



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

Вариант _____

Место проведения _____
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников „Ломоносов“ по химии
наименование олимпиады

по химии
профиль олимпиады

Пегушина Даша Александровна
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«03» марта 2024 года

Подпись участника

[Подпись]

Чистовик

Задача 3.

Известно, что металл X проявляет $K_4 = 4$, значит имеем право записать в общем виде формулу комплексной частицы: $[X(CN)_4]^{n-}$.

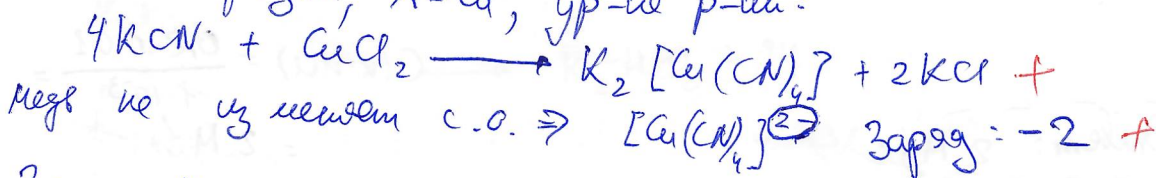
По условию: $\omega(X) \text{ в компл. з.} = 38,1\%$

Составим ур-ие:

$$\omega(X) = \frac{M(X)}{M(X) + 4 \cdot M(CN)} = \frac{M(X)}{M(X) + 4 \cdot 26} = 0,381$$

Следовательно, для металла X характерно $K_4 = 4$ в комплексных соединениях (хороший пример - $[Cu(CN)_4]^{2-}$). Поэтому наши догадки и расчеты верны.

Таким образом, X - Cu, ур-ие р-ии:



Задача 4.

Обозначим относительную K_{HA} для диссоциации слабых кислот обозначим (по ука. рассматриваем n -ую как одноосновную).

$$K_{HA} \rightleftharpoons H^+ + A^- \quad K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+]^2}{C_0(HA) - [H^+]}$$

$$C_{0(HA)} = \frac{0,67}{134 \cdot 0,2} = \frac{m(HA)}{M(HA) \cdot V_{p-pa.}}$$

$$= \frac{0,67}{134 \cdot 0,2} = 0,025 \text{ м}$$

$$[H^+]^2 = K(C_0(HA) - [H^+])$$

$$[H^+]^2 + K[H^+] - K C_0(HA) = 0$$

$$K = 3,47 \cdot 10^{-4}$$

$$[H^+] = \frac{-K + \sqrt{K^2 + 4K C_0(HA)}}{2}$$

$$pH = -\log \left[\frac{-3,47 \cdot 10^{-4} + \sqrt{(3,47 \cdot 10^{-4})^2 + 4 \cdot 3,47 \cdot 10^{-4} \cdot 0,025}}{2} \right]$$

$$pH = -\log([H^+]) = -\log \left[\frac{-K + \sqrt{K^2 + 4K C_0(HA)}}{2} \right]$$

$$\left[\frac{-3,47 \cdot 10^{-4} + \sqrt{(3,47 \cdot 10^{-4})^2 + 4 \cdot 3,47 \cdot 10^{-4} \cdot 0,025}}{2} \right] = [2,56]$$

! Ответ: $pH = 2,56$

Феликс/Пичуринская
Борзенко

1 2 3 4 5 6 7 8
4 10 12 16 20 20 20 20

Чистовик

Задача 5.

Известно, что р-ая нейтральная имеет вид:



По 3-му эквиваленту: $C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) = C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})$

$$V(\text{HCl}) = 20 \text{ мл} = 0,02 \text{ л}$$

$$C(\text{NaOH}) = 0,05 \text{ М}$$

$$V(\text{NaOH}) = 4 \text{ мл} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ л}$$

$$C(\text{HCl}) = \frac{C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{HCl})} = \frac{0,05 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0,02} =$$

Приготовили 200 мл $0,01 \text{ М}$ р-ра HCl , взяв 1 мл HCl с неизвестной кон-ей. Знаем, $\nu(\text{HCl})_{\text{р-ра}} = \nu(\text{HCl})_{\text{к. HCl}}$

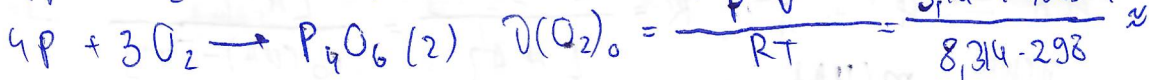
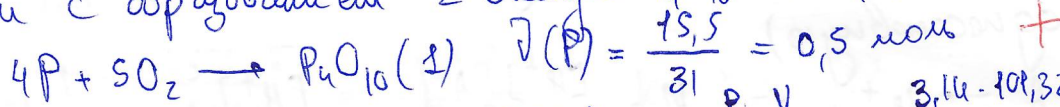
$$0,2 \text{ л} \cdot 0,01 \text{ М} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot C(\text{к. HCl})$$

$$C(\text{к. HCl}) = \frac{0,2 \cdot 0,01}{1 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ М/л}$$

Ответ: 2 М/л

Задача 6.

Известно, что фосфор может реагировать с кислородом с образованием 2 оксидов: P_4O_{10} и P_4O_6 .



$$\approx 0,9 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2)_\text{к.} = \frac{3,14 \cdot 101,325 \cdot 7}{8,314 \cdot 298} \approx 0,45 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2)_{\text{вступ.}} = 0,45 \text{ моль.}$$

Таким образом часть фосфора превратится в P_4O_{10} , а часть - в P_4O_6 .

Пусть, в р-ии (1) вступило x моль P , а в р-ии (2) - y моль P . Тогда:

$$\begin{cases} x + y = 0,5 \\ \frac{5}{4}x + \frac{3}{4}y = 0,45 \end{cases}$$

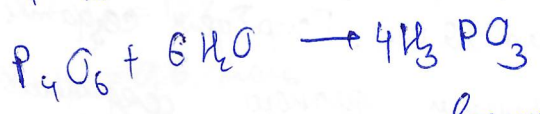
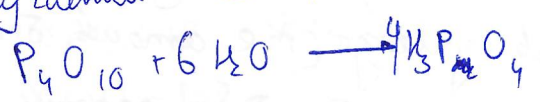
$$\text{Откуда, } x = 0,15 \text{ моль } y = 0,35 \text{ моль}$$

Чистовик

Продолжение задачи 6.

После добавления воды к паузеиной смеси кислот: K_3PO_4 и K_2HPO_3 .

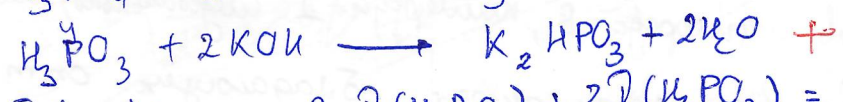
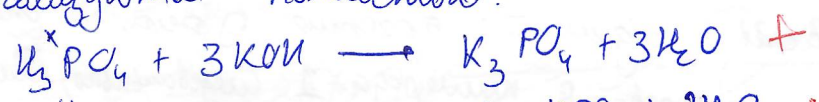
окислов
смеси



Добавление KOH приводит к нейтрализации паузеиной смеси кислот.

$$\nu(KOH)_0 = \frac{\omega(KOH) \cdot m_{p-pa}}{M(KOH)} = \frac{448 \cdot 0,15}{39 + 17} = 1,2 \text{ моль} \quad +$$

Т.к. кол-во KOH больше, чем необходимо для образования смеси солей, предположим, что кислоты нейтрализуются полностью:



$$\nu(KOH)_{вступит} = 3 \cdot \nu(K_3PO_4) + 2 \cdot \nu(K_2HPO_3) = 3x + 2y =$$

$$\nu(K_3PO_4) = x = 3 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,35 =$$

$$\nu(K_2HPO_3) = y = 1,15 \text{ моль.}$$

Действительно, при этом в растворе остается 0,05 моль KOH.

Определим массовые доли:

$$\omega(K_3PO_4) = \frac{\nu(K_3PO_4) \cdot M(K_3PO_4)}{m_{p-pa}} = \frac{0,15 \cdot 212}{477,9} = 6,65\% \quad +$$

$$\omega(K_2HPO_3) = \frac{\nu(K_2HPO_3) \cdot M(K_2HPO_3)}{m_{p-pa}} = \frac{0,35 \cdot 158}{477,9} = 11,57\% \quad +$$

$$\omega(KOH) = \frac{(\nu(KOH)_0 - \nu(K_3PO_4) \cdot 3 - \nu(K_2HPO_3) \cdot 2) \cdot M(KOH)}{m_{p-pa}} = \frac{0,05 \cdot 56}{477,9} = 5,86 \cdot 10^{-1}\% \quad +$$

$$m_{p-pa} = m(KOH) + m(P_4O_{10}) + m(P_4O_6) = 448 + 0,15 \cdot M(P_4O_{10}) +$$

$$+ 0,35 \cdot M(P_4O_6) = m(KOH) + m(P) + m(O) = 448 + 15,5 + 0,45 \cdot 32 = 477,9 \quad +$$

$$\omega(H_2O) = 100 - \omega(K_3PO_4) - \omega(K_2HPO_3) - \omega(KOH) = 81,194\%$$

Ответ: $\omega(K_3PO_4) = 6,65\%$; $\omega(K_2HPO_3) = 11,57\%$; $\omega(KOH) = 5,86 \cdot 10^{-1}\%$; $\omega(H_2O) = 81,194\%$

38-11-04-63
(55.12)

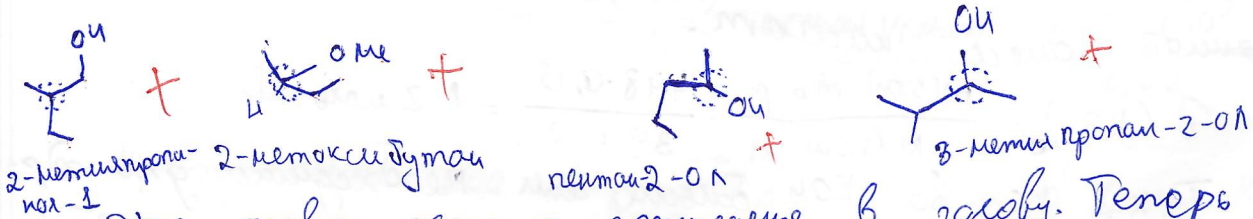
Чистовик

Задача 2.

Дано соединение:



Известно, что стереохимическая активность возникает при наличии хиральных атомов углерода (т.е. атомов, обладающих 4-мя разными заместителями). Попробуем создать хиральные центры путём изомеризации данного соединения:



Это первые попытки, придемте в голову. Теперь можно порассуждать. Степень окисленности не дастся меняться \Rightarrow классы соединений: простые эфиры и спирты. Кол-во атомов углерода = 5, кислорода = 1. Следовательно, больше заместителей нет.

Примечание: во всех структурах, обладающих ст. акт. символами $[C^*]$ выделен хиральный атом углерода.

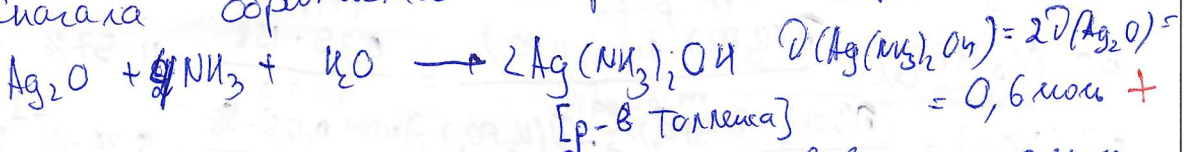
Ответ: в решении!

Задача 7.

~~Гомологический ряд алкинов имеет общую формулу:~~

$$C_n H_{2n-2} \quad \nu(Ag_2O) = \frac{69,6}{108 \cdot 2 + 16} = 0,3 \text{ моль} \quad +$$

Сначала обратимся к р-ции с Ag p-вал Толмеса.



С этими p-валом могут взаимодействовать только терминальные алкины. Возьмем два случая: один из алкинов содержит две терминальные $\equiv C-H$ группы, либо два алкина содержат по одной (третьей случай с двумя алкинами с двумя $\equiv C-H$ структурами. См. ниже).

Теперь обратимся к р-ции с бромной водой.

$$\nu(Br_2) = \frac{m \cdot \nu(Br_2) - \omega(Br_2)}{M(Br_2)} = \frac{9600 \cdot 0,02}{160} = 1,2 \text{ моль} \quad +$$

Т.к. соединяем - алкины, то реагируют с бромом в мольном соотношении 1:2 (две кракие связи по типу "присоединение"). Пусть, было x моль одного и y моль другого алкина.

$$2(x+y) = 1,2$$

$$x+y = 0,6 \text{ моль} \quad \perp$$

Вернемся к р-ции с р-вом Толленса. Отпадает вариант, когда у одного алкина две терминальные группы $\equiv\text{C-H}$, т.к. в таком случае второго алкина быть не должно. Обозначим первый алкин как $R \equiv \text{C-H}$, а второй как $R' \equiv \text{C-H}$, где $R = 15 + 14n$, $R' = 15 + 14(n+1)$ (объемная группа), n - кол-во группировок в цепи.

Получаем ур-ие:

~~$$\frac{M_1}{x} + \frac{M_2}{y} = 29,6 \quad \left| \frac{15+14n+25}{x} + \frac{15+14(n+1)+25}{y} = 29,6 \right.$$~~

~~$$x+y = 0,6 \quad (n = \text{параметр}, n \in \mathbb{N})$$~~

~~$$y = 0,6 - x$$

$$\frac{40+14n}{x} + \frac{40+14n+14}{0,6-x} = 29,6$$~~

~~$$\frac{(0,6-x)(40+14n) + (54+14n)x}{x(0,6-x)} = 29,6$$~~

~~$$29,6 \cdot x(0,6-x) = 40 \cdot 0,6 + 0,6 \cdot 14n - 40x - 14nx + 54x + 14nx$$~~

~~$$29,6 \cdot 0,6x - x^2 \cdot 29,6 = 40 \cdot 0,6 + 14x + 0,6 \cdot 14n$$~~

~~$$-29,6x^2 + 17,76x - (24 + 8,4n) = 0$$~~

~~$$29,6x^2 - 17,76x + (24 + 8,4n) = 0$$~~

~~$$D = 3,76 + \sqrt{3,76^2 - 4 \cdot 29,6(24 + 8,4n)}$$~~

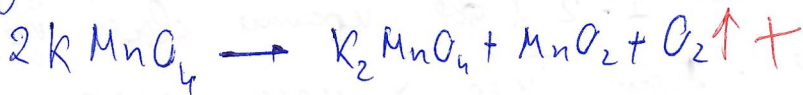
~~$$-29,6x^2 + 17,76x - (24 + 8,4n) = 0$$~~

~~$$29,6x^2 - 17,76x + (24 + 8,4n) = 0$$~~

Ур-ие имеют действительные решения лишь при отрицательных n . Значит, установившие наши положения не верны.

Чистовик

Задача 1.



Продолжение задачи 7.

Допустим, алкил реагирует с бромной водой в отношении 1:1 (только по одной фвр. связи). Тогда

Суммарное кол-во весу-ва = 1,2 моль. Но это пр-тиворечит здравому смыслу, т.к. $M_{\text{ср. (алкил)}} = \frac{29,6}{0,6} = 24,7$, а молярная масса наименьшего алкила (Et) уже 26. Значит, ошибка не здесь.

Попробуем зайти с другой стороны.

$$M_{\text{алкил}} \text{ср} = \frac{29,6}{0,6} = 49,3 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \quad +$$

Один алкил, очевидно, имеет молярную массу меньше средней. Под эти условия подходят: Et, C₃H₇. Как отмечалось, алкил не должен содержать две терминальные ≡сг группы в одной молекуле. Значит, первый алкил - C₃H₇ (≠). Второй, очевидно, является C₄H₉ (≠). +

Доказать это можно и математически:



$$M_1 = M(R) + 25$$

$$M_2 = M(R') + 25$$

$$M(R) = 15 + 14n$$

$$M(R') = 15 + 14n + 14 = 29 + 14n$$

$$M_1 = 40 + 14n$$

$$M_2 = 54 + 14n$$

$$M_1 \nu_1 + M_2 \nu_2 = 29,6$$

$$\nu_1 = x \quad (\text{см. през.})$$

$$\nu_2 = y$$

$$x + y = 0,6$$

$$(40 + 14n) \cdot x + (54 + 14n) \cdot (0,6 - x) = 29,6$$

$$40x + 14nx + 54 \cdot 0,6 - 54x + 14 \cdot 0,6n - 14nx = 29,6$$

$$-14x + 8,4n = -2,8$$

Чистовик

$$8,4n + 2,8 = 14x$$

$$x = \frac{8,4n + 2,8}{14}$$

$n \in \mathbb{N}(0)$

n	x
0	0,2
1	0,8
2	1,4
3	2
4	2,6

$\Rightarrow n=0$

Напомним, что y , так же как и x , должен быть неотрицательным числом:

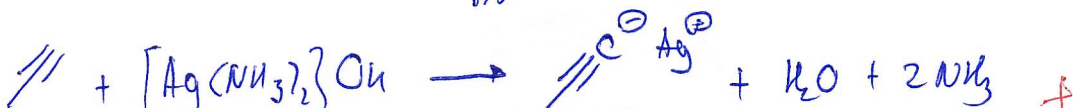
$$y = 0,6 - x \quad ; \quad y > 0$$

$$0,6 - x > 0$$

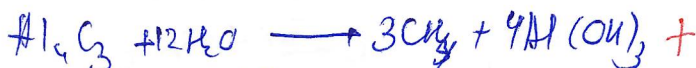
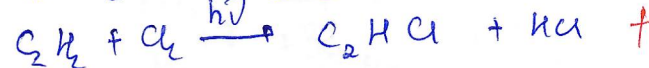
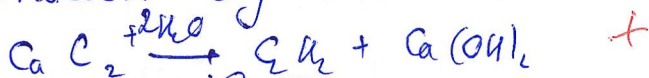
$$x < 0,6$$

Получаем, что $n=0 \Rightarrow M_1 = 40$, что соответствует пропину. Ближайшие молекулы - бутин (ацетилен не подходит по соотношению ранее прописан).

Ур-ва р-ции:

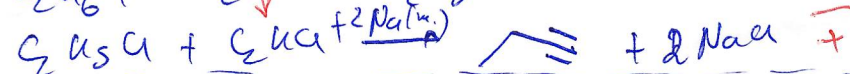
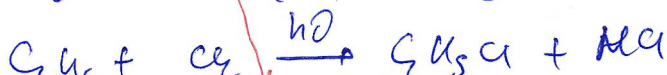


Способы получения:



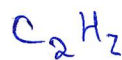
лучше C_2HNa

пропин



Ответ: 0,2 моль пропин, 0,4 моль бутин

Сервис



$$\frac{13n}{x} + \frac{12n+12+n+1}{y} = 29,6$$

$$\frac{13n}{x} + \frac{13n+13}{0,6-x} = 29,6$$

$$\frac{13n(0,6-x) + 13(n+1)x}{(0,6-x)x} = 29,6$$

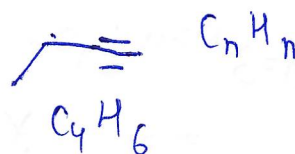
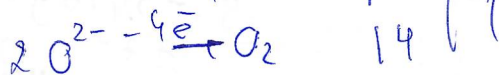
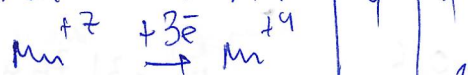
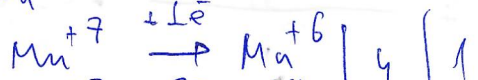
$$(0,6-x) \cdot x \cdot 29,6 = 13 \cdot 0,6n - 13nx + 13nx + 13x$$

$$29,6 \cdot 0,6x - 29,6x^2 - 13,06n - 13x = 0$$

$$-29,6x^2 + 4,76x - 13,06n = 0$$

$$29,6x^2 - 4,76x + 13,06n = 0$$

$$x = \frac{-4,76 + \sqrt{4,76^2 - 4 \cdot 13,06 \cdot 29,6 \cdot n}}{2 \cdot 29,6}$$



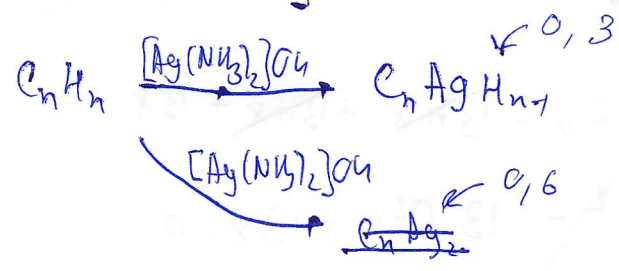
Серийных



C_nH_n $\text{C}_{n+1}\text{H}_{n+1}$
 x моль y моль

$x + y = 0,6$

$\frac{13n}{x} + \frac{12n+12+n+1}{y} = \frac{13n}{x} + \frac{13n+13}{y} = 29,62$



$\frac{40+14n}{x} + \frac{40+14(n+1)}{y} = 29,6$
 $\frac{(40+14n)(0,6-x) + (40+14n+14)x}{x(0,6-x)} = 29,6$

оба терминальные.



$\text{R} = 15+14n \quad \text{R}' = 15+14(n+1)$

$\frac{15+14n+25}{x} + \frac{15+14(n+1)+25}{y} = 29,6$

~~$\frac{15+14n+25}{x} + \frac{15+14(n+1)+25}{y} = 29,6$~~

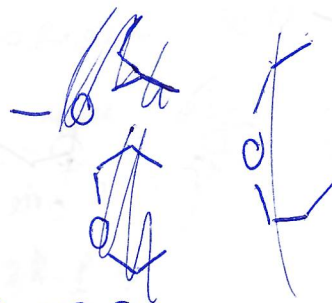
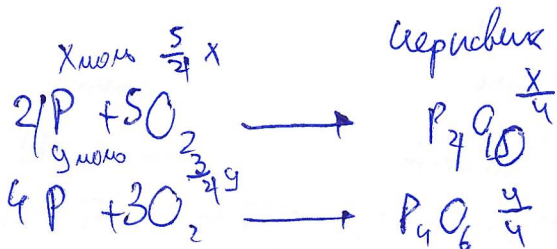
$n=2 \Rightarrow \frac{15+14 \cdot 2+25}{x} + \frac{15+14 \cdot 3+25}{y} = 29,6$

$n=3$
 $x+y=0,6$
 $x=0,6-y$

$y^2 - 31,76y + 49,2 = 0$
 $\Delta =$ нет эквив. реш.

~~$\frac{15+28+25}{0,6-y} + \frac{15+42+25}{y} = 29,6$~~

$y(0,6-y) \cdot 29,6 = 68y + 82 \cdot (0,6-y)$
 $17,76y - y^2 = 68y + 49,2 - 82y$
 $-y^2 + 31,76y - 49,2 = 0$



$$n(P) = \frac{15,5}{31} = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(O_2)_0 = \frac{3,14 \cdot 101,325 \cdot 7}{8,314 \cdot 298} = 0,899 \approx 0,9 \text{ моль}$$

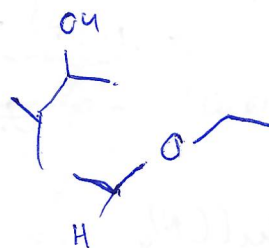
$$\frac{n(P)}{n(O_2)} = 1 : 1,8$$

$$n(\text{вступ. } O_2) = n(O_2)_0 - n(O_2)_{\text{ост.}} = 0,9 - 0,45 = 0,45 \text{ моль}$$

$$P(O_2)_{\text{ост.}} = 1,52 \text{ атм}$$

~~Фосфор в углекислоте~~

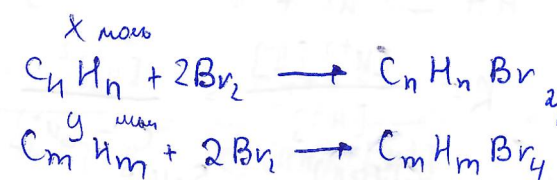
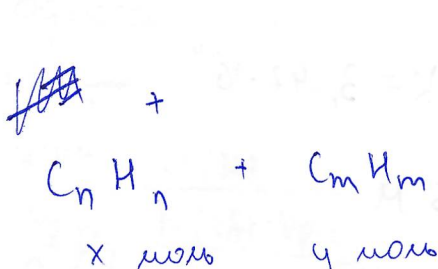
$$\begin{cases} x + y = 0,5 & x = 0,15 \text{ моль} \\ \frac{5}{7}x + \frac{3}{7}y = 0,45 & y = 0,35 \text{ моль} \end{cases}$$



$$n(P_4O_{10}) = 0,0375 \text{ моль} \quad n(P_4O_6) = 0,0875 \text{ моль}$$

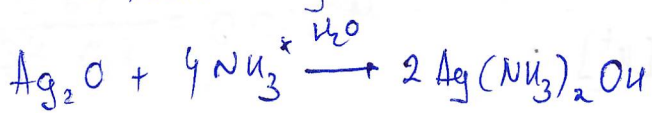


$$n(KOH) = 1,2 \text{ моль}$$

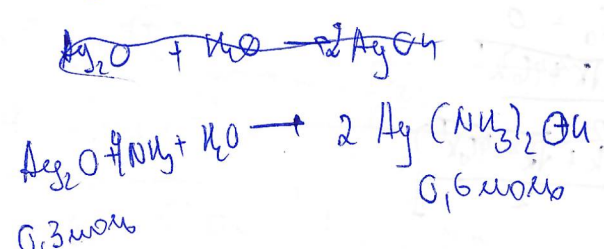


$$2(x+y) = 1,2 \text{ моль}$$

$$x+y = 0,6 \text{ моль}$$



$$y = 0,3 \text{ моль}$$



$$\frac{2 \cdot 9,6}{0,6} = 49,3$$

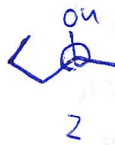
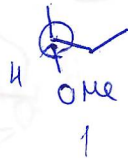
Пусть, один атом вступил по 2 терм. гр.

$$2x = 0,6 \Rightarrow x = 0,3$$

Черновик

Оптическая активность

↓
разность замест.

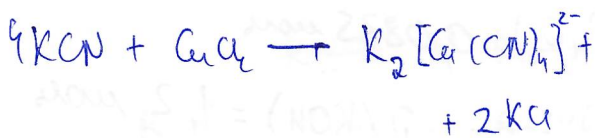


$$K_x [\alpha (CN)_4]$$

$$\omega(\vartheta) = \frac{m(\vartheta)}{39x + m(\vartheta) + 104} = 0,381$$

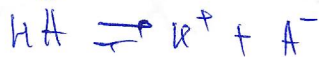
$$m(\vartheta) = 39 \cdot 0,381 x + 0,381 m(\vartheta) + 104 \cdot 0,381$$

$$0,619 m(\vartheta) = \frac{14,859x + 39,624}{0,619}$$



x	M(φ)
1	88,017
2	112,02
3	136,02
4	160,03
5	184,04

Обозначим кислоту как HA (м.к. 2 ступень на д.к.)



$$K = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+]^2}{C_0 - [H^+]}$$

$$K = 3,47 \cdot 10^{-4}$$

$$C_0 = \frac{\alpha [HA]}{V_{p-pa}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{0,21} = 0,025 \text{ M}$$

$$[H^+]^2 = KC_0 - K[H^+]$$

$$[H^+]^2 + K[H^+] - KC_0 = 0$$

$$[H^+] = \frac{-K + \sqrt{K^2 + 4C_0K}}{2}$$

$$pH = -\log \left[\frac{-K + \sqrt{K^2 + 4C_0K}}{2} \right]$$

$$pH = 2,56$$