18:35 – 18:38

0 640905 810009

64-09-05-81
(64.2)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант _____

Место проведения Красноярск
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов 2024
наименование олимпиады

по химии
профиль олимпиады

Вельмишевой Екатерины Романовны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

+1

Дата

«3» марта 2024 года

Подпись участника

Вельмишева

64-09-05-81 (64.2)

№7 Чистовик

$C_nH_{2n-2} + 2Br_2 \rightarrow C_nH_{2n-2}Br_4$ +

$Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH$ +

$C_nH_{2n-2} + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow C_nH_{2n-3}Ag + 2NH_3 + H_2O$ +

$m(Br_2) = m(р-ра) \cdot \omega(Br_2) = 9600г \cdot 0{,}02 = 192г$

$\nu(Br_2) = \frac{m(Br_2)}{M(Br_2)} = \frac{192г}{160г/моль} = 1{,}2 моль$ +

$\frac{\nu(Br_2)}{\nu(C_nH_{2n-2})} = \frac{2}{1} \Rightarrow \nu(C_nH_{2n-2}) = 0{,}6 моль$ +
смеси алкинов

$\nu(Ag_2O) = \frac{m(Ag_2O)}{M(Ag_2O)} = \frac{69{,}6г}{232г/моль} = 0{,}3 моль$ +

$\frac{\nu(Ag_2O)}{\nu([Ag(NH_3)_2]OH)} = \frac{1}{2} \Rightarrow \nu([Ag(NH_3)_2]OH) = 0{,}6 моль$ +

$\nu([Ag(NH_3)_2]OH) = \nu(смеси алкинов - C_nH_{2n-2}) \Rightarrow$ оба алкина имеют двойную связь на конце молекулы.

Пусть $\nu(C_nH_{2n-2}) = x$ моль (Алк-1), а $\nu(C_{n+1}H_{2(n+1)-2}) = y$ моль (Алк-2).

$$\begin{cases} x + y = 0{,}6 \\ (14n-2)x + (14n+12)y = 29{,}6 \end{cases} \quad \begin{cases} x = 0{,}6 - y \\ (14n-2)(0{,}6-y) + (14n+12)y = 29{,}6 \end{cases} \Rightarrow$$ +

$\Rightarrow 8{,}4n + 14y = 30{,}8$

$n = 3{,}67 - 1{,}67y$

$y < 0{,}6$

y	n
0,1	3,57
0,2	3,336
0,3	3,156
0,4	3 ✓

$\Rightarrow x = 0{,}2$; $y = 0{,}4$. $n = 3$ +

C_3H_4 и $C_4H_6 \Rightarrow 40 \cdot 0{,}2 + 54 \cdot 0{,}4 = 29{,}6 г$ ✓

<u>Ответ:</u> $CH_3-C\equiv CH$ (пропин) + ; $CH_3-CH_2-C\equiv CH$ (бутин-1) +

$CH_3-C\equiv CH + 2Br_2 \rightarrow CH_3-CBr_2-CHBr_2$ 1,1,2,2-тетрабромпропан +

$CH_3-CH_2-C\equiv CH + 2Br_2 \rightarrow CH_3-CH_2-CBr_2-CHBr_2$ 1,1,2,2-тетрабромбутан +

$CH_3-C\equiv CH + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3-C\equiv CAg + 2NH_3\uparrow + H_2O$ +
метилацетиленид серебра.

$CH_3-CH_2-C\equiv CH + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3-CH_2-C\equiv CAg + 2NH_3\uparrow + H_2O$ +
этилацетиленид серебра

(1)

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 || Σ
4 | 10 | 12 | 12 | 16 | 15 | 22 || 85

Мусаковский В.М. / Бахвалов (?) 85 (8)

Получение из CaC_2 и Al_4C_3:

1) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow HC\equiv CH + Ca(OH)_2$ + (ацетилен)

2) $Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3 + 3CH_4\uparrow$ + (метан)

3) $CH_4 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Br + HBr$ + (бромметан)

4) $2CH_3Br + 2Na \xrightarrow{t^\circ} 2NaBr + CH_3-CH_3$ этан +

5) $CH_3-CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3-CH_2Br + HBr$ + (бромэтан)

6) $2HC\equiv CH + 2Na \rightarrow 2HC\equiv CNa + H_2\uparrow$ + (моноацетиленид натрия)

7) $HC\equiv CNa + CH_3Br \rightarrow HC\equiv C-CH_3 + NaBr$ + (пропин)

8) $HC\equiv CNa + CH_3-CH_2Br \rightarrow HC\equiv C-CH_2-CH_3 + NaBr$ + (бутин-1)

№1

$2KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$ +

№2 $CH_3-O-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$ изомеры:

① $CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

② $CH_3-O-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$ (+)

③ $CH_3-O-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_3$ (−)

④ $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_2-CH_3$ (−)

⑤ $CH_3-CH_2-O-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_3$ (−)

⑤' $CH_3-(CH_2)_3-CH_2OH$ (−)

⑥ $CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\overset{|}{CH}}-CH_3$ (+)

⑧ $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\overset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$ (−)

⑧ $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_2OH$ (+)

⑨ $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3$ (−)

⑩ $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\overset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_3$ (+)

⑪ $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_2OH$ (−)

№5 $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$

$\nu(HCl) \cdot [HCl] = V(NaOH) \cdot [NaOH] \Rightarrow [HCl] = \frac{V(NaOH) \cdot [NaOH]}{\nu(HCl)} =$

$= \frac{0{,}004\,л \cdot 0{,}05\,\frac{моль}{л}}{0{,}02\,л} = 0{,}01\,моль/л$ +

$\nu(HCl)_{в\,т.е} = V(тр-ра) \cdot [HCl] = 0{,}2\,л \cdot 0{,}01\,моль/л = 0{,}002\,моль$ +

$[HCl]_{исх} = \frac{\nu(HCl)}{V(тр-ра)} = \frac{0{,}002\,моль}{0{,}001\,л} = 2\,\frac{моль}{л}$ +

Ответ: $C(HCl)_{исх} = 2\,\frac{моль}{л}$ +

№3

Предположим, что комплексная частица имеет вид $[Me(CN)_4]^{x-}$, тогда:

$M((CN)_4) = 26\,г/моль \cdot 4 = 104\,г/моль$

$\omega((CN)_4) = 100 - \omega(Me) = 100 - 38{,}1\,\% = 61{,}9\,\%$

$M([Me(CN)_4]^{x-}) = \frac{M((CN)_4) \cdot 100}{\omega((CN)_4)} = \frac{104\,г/моль \cdot 100}{61{,}9} = 168\,г/моль$ +

$Ar(Me) = M([Me(CN)_4]^{x-}) - M((CN)_4) = 168\,г/моль - 104\,г/моль = 64\,г/моль \Rightarrow$

$\Rightarrow Cu$ – медь $\Rightarrow$ частица $[Cu(CN)_4]^{2-}$ +

Ответ: X – Cu; $[Cu(CN)_4]^{2-}$; +

$4KCN + CuCl_2 \rightarrow K_2[Cu(CN)_4] + 2KCl$ +

№6 1 атм $\rightarrow$ 101,3 кПа

3,14 атм $\rightarrow$ 318 кПа.

$PV = \nu RT \Rightarrow \nu(O_2) = \frac{PV}{RT} = \frac{318\,кПа \cdot 1\,л}{8{,}314 \cdot 238\,К} = 0{,}3\,моль$ +

Если давление кислорода после реакции уменьшилось вдвое, значит и моль тоже $\rightarrow$

$\rightarrow \nu(O_2)_{изр} = \frac{0{,}3\,моль}{2} = 0{,}15\,моль$ +

$\nu(P) = \frac{m(P)}{Ar(P)} = \frac{15{,}5\,г}{31\,г/моль} = 0{,}5\,моль$ +

$\overset{4x}{4P} + \overset{3x}{3O_2} \rightarrow \overset{2x}{2P_2O_3}$ + Пусть $\nu(P)_1 = 4x\,моль$, а $\nu(P)_2 = 4y\,моль$.

$\overset{4y}{4P} + \overset{5y}{5O_2} \rightarrow \overset{2y}{2P_2O_5}$ +

$\begin{cases} 3x + 5y = 0{,}45 \\ 4x + 4y = 0{,}5 \end{cases} \begin{cases} 3x + 5y = 0{,}45 \\ x + y = 0{,}125 \end{cases} \begin{cases} 3x + 5y = 0{,}45 \\ x = 0{,}125 - y \end{cases} \begin{cases} 0{,}375 - 3y + 5y = 0{,}45 \\ x = 0{,}125 - y \end{cases} \begin{cases} x = 0{,}0875 \\ y = 0{,}0375 \end{cases}$

3

$\nu(P_2O_3) = 2x = 0{,}0845\ моль \cdot 2 = 0{,}175\ моль$. +

$m(P_2O_3) = \nu(P_2O_3) \cdot M(P_2O_3) = 0{,}175\ моль \cdot 110\ г/моль = 19{,}25\ г$.

$\nu(P_2O_5) = 2y = 0{,}0345\ моль \cdot 2 = 0{,}075\ моль$ +

$m(P_2O_5) = \nu(P_2O_5) \cdot M(P_2O_5) = 0{,}075\ моль \cdot 142\ г/моль = 10{,}65\ г$.

$m(р\text{-}ра)_{конеч.} = m(р\text{-}ра)_1 + m(P_2O_3) + m(P_2O_5) = 448\ г + 10{,}65\ г +$
$+ 19{,}25\ г = 477{,}9\ г$. +

$P_2O_3 + H_2O \rightarrow 2HPO_2$ (H_3PO_3) ⊖; $HPO_2 + KOH \rightarrow KPO_2 + H_2O$ ⊖

$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$ ⊕; $H_3PO_4 + 3KOH \rightarrow K_3PO_4 + 3H_2O$ ⊕

$m(KOH) = m(р\text{-}ра)_1 \cdot \omega(KOH) = 448\ г \cdot 0{,}15 = 67{,}2\ г$ +

$\nu(KOH) = \frac{m(KOH)}{M(KOH)} = \frac{67{,}2\ г}{56\ г/моль} = 1{,}2\ моль$. +

$\frac{\nu(P_2O_3)}{\nu(HPO_2)} = \frac{1}{2} \Rightarrow \nu(HPO_2) = 0{,}35\ моль$; $\frac{\nu(HPO_2)}{\nu(KOH)_1} = \frac{1}{1} \Rightarrow \nu(KOH)_1 = 0{,}35\ моль$

$\frac{\nu(HPO_2)}{\nu(KPO_2)} = \frac{1}{1} \Rightarrow \nu(KPO_2) = 0{,}35\ моль$

$m(KPO_2) = M(KPO_2) \cdot \nu(KPO_2) = 0{,}35\ моль \cdot 102\ г/моль = 35{,}7\ г$.

$m(KOH)_1 = \nu(KOH)_1 \cdot M(KOH) = 0{,}35\ моль \cdot 56\ г/моль = 19{,}6\ г$.

$\frac{\nu(P_2O_5)}{\nu(H_3PO_4)} = \frac{1}{2} \Rightarrow \nu(H_3PO_4) = 0{,}15\ моль \cdot \frac{\nu(H_3PO_4)}{\nu(KOH)_2} = \frac{1}{3} \rightarrow \nu(KOH)_2 = 0{,}45\ моль$.

$m(KOH)_2 = \nu(KOH)_2 \cdot M(KOH) = 0{,}45\ моль \cdot 56\ г/моль = 25{,}2\ г$.

$m(KOH)_{ост.} = m(KOH) - m(KOH)_1 - m(KOH)_2 = 67{,}2\ г/моль - 19{,}6\ г/моль - 25{,}2\ г/моль =$
$= 22{,}4\ г$.

$\frac{\nu(H_3PO_4)}{\nu(K_3PO_4)} = \frac{1}{1} \Rightarrow \nu(K_3PO_4) = 0{,}15\ моль$

$m(K_3PO_4) = \nu(K_3PO_4) \cdot M(K_3PO_4) = 0{,}15\ моль \cdot 212\ г/моль = 31{,}8\ г$.

$\omega(KOH) = \frac{m(KOH)}{m(р\text{-}ра)_2} \cdot 100\% = \frac{22{,}4\ г}{477{,}9\ г} \cdot 100 = 4{,}7\%$. ⊖

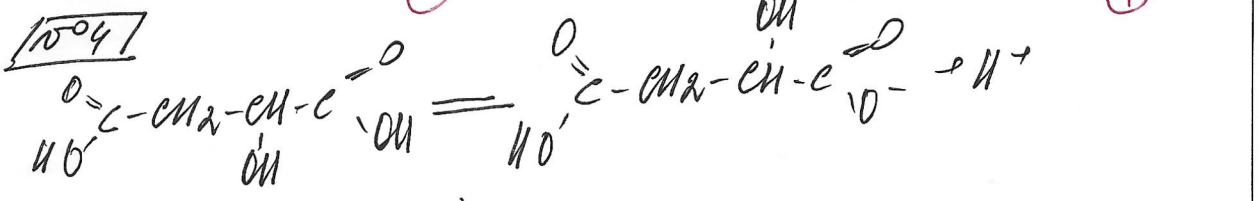
$\omega(KPO_2) = \frac{m(KPO_2)}{m(р\text{-}ра)_2} \cdot 100\% = \frac{35{,}7\ г}{477{,}9\ г} \cdot 100 = 7{,}47\%$ ⊖

$\omega(K_3PO_4) = \frac{m(K_3PO_4)}{m(р\text{-}ра)_2} = \frac{31{,}8\ г}{477{,}9} \cdot 100 = 6{,}65\%$ ⊕

4

Ответ: ω(KOH) = 4,4 %. ; ω(KPO₂) = 4,44 %. ; ω(K₃PO₄) = 6,65 %.

№4



$\nu(C_4H_6O_5) = \frac{m(C_4H_6O_5)}{M(C_4H_6O_5)} = \frac{0,67\,г}{134\,г/моль} = 0,005$ моль.

$\frac{\nu(C_4H_6O_5)}{\nu(C_4H_5O_5^-)} = \frac{1}{1} \Rightarrow \nu(C_4H_5O_5^-) = 0,005$ моль.

$\frac{\nu(C_4H_6O_5)}{\nu(H^+)} = \frac{1}{1} \Rightarrow \nu(H^+) = 0,005$ моль

$[C_4H_5O_5^-] = \frac{\nu(C_4H_5O_5^-)}{V(\text{р-ра})} = \frac{0,005\,\text{моль}}{0,2\,л} = 0,025\,\frac{\text{моль}}{л}$

$[H^+] = \frac{\nu(H^+)}{V(\text{р-ра})} = \frac{0,005\,\text{моль}}{0,2\,л} = 0,025\,\frac{\text{моль}}{л}$.

Пусть [нетодиссоциированных частиц] = $x\,\frac{\text{моль}}{л}$, тогда

$3,44 \cdot 10^{-4} = (25 \cdot 10^{-3} - x)(25 \cdot 10^{-3} - x)$ $\quad x < 0,025$

$3,44 \cdot 10^{-4} = 625 \cdot 10^{-6} - 0,05x + x^2$

$x^2 - 0,05x + 2,38 \cdot 10^{-4} = 0$

$D = 0,0025 - 1,12 \cdot 10^{-3} = 1,38 \cdot 10^{-3}$

$x_1 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a} = \frac{0,05 + 0,0371}{2} = 0,04355$ (н.к., т.к. > 0,025)

$x_2 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a} = \frac{0,05 - 0,0371}{2} = 0,00645$

$[H^+]_{дисс.} = [H^+]_{теор} - [H^+]_{недисс} = 0,025\,\frac{\text{моль}}{л} - 0,00645\,\frac{\text{моль}}{л} =$

$= 0,01855\,\frac{\text{моль}}{л}$

$pH = -\lg[H^+] = -\lg 0,01855 = 1,73$

Ответ: pH = 1,73.

$K_4[Me(CN)_4] \rightarrow$ Me – 88. Sr ? X ?, Черновик

% 61,9 231

$K_2 \rightarrow 112$ X

$K_3[(CN)_4 Me)Cl_2 \rightarrow$

$[Al(CN)_4]Cl_3$

$AlCl_3 + 4KCN \rightarrow K[Al(CN)_4]^{-1} + 3HCl.$ ω –

$K[Fe(CN)_4]$ ω –

$K[Cr(CN)_4]$ ω – 26.

134

$K[Zn(CN)_4] \rightarrow$

51.

$K[Sr(CN)_4]$

[Mo.

$3H_2O + P_2O_3 \rightarrow 2H_3PO_3.$ $K_2[Cu(CN)_4] + 2HCl.$

318 кПа H_3PO_3 2 H_3PO_3.

0,2126

4x 3x 2x

$4P + 3O_2 \rightarrow 2P_2O_3 \rightarrow$ $\nu(O_2) = 0,5$ моль 0,45?

4y 5y 2y

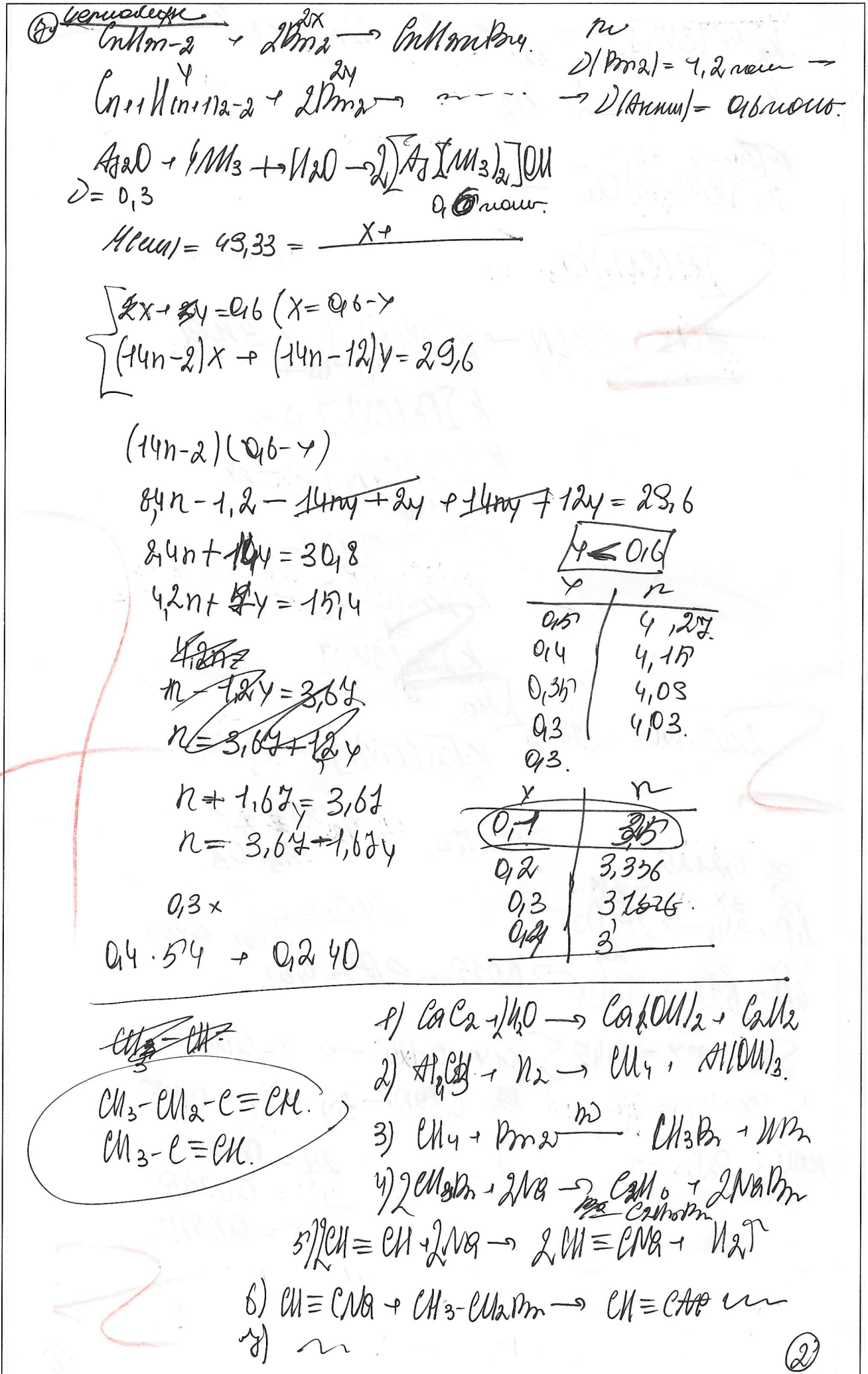
$4P + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5 \rightarrow$ 0,015 моль $\nu(P) = 0,5$.

$\begin{cases} 3x + 5y = 0,45 \\ 4x + 4y = 0,5 \end{cases}$ $\begin{cases} x + y = 0,125 \rightarrow x = 0,125 - y \\ 0,375 - 3y + 5y = 0,45 \end{cases}$

$NaOH + P_2O_3 \rightarrow$

$2y = 0,075$

$\begin{cases} y = 0,0375 \\ x = 0,0875. \end{cases}$



Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

Черновик.

① ~~$NaNO_3 \xrightarrow{t^o} NaNO_2 + NO_2 + O_2$~~ ?

$2KMnO_4 \xrightarrow{t^o} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$ ✓

② $CH_3-O-C(CH_3)_2-CH_3$ изомеры $C_5H_{12}O$.

$CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$ м-б.

$CH_3-O-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$ м-изоб.

$CH_3-O-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$ м-втб.

$CH_3-CH_2-O-C_3H_7$ эт-пр.

$CH_3-CH_2-O-CH(CH_3)-CH_3$ этил-изопр.

1 $CH_3-(CH_2)_3-CH_2OH$ пентанол.

2 $CH_3-CH_2-CH_2-CH(OH)-CH_3$ пент-2

3 $CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_2-CH_3$ пент-3.

4 $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH_2OH$ 2-м ол-1

5 $CH_3-CH_2-C(OH)(CH_3)-CH_3$ 2-м ол-2

6 $CH_3-CH(OH)-CH(CH_3)-CH_3$ 3-м-ол-2.

7 $OH-CH_2-C(CH_3)_2-CH_3$ 2,2-ди. ол-1.

✓

---

③ K[Al(CN)

$AlCl_3 + KCN \rightarrow K[Al(CN)_3]Cl_3$?

если $K[X(CN)_3]Cl$ – Me 54. ✗ $\omega(Al) = \frac{27}{198,5} = 13,6$ ✗

$K[X(CN)]Cl_3$ то Me – 105,5. ✗

од. x M = 111,5.

$K_2[X(CN)_2]Cl_2$ то Me – ~~325~~ Me – 124. ✗

$K_2[X^{201}(CN)_2]Cl_2$ Me – 100 ✗

③

(4) $HO-C(=O)-CH_2-CH(OH)-C(=O)-OH \rightarrow HO-C(=O)-CH_2-CH(OH)-C(=O)-O^- + H^+$ — легкодисс

x $\quad$ x

$\nu(кисл) = \frac{0{,}67}{134} = 0{,}005$ моль. Пусть x в-ва распав.

0,1.

$[H^+] = 0{,}025$

$[Cl^-] = 0{,}025$

$K_1 = 3{,}47 \cdot 10^{-4} = 2{,}25 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 10^{-3}$

$3{,}47 \cdot 10^{-4} = (25 \cdot 10^{-3} - x)$

$3{,}47 \cdot 10^{-4} = 6{,}25 \cdot 10^{-4}$ ✓.

$50 \cdot 10^{-3}$

$K = 3{,}47 \cdot 10^{-4} = (25 \cdot 10^{-3} - x)(25 \cdot 10^{-3} - x)$.

$3{,}47 \cdot 10^{-4} = 625 \cdot 10^{-6} - 25 \cdot 10^{-3}x + x^2 - 25 \cdot 10^{-3}x$

$3{,}47 \cdot 10^{-4} = 625 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-2}x + x^2$

$x^2 - 0{,}05x + 2{,}78 \cdot 10^{-4} = 0$.

$D = 0{,}0025 - 0{,}00112 = 0{,}003612 \rightarrow \sqrt{\ } = 0{,}0$ [illegible]

$x_1 = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a} = \frac{0{,}05 \pm 0{,}06}{2} =$

---

(5) $V_1C_1 = C_1V_1 \rightarrow c(HCl)_2 = \frac{0{,}004 \cdot 0{,}05}{0{,}02} = 0{,}01$ M.

0,004 0,05 $\quad$ 20

$\nu(HCl)_{общ} = 0{,}2 \cdot 0{,}01 = 0{,}002$ моль.

$[HCl]_{исх} = \frac{0{,}002}{0{,}001} = 2 \frac{моль}{л}$ ✓

$H_2O + P_2O_3 \rightarrow 2HPO_2$

---

(6) 1 атм — 101,3 кПа.

3,14. — 318 кПа.

HPO_2

$PV = \nu RT$ $\quad$ $\nu = \frac{PV}{RT}$ $\quad$ $P = \frac{\nu RT}{V}$

$\nu(O_2) = \frac{318 \cdot 7}{8{,}31 \cdot 298} = \frac{}{2476{,}38} = 0{,}9$ моль.

0,45

$\nu(P_2) = \frac{13{,}57}{31} = 0{,}2$ моль.

$\nu \ \frac{0{,}45}{}$

$\frac{1{,}8}{1} = \frac{1{,}9}{5}$

$4P + 3O_2 \longrightarrow 2\overset{+3}{P_2}O_3 . H_2O$

0,5 $\quad$ 0,35

$2P_2 + 5O_2 \rightarrow 2P_2O_5$

$\nu(KOH) = \frac{67{,}2}{56} = P = 1{,}2$ моль.

H_3PO_2

$PO_3 - 0{,}175$ $\quad$ 0,35.

$H_3PO_2 + KOH$ [illegible]

0,035 $\quad$ $H_3PO_4 \quad 3KOH$

0,45.

$P_2O_5 + 6KOH \longrightarrow K_3PO_4$

(4)

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

(5)