



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 1

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов
наименование олимпиады

по Химии
профиль олимпиады

Разанковой Надежды Андреевны
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

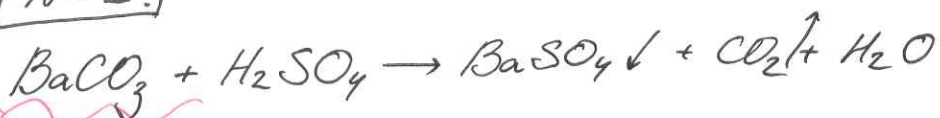
Дата
«2» марта 2025 года

[Подпись]
Подпись участника

Условие.

$$\boxed{n=1.}$$

95



Пояснение:

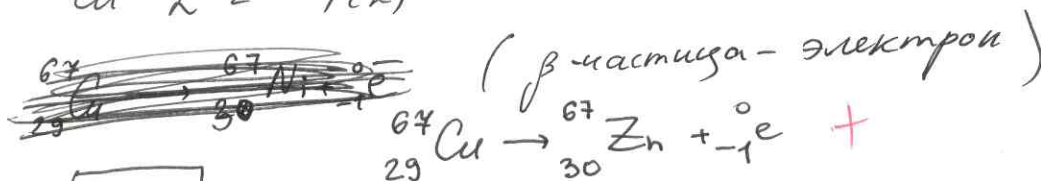
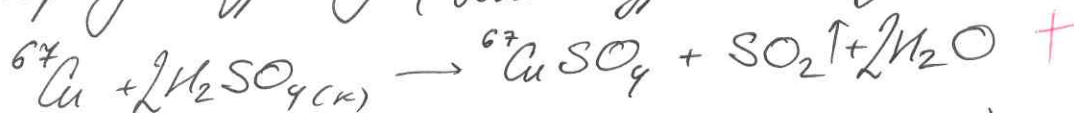
BaCO_3 - плохо растворимое соединение, поэтому является слабым электролитом и не может быть записано как " Ba^{2+} и CO_3^{2-} ". Также будем считать, что H_2SO_4 - сильная к-та по первой ступени, хотя по второй ступени она не очень сильная.

Ионное уравнение:



$$\boxed{n=2.}$$

В реакции ^{67}Cu с H_2SO_4 медь теряет 2 электрона, но массовое число не меняется, поэтому период полураспада остаётся равным 61,8 часа. (более подробно см. дальше)



$$\boxed{n=3}$$

Дано:

m, V, T - одинаковые

$$p(\text{Ar}) = 101,325 \text{ кПа}$$

$$p(\text{A}) = 144,7 \text{ кПа}$$

$$\mu(\text{A}) = ?$$

Решение:

$$pV = \nu RT$$

$$\nu = \frac{m}{\mu} \Rightarrow$$

$$p\mu = \frac{mRT}{V}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1) p(\text{Ar}) \mu(\text{Ar}) = \frac{mRT}{V} \\ p(\text{A}) \mu(\text{A}) = \frac{mRT}{V} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$p(\text{Ar}) \mu(\text{Ar}) = p(\text{A}) \mu(\text{A})$$

Чистовик.

$$\mu(A) = \frac{r(Ar) \cdot \mu(Ar)}{r(A)} = \frac{101,325 \cdot 40}{144,7} = 28 \text{ г/моль.} +$$

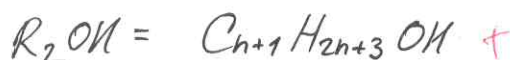
2) С учётом информации о горении А голубым пламенем можно сделать вывод, что А — угарный газ. (CO)

Ответ: А = CO. +

$$\boxed{\sqrt{N} = 4}$$

Спирты: R_1OH , R_2OH .

1) Пусть R_1OH легче $R_2OH \Rightarrow$



2) Тогда:

$$w(C)_{R_1OH} = \frac{12n}{12n+2n+1+17} = \frac{12n}{14n+18} = \frac{6n}{7n+9}$$

$$w(C)_{R_2OH} = \frac{12n+12}{12n+12+2n+3+17} = \frac{12n+12}{14n+32} = \frac{6n+6}{7n+16}$$

Средняя массовая доля углерода в смеси должна находиться между $w(C)_{R_1OH}$ и $w(C)_{R_2OH} \Rightarrow$

$$w(C)_{R_1OH} < 0,6327 < w(C)_{R_2OH}$$

3) Перебором находим, что $n=3. \Rightarrow$



4) Найдём массовые доли спиртов:

$$w(C)_{R_1OH} = 0,6$$

$$w(C)_{R_2OH} = 0,6486$$

$$0,6 \cdot x + 0,6486(1-x) = 0,6327$$

$$-0,0486x = -0,0159$$

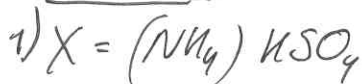
$$x = 0,3272$$

$$\Rightarrow \omega(R_1OH) = 32,72\% +$$

$$\omega(R_2OH) = 67,28\% +$$

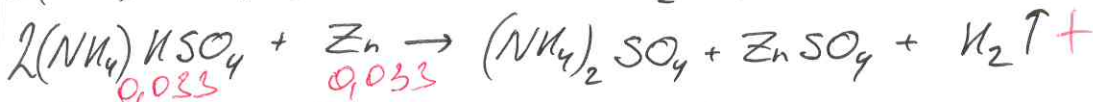
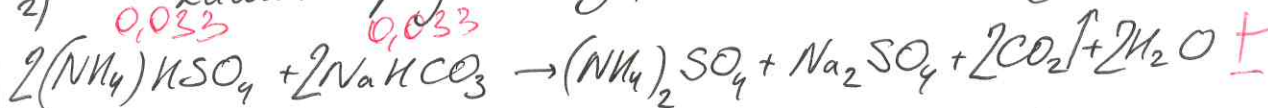
Чистовик

$$\boxed{N=6}$$



$(NH_4)HSO_4$ подходит по всем параметрам:

2) ^{0,033} кислая среда; ^{0,033} SO_4 ; качественные признаки.



Можно подтвердить X расчётом осадка $BaSO_4$:

$$\nu(BaSO_4) = \frac{4,7}{137+96} = 0,039 \text{ моле} \quad \left\{ \begin{array}{l} 717/233 = 0,03075 \text{ моле} \\ (0,0348) \end{array} \right\} \Rightarrow \text{подтверждено.}$$

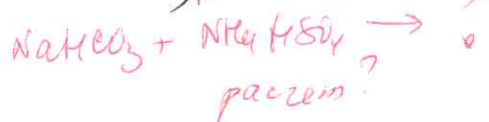
$$\nu(NH_4HSO_4) = \frac{4}{19+96} \approx 0,035 \text{ моле}$$

$$3) \omega((NH_4)_2SO_4 + Na_2SO_4) = \frac{m((NH_4)_2SO_4) + m(Na_2SO_4)}{m((NH_4)_2SO_4) + m(Na_2SO_4) + m(H_2O)} =$$

$$= \frac{4,7676}{4,7676 + \frac{88}{3}} = 0,1398 \approx 14\% \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Неверно расчёт} \\ \text{раствор 1} \end{array} \right.$$

$$(\nu((NH_4)_2SO_4) = \nu(Na_2SO_4) = 0,0174 \text{ моле.}) +$$

Ответ: 14%.



$$\boxed{N=4}$$

1) "Б" реагирует с $[Ag(NH_3)_2]OH$ и вступает в галогормидную реакцию $\Rightarrow$

Б имеет 2 карбоксильные группы, одна из которых альдегидная, а другая - кетогруппа, у которой 1 заместитель - метил.

$$2) \nu(H_2) = 0,3 \text{ моле} +$$

На "Б" нужно потратить 2 эквивалента $H_2 \Rightarrow$

$$\nu(B) = 0,15 \text{ моле.} \quad \left(\begin{array}{l} \text{Итак же результат с} \\ [Ag(NH_3)_2]OH \end{array} \right) +$$

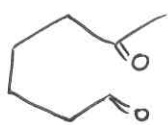
3) $D(B) = D(A) = 1$

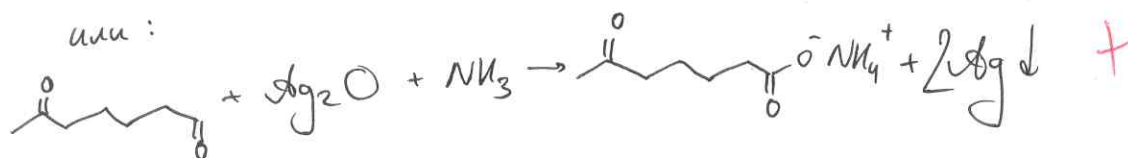
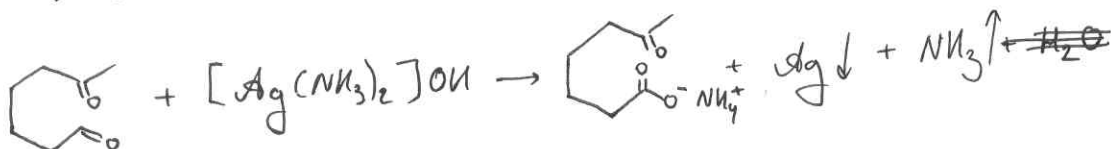
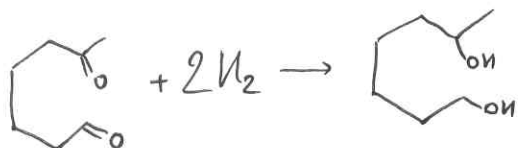
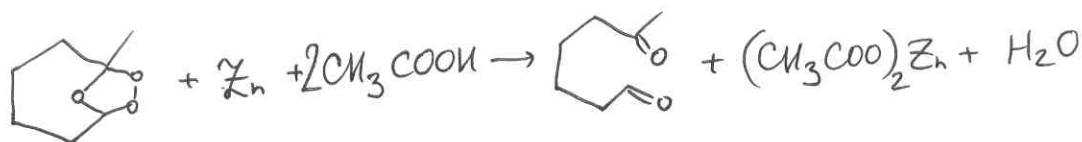
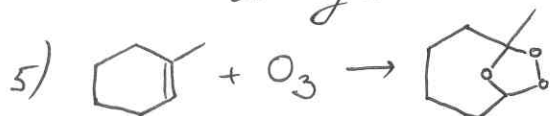
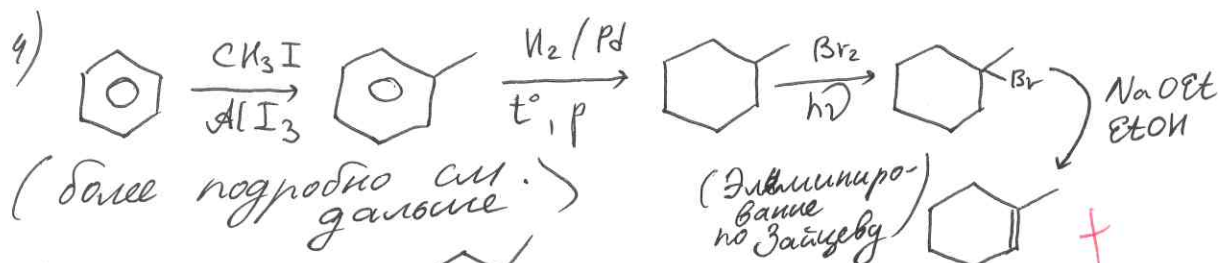
$\mu(A) = \frac{14,7}{0,15} = 96 \text{ г/моль}$

Чистовик

Это соответствует формуле C_7H_{12} .

С учётом данных о Б, А = 

Тогда Б = 



$\boxed{n=5}$

$m(Na_2CO_3 \cdot nH_2O) = 50 \text{ г}$

$C(Na_2CO_3 \cdot nH_2O) = \frac{50}{106 + 18n} \text{ М}$

1) $pH = 11,82 \Rightarrow$

$[H^+] = 10^{-11,82} = 1,5136 \cdot 10^{-12}$

$[OH^-] = 10^{-2,18} = 6,6069 \cdot 10^{-3} \quad ([OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]})$

2) В растворе реализуется равновесие: Чистовик
 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$, $K_1 = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{OH}^-]}{[\text{CO}_3^{2-}]}$ +

$$C_0 = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

$$[\text{HCO}_3^-] = [\text{OH}^-]$$

$$\Rightarrow K_1 = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_0 - [\text{OH}^-]} \quad +$$

3) $K_{\text{гидр}}(\text{HCO}_3^-)$ соответствует р-ции:



$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4,8 \cdot 10^{-11} \quad +$$

$$4) K_1 \cdot K_{\text{гидр}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w \Rightarrow$$

$$K_1 = \frac{K_w}{K_{\text{гидр}}} = 2,0833 \cdot 10^{-4} \quad +$$

$$5) 2,0833 \cdot 10^{-4} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_0 - [\text{OH}^-]}$$

$$K_1 C_0 - K_1 [\text{OH}^-] = [\text{OH}^-]^2$$

$$C_0 = \frac{[\text{OH}^-]^2 + K_1 [\text{OH}^-]}{K_1} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K_1} + [\text{OH}^-]$$

$$C_0 = 0,216136 \text{ M} \quad +$$

6) Теперь можно определить формулу:

$$\frac{50}{106 + 18n} = 0,216136$$

$$50 = 22,9 + 3,89 \cdot n$$

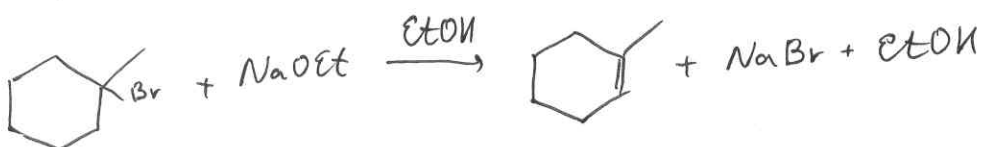
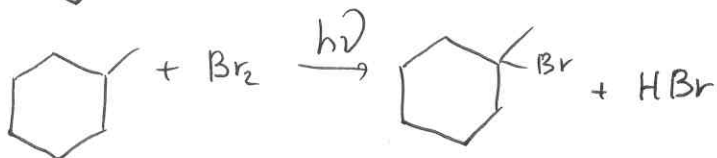
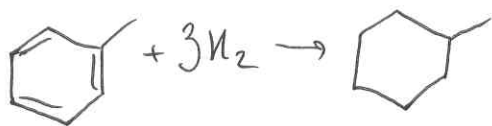
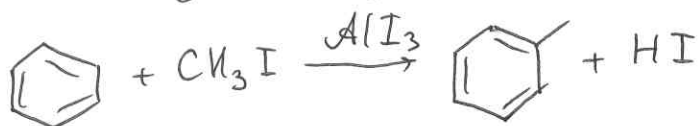
$$n = 6,964 \approx 7 \quad +$$

$$\Rightarrow \text{Ответ: } \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \quad +$$

N=4 (Продолжение)

Чистовик

Реакции для метода синтеза.



N=2 (Продолжение)

Период полураспада в р-ции с $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{к})$ не меняется, потому что ядро меди-67 в этой реакции не изменяется.
 $T_{1/2}$ может измениться только в ходе ядерных превращений.

Черновик

 $n=5$ 

50г.

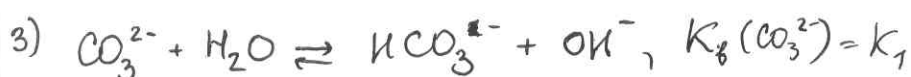
$V = 1 \text{ л.}$

$$C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{50}{106 + 18n} \text{ М}$$

2) $\text{pH} = 11,82$

$$[\text{H}^+] = 10^{-11,82} = 1,5136 \cdot 10^{-12}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-2,18} = 6,6069 \cdot 10^{-3}$$



$$[\text{HCO}_3^-] = [\text{OH}^-]$$

$$C_0 = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

$$K_1 = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{OH}^-]}{[\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C_0 - [\text{OH}^-]}$$

4) $K_{\text{гидр}}(\text{HCO}_3^-) = 4,8 \cdot 10^{-11}$

$$K_{\text{гидр}} = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4,8 \cdot 10^{-11}$$

5) $K_1 \cdot K_{\text{гидр}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w$

$$K_1 = 2,0833 \cdot 10^{-4}$$

6) $K_1 C_0 - K_1 [\text{OH}^-] = [\text{OH}^-]^2$

$$C_0 = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K_1} + [\text{OH}^-]$$

$$C_0 = 0,216136 \text{ М}$$

7) $\frac{50}{106 + 18n} = 0,216136$

$$50 = 22,91 + 3,89 \cdot n$$

$$50 = 23 + 4n$$

27

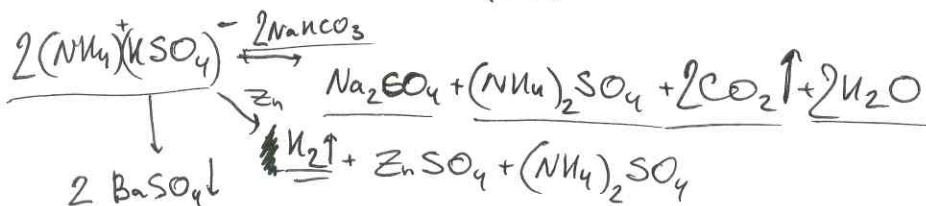
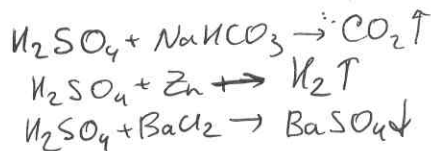
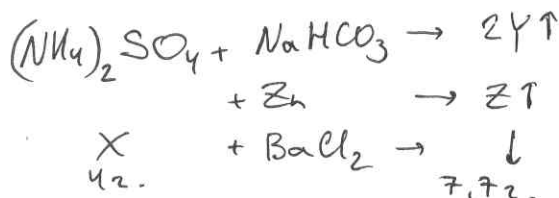
$$n = 6,964 \approx 7.$$



Черновик.

$$\sqrt{=6}$$

$m(X) = 122$
 $m(H_2O) = 882$ } вода; кислый р-р. (лакмус красный)

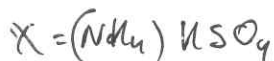


$$n(\text{NH}_4\text{HSO}_4) = 0,0348 \text{ моль.}$$

$$n(\text{BaSO}_4) = 0,0334 \text{ моль.}$$

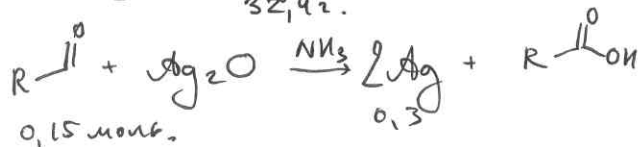
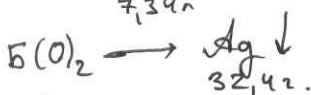
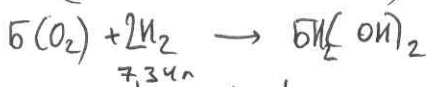
$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,017 \text{ mols}$$

$$= n(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$$



$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)_{\text{расч}} = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4) + m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)}{m(\text{Na}_2\text{SO}_4) + m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{2,414 + 2,244}{4,658 + 88} = \frac{4,658}{4,658 + 29\frac{1}{3}} = 13,7\%$$

$$\sqrt{49}$$



$$n(\text{H}_2) = 0,3 \text{ моль.}$$

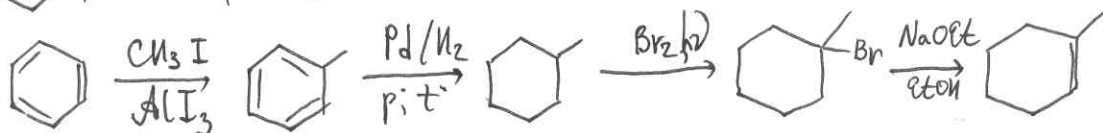
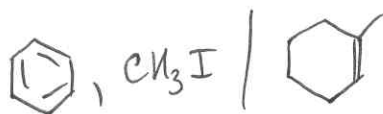
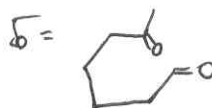
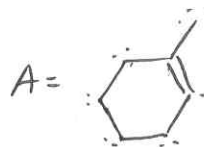
$$n(H_2) = 2 n(B)$$

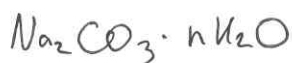
$$n(\text{B}) = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(\text{Ag}) = 0,3 \text{ моль.}$$

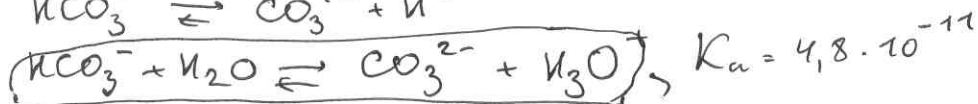
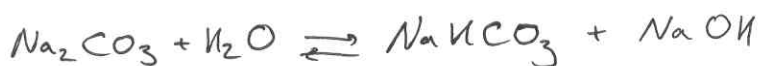
$$n(B) = n(A) = 0,15 \text{ моль.}$$

$$\Rightarrow \mu(A) \approx 962 \text{ /моль.}$$

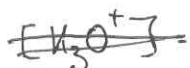
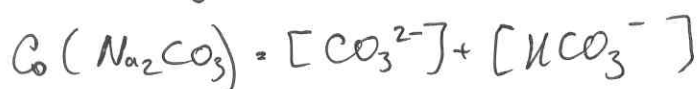


Черновик.

$$\text{pH} = 11,82$$



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 4,8 \cdot 10^{-11}$$



$$K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{C_0 - [\text{H}^+]} = 4,8 \cdot 10^{-11}$$

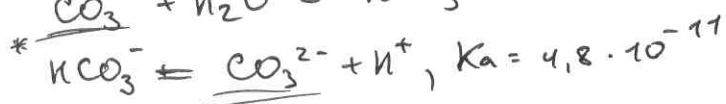
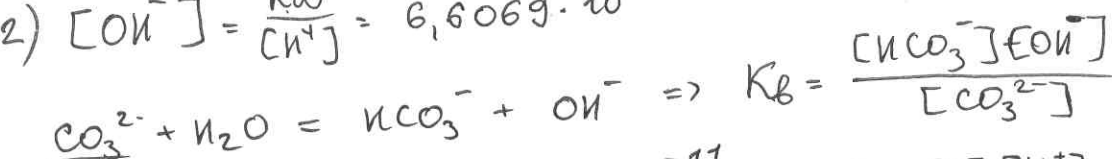
$$K_a C_0 - K_a [\text{H}^+] = [\text{H}^+]^2$$

$$C_0 = \frac{[\text{H}^+]^2 + K_a [\text{H}^+]}{K_a}$$

$$1) \text{pH} = 11,82$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-11,82} = 1,51356 \cdot 10^{-12}$$

$$2) [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = 6,6069 \cdot 10^{-3}$$

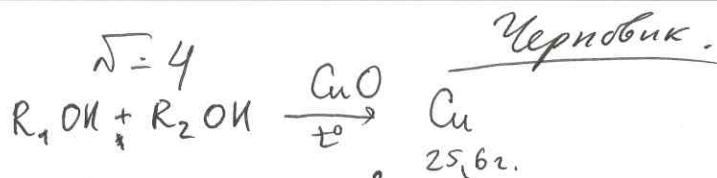


$$K_a = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$K_b = 2,0833 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{[\text{OH}^-]^2}{C_0 - [\text{OH}^-]} = 2,0833 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{[\text{OH}^-]^2 + K_b [\text{OH}^-]}{K_b} =$$



$$W(C)_{R_1OH+R_2OH} = 63,27\%$$



$$W(C)_{R_1OH} = \frac{12n}{12n+2n+1+17} = \frac{12n}{14n+18} = \frac{6n}{7n+9}$$

$$W(C)_{R_2OH} = \frac{12n+12}{12n+12+2n+3+17} = \frac{12n+12}{14n+32} = \frac{6n+6}{7n+16}$$

$$1) \frac{6n}{7n+9} \leq 0,6327 \leq \frac{6n+6}{7n+16}$$

$$n = 3 \rightarrow 0,6; (0,6486)$$

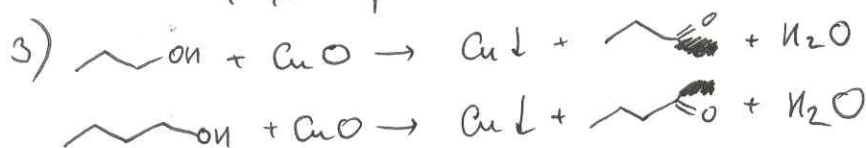
При других n получаются неподходящие интервалы.

$$2) 0,60x + 0,64(1-x) = 0,6327$$

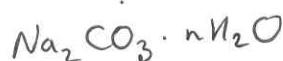
$$-0,04x = 0,6327 - 0,6400 = -0,0073$$

$$x = 0,1825$$

$$1-x = 0,8175$$



$$n = 5$$



$$502.$$

$$V = 1 \text{ л}$$

$$pH = 11,82$$

$$K_{\text{гидр.}}(\text{HCO}_3^-) = 4,8 \cdot 10^{-11}$$

$$M(Na_2CO_3 \cdot nH_2O) = \frac{106 + 18n}{\text{моль.}}$$

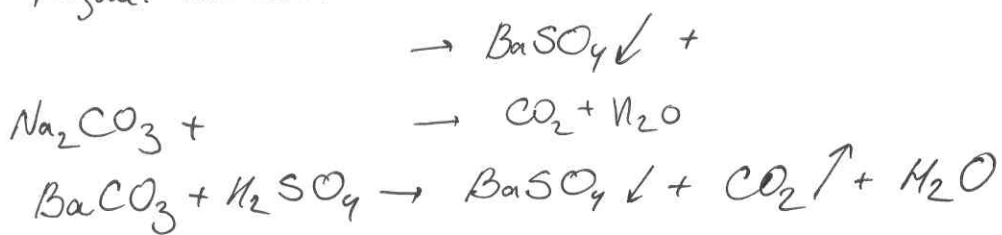
$$n(Na_2CO_3 \cdot nH_2O) = \frac{50}{106 + 18n} \text{ моль.}$$

$$C(Na_2CO_3 \cdot nH_2O) = \frac{50}{106 + 18n} \text{ моль/мл.}$$

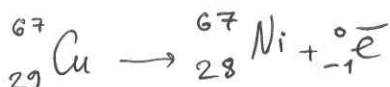
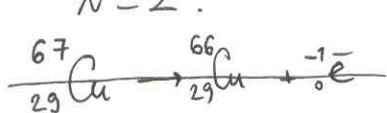
Черновик.

$$n = 1.$$

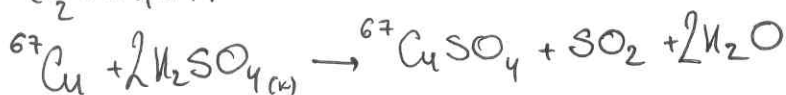
Р-цис. обмена.



$$n = 2.$$

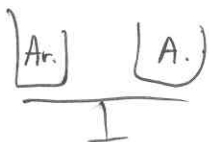


$$\tau_{1/2} = 61,84.$$



12.
В образующийся соед. период полураст.
такой же, как у $\begin{array}{c} 67 \\ \text{Cu} \end{array}$, т.к. массовое число
меди в р-ции не меняется.

$$n = 3$$



$$\begin{aligned} V_1 &= V_2 \\ p(\text{Ar}) &= 1 \text{ атм} = 101,325 \text{ кПа} \\ p(\text{A}) &= 144,7 \text{ кПа} \\ T_1 &= T_2 \\ m_1 &= m_2. \end{aligned}$$

$$1) pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT.$$

$$p(\text{Ar})V = \frac{m_1}{M(\text{Ar})} RT$$

$$p(\text{A})V = \frac{m_1}{M(\text{A})} RT$$

$$p(\text{Ar}) \cdot M(\text{Ar}) = \frac{m RT}{V}$$

$$p(\text{A}) \cdot M(\text{A}) = \frac{m RT}{V}$$

$$p(\text{Ar}) \cdot M(\text{Ar}) = p(\text{A}) \cdot M(\text{A})$$

$$M(\text{A}) = 28 \text{ г/моль.}$$

Ответ: $\text{A} = \text{CO}.$