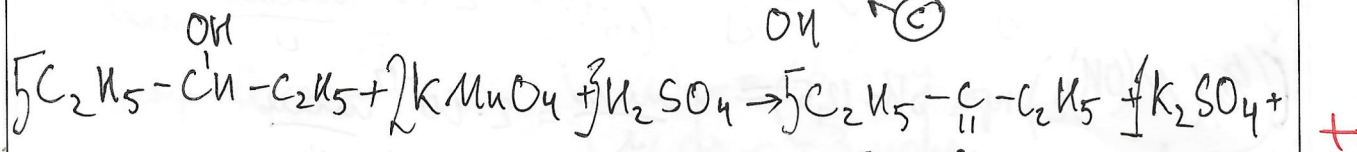
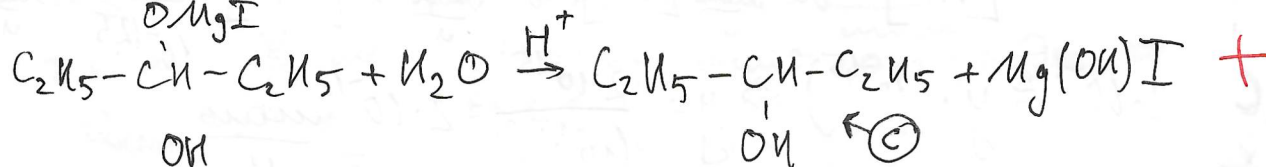
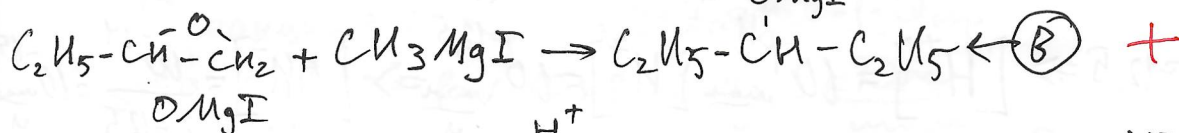
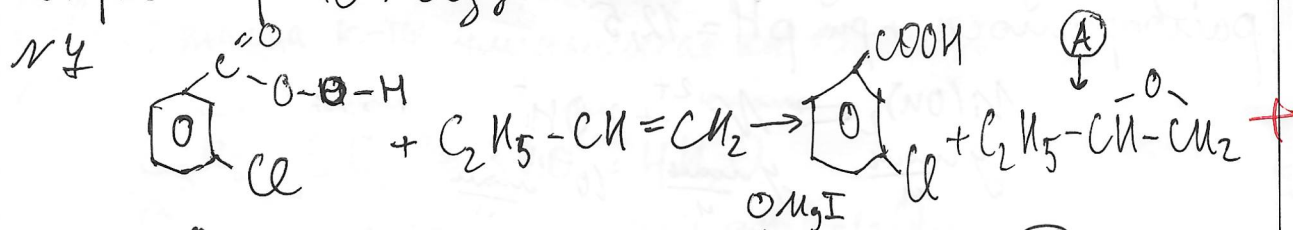


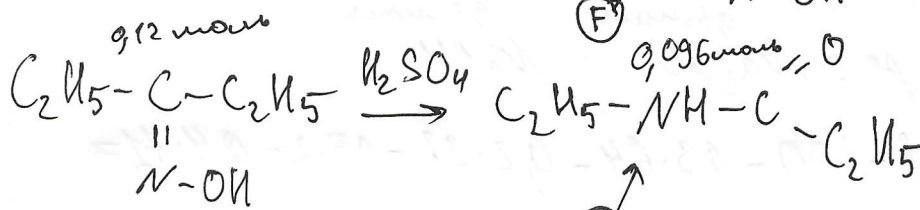
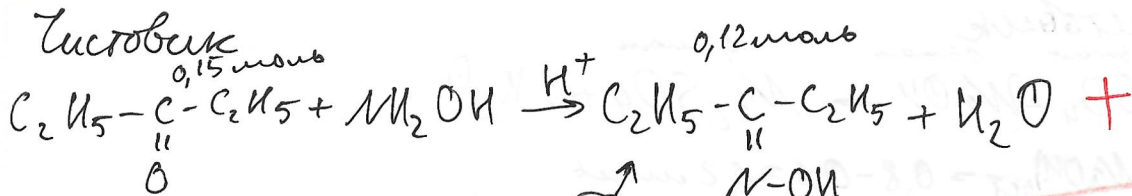
окраска водных р-в $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ — безцветные —

FeSO_4 — безцветные —

Ответ: $X_1: \text{Fe}_2\text{O}_3$ $X_2: \text{K}_2\text{FeO}_4$ $X_3: \text{BaFeO}_4$

окраски р-в: безцветные



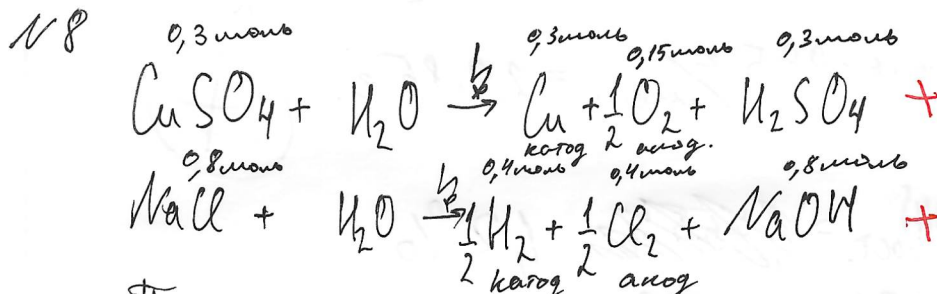


$$M(D) = \frac{12,9}{86} = 0,15 \text{ моль} \quad \text{т.к. } \eta = 0,8 \text{ на каждой стадии превращения}$$

$$\nu(F) = 0,12 \text{ моль} \Rightarrow \nu(G) = 0,12 \cdot 0,8 = 0,096 \text{ моль}$$

$$m(G) = 0,096 \cdot M(G) = 0,096 \cdot 101 = 9,696 \text{ г} \quad \nu(F) = 0,15 \cdot 0,8 = 0,12 \text{ моль}$$

Ответ: 9,696 г +



Предположим, что электролиз прошел полностью и образовалась все возможная медь на катоде.

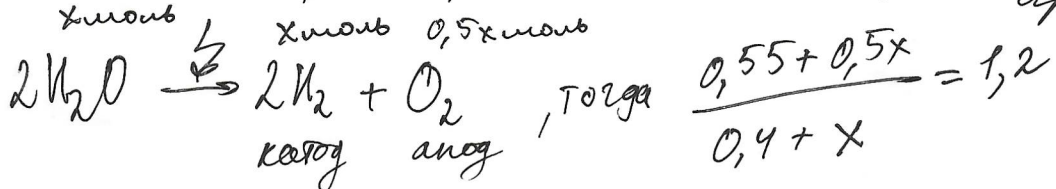
$$\nu(\text{Cu}) = \frac{19,2}{64} = 0,3 \text{ моль} \Rightarrow \nu(\text{CuSO}_4) = 0,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,3 \cdot 250 = 75 \text{ г} \Rightarrow m(\text{NaCl}) = 121,8 - 75 = 46,8 \text{ г}$$

$$\nu(\text{NaCl}) = \frac{46,8}{58,5} = 0,8 \text{ моль}$$

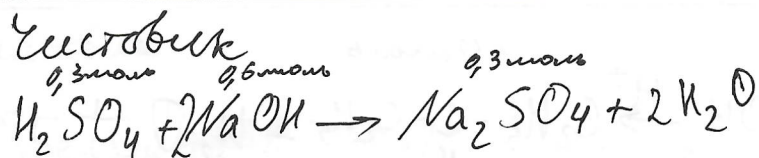
известно, что $\frac{V_{\text{анод}}}{V_{\text{катод}}} = 1,2 \Rightarrow \frac{\nu_{\text{анод}}}{\nu_{\text{катод}}} = 1,2$, проверим:

$$\frac{0,55}{0,4} = 1,375 \Rightarrow \frac{1}{2} \text{ подвергается } \text{H}_2\text{O}, \text{ предположение оказалось единственно верным.}$$



$$x = 0,1 \text{ моль}$$

+ сел
- уел.
не год
поч
даже



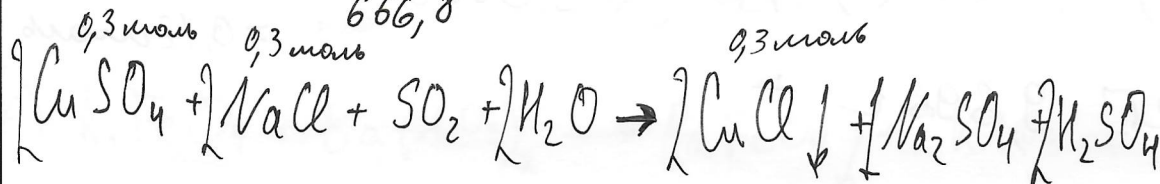
$$n(\text{NaOH})_{\text{ост}} = 0,8 - 0,6 = 0,2 \text{ моль}$$

в конечном р-ре: $\overset{0,3 \text{ моль}}{\text{Na}_2\text{SO}_4}$; $\overset{0,2 \text{ моль}}{\text{NaOH}}$

$$m_{\text{кон. р-ра}} = 121,8 + 600 - 0,3 \cdot 64 - 0,2 \cdot 32 - 0,5 \cdot 2 - 0,4 \cdot 71 = 666,8 \text{ г}$$

$$W(\text{NaOH})_{\text{ост}} = \frac{40 \cdot 0,2}{666,8} \cdot 100\% = 1,2\%$$

$$W(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{142 \cdot 0,3}{666,8} \cdot 100\% = 6,389\%$$



$$m(\text{CuCl}) = 0,3 \text{ моль} \cdot 99,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 29,85 \text{ г}$$

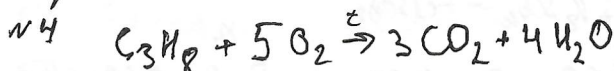


Ответ: $W(\text{NaOH})_{\text{ост}} = 1,2\%$

$$W(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 6,389\%$$

$$m(\text{CuCl}) = 29,85 \text{ г}$$

Серийник



$$Q_{реакции} = 3 \cdot 393,5 + 4 \cdot 241,8 - 103,8 = 2043,9 \frac{kJ}{моль}$$

$$г.к. \text{ было } 1 \text{ моль } C_3H_8 \Rightarrow Q_{реакции} = 2043,9 \text{ кДж}$$

$$Q_{калорим} = C \Delta T \quad \nu(C_3H_8)_{ост} = 0 \text{ моль}$$

$$\nu(O_2)_{ост} = 31 - 5 = 26 \text{ моль} \quad \nu(CO_2)_{обр} = 3 \text{ моль} \quad \nu(H_2O)_{обр} = 4 \text{ моль}$$

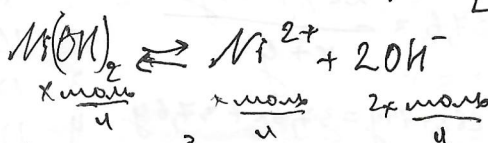
$$(C)_{обж} = C_1 \nu_1 + C_2 \nu_2 + C_3 \nu_3 = 26 \cdot 34,7 + 3 \cdot 53,5 + 4 \cdot 43 = 1234,7 \frac{kJ}{K}$$

$$Q_{реакции} = Q_{калорим} = 2043900 \text{ Дж}$$

$$2043900 = 1234,7 \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = 1655,4^\circ C$$

$$t_{max} = t_{нач} + \Delta T = 25 + 1655,4 = \boxed{1680,4^\circ C}$$

n5



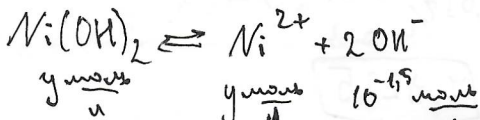
$$\text{растворимость: } K_{пр} = 4x^3 \Rightarrow x = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 10^{-15}}{4}} = 7,937 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{л}$$

$$C(Ni(OH)_2) = x \frac{\text{моль}}{л} = 7,937 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{л}$$

$$pH, [OH^-] = 2x \frac{\text{моль}}{л} = 15,874 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{л} \quad [H^+][OH^-] = 10^{-14} = const \Rightarrow$$

$$\Rightarrow [H^+] = \frac{10^{-14}}{15,874 \cdot 10^{-6}} = 6,2996 \cdot 10^{-10} \frac{\text{моль}}{л} \quad pH = -\lg[H^+] \Rightarrow pH = \boxed{9,2}$$

$$\text{теперь } pH = 12,5 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-12,5} \frac{\text{моль}}{л} \Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-12,5}} = 10^{-1,5} \frac{\text{моль}}{л}$$

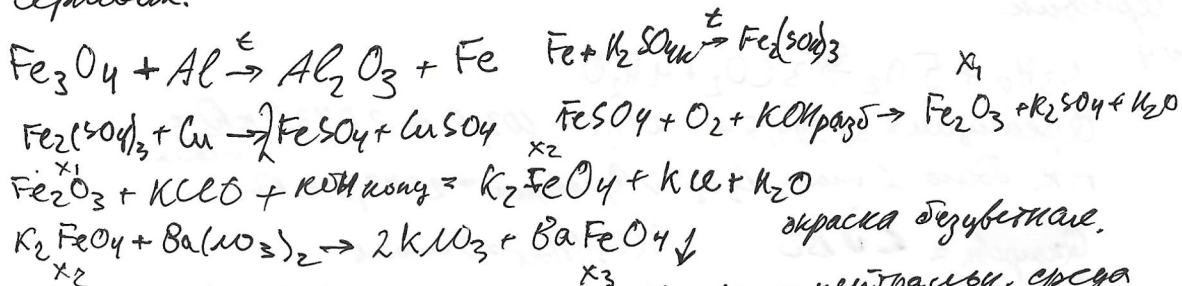


$$7,937 \cdot 10^{-6} = y \cdot (10^{-1,5})^2 \Rightarrow y = 7,937 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{л}$$

растворимость при pH 12,5:

$$C(Ni(OH)_2) = y \frac{\text{моль}}{л} = 7,937 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{л}$$

16. Термидок.



11. 1 банка мизуки $\text{CH}_2=\text{COOH}$ $\text{pH} \approx 7 \rightarrow$ нейтральн. среда
 2 банка мизуки $\text{CH}_2=\text{COOH}$ $\text{pH} \approx 3 \rightarrow$ кисл. среда
 3 банка мизуки $\text{CH}_2=\text{COOH}$ $\text{pH} > 7 \rightarrow$ щел. среда

12

$$D_{\text{по He}} = 9,4 \Rightarrow M_{\text{метан}} = 37,6 \text{ г/моль}$$

Пусть CO x моль

CO_2 y моль, тогда

$$37,6 = \frac{28x + 44y}{x + y}$$

$$28x + 44y = 37,6x + 37,6y$$

$$6,4y = 9,6x$$

$$y = 1,5x$$

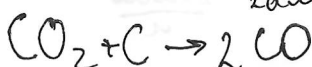
$$2y = 3x$$

$$\begin{array}{r} 1 \quad 6 \quad 16 \\ 2 \quad 10 \quad 20 \\ 3 \quad 12 \quad 24 \\ 4 \quad 12 \quad 24 \\ 5 \quad 14 \quad 30 \\ 6 \quad 12 \quad 30 \\ 7 \quad 16 \quad 30 \\ 8 \quad 18 \quad 30 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} 16 \\ 24 \\ 30 \\ 30 \\ 60 \end{array}$$

было 1 моль CO

1,5 моль CO_2

а стало



CO CO_2

было 1 моль 1,5 моль

стало $1+2a$ моль $1,5-a$ моль

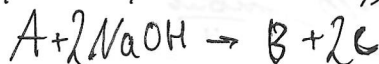
$$\Rightarrow \frac{1,5-a + 1 + 2a}{2,5} = 1,3$$

$$a + 2,5 = 3,25$$

$$M_{\text{метан}} = \frac{28 \cdot 2,5 + 44 \cdot 0,75}{3,25} = 31,69 \text{ г/моль}$$

$$D_{\text{по He}} = M_{\text{метан}} : M(\text{He}) = 31,69 : 4 = 7,9225$$

13. $\text{A} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{B} + 2\text{C}$



можно найти массу NaOH

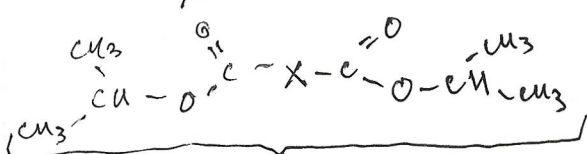
$$m(\text{NaOH}) = 12 \text{ г} \Rightarrow d(\text{NaOH}) = \frac{12}{40} = 0,3$$

Пусть $d(\text{NaOH}) : d(\text{A}) = 1 : 1$, тогда $M(\text{A}) = \frac{30,3}{0,3} = 101 \text{ г/моль}$, $M(\text{молочной кислоты}) = 90$

тогда $d(\text{NaOH}) : d(\text{A}) = 2 : 1$, тогда $M(\text{A}) = \frac{30,3}{0,15} = 202 \text{ г/моль}$

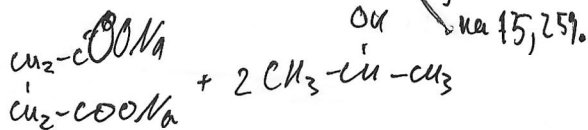
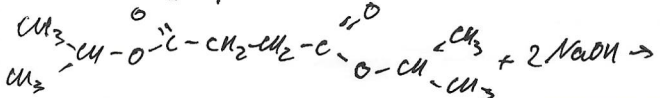
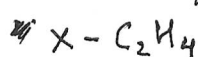
$$d(\text{NaOH}) : d(\text{C}) = 2 : 2$$

$$M(\text{C}) = \frac{18}{0,3} = 60 \text{ г/моль}, \text{ т.к. имеем вторичный} \Rightarrow \text{это } \text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$$



202 г/моль

$$M(\text{X}) = 202 - 174 = 28 \text{ г/моль} \quad 28 : 12 = 2,333$$



по результатам анализа
повысить оценку на 1 балл
с 92 до 93 баллов

Оценка 93 балла
Евф
Феев

Председателю апелляционной комиссии
олимпиады школьников «Ломоносов»
Ректору МГУ имени М.В. Ломоносова
академику В.А. Садовничему
от участника заключительного этапа
по профилю «Химия»
Арсения Александровича Сеницына

апелляция.

Прошу пересмотреть мой индивидуальный предварительный результат (92 балла) заключительного этапа с целью обеспечения выполнения Положения об апелляциях на результаты олимпиады школьников «Ломоносов», а именно — пункта 1.4., касающегося соблюдения единых требований при оценивании работ; конкретно: прошу изменить выставленные баллы за задание номер 6: так как написанная мною реакция под номером 3 является одним из подходящих вариантов преобразования представленных схемой веществ, считаю необходимым оценить данную реакцию предусмотренными баллами. При определении цвета раствора сульфата железа (II), я опирался на признаки, наблюдаемые в ходе эксперимента по получению данной соли растворением железа в разбавленной серной кислоте при нагревании. После полного растворения навески железа в пробирке, цвет раствора не изменился и остался прозрачным. Опыт показал, что определить точный цвет разбавленного раствора сульфата железа (II) в лабораторных условиях практически невозможно. И так как именно это олимпиадное задание не имело уточнения про концентрацию раствора, считаю, что ответ на данный вопрос может быть вариативным.

Исходя из вышесказанного, прошу принять к рассмотрению приведенные аргументы относительно задания с определением цвета раствора, а неточность в определении цвета соли в растворе не считать весомым поводом для уменьшения баллов за него.

Подтверждаю, что я ознакомлен с Положением об апелляциях на результаты олимпиады школьников «Ломоносов» и осознаю, что мой индивидуальный предварительный результат может быть изменён, в том числе в сторону уменьшения количества баллов.

23.03.2024 дата

(подпись)