

| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | |
|-----|----|------------------------------|--|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| I | 1 | H 1 1,00795 водород | Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева | | | | | | He 2 4,002602 гелий | | |
| II | 2 | Li 3 6,9412 литий | Be 4 9,01218 бериллий | B 5 10,812 бор | C 6 12,0108 углерод | N 7 14,0067 азот | O 8 15,9994 кислород | F 9 18,99840 фтор | Ne 10 20,179 неон | | |
| III | 3 | Na 11 22,98977 натрий | Mg 12 24,305 магний | Al 13 26,98154 алюминий | Si 14 28,086 кремний | P 15 30,97376 фосфор | S 16 32,06 сера | Cl 17 35,453 хлор | Ar 18 39,948 аргон | | |
| IV | 4 | K 19 39,0983 калий | Ca 20 40,08 кальций | Sc 21 44,9559 скандий | Ti 22 47,90 титан | V 23 50,9415 ванадий | Cr 24 51,996 хром | Mn 25 54,9380 марганец | Fe 26 55,847 железо | Co 27 58,9332 кобальт | Ni 28 58,70 никель |
| | 5 | Cu 29 63,546 медь | Zn 30 65,38 цинк | Ga 31 69,72 галлий | Ge 32 72,59 германий | As 33 74,9216 мышьяк | Se 34 78,96 селен | Br 35 79,904 бром | Kr 36 83,80 криптон | | |
| V | 6 | Rb 37 85,4678 рубидий | Sr 38 87,62 стронций | Y 39 88,9059 иттрий | Zr 40 91,22 цирконий | Nb 41 92,9064 ниобий | Mo 42 95,94 молибден | Tc 43 98,9062 технеций | Ru 44 101,07 рутений | Rh 45 102,9055 родий | Pd 46 106,4 палладий |
| | 7 | Ag 47 107,868 серебро | Cd 48 112,41 кадмий | In 49 114,82 индий | Sn 50 118,69 олово | Sb 51 121,75 сурьма | Te 52 127,60 теллур | I 53 126,9045 йод | Xe 54 131,30 ксенон | | |
| VI | 8 | Cs 55 132,9054 цезий | Ba 56 137,33 барий | La 57 138,9 лантан * | Hf 72 178,49 гафний | Ta 73 180,9479 тантал | W 74 183,85 вольфрам | Re 75 186,207 рений | Os 76 190,2 осмий | Ir 77 192,22 иридий | Pt 78 195,09 платина |
| | 9 | Au 79 196,9665 золото | Hg 80 200,59 ртуть | Tl 81 204,37 таллий | Pb 82 207,2 свинец | Bi 83 208,9 висмут | Po 84 [209] полоний | At 85 [210] астат | Rn 86 [222] радон | | |
| VII | 10 | Fr 87 [223] франций | Ra 88 [226] радий | Ac 89 [227] актиний ** | Rf 104 [261] резерфордий | Db 105 [262] дубний | Sg 106 [266] сигборгий | Bh 107 [269] борий | Hs 108 [269] хассий | Mt 109 [268] мейтнерий | Ds 110 [271] дармштадтий |
| | 11 | Rg 111 [272] рентгений | Cn 112 [285] коперниций | 113 [289] флеровий | Fl 114 [289] флеровий | 115 [289] флеровий | Lv 116 [293] ливерморий | 117 [293] ливерморий | 118 [293] ливерморий | | |

* лантаноиды

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Ce 58 140,1 церий | Pr 59 140,9 празеодим | Nd 60 144,2 неодим | Pm 61 [145] прометий | Sm 62 150,4 самарий | Eu 63 151,9 европий | Gd 64 157,3 гадолиний | Tb 65 158,9 тербий | Dy 66 162,5 диспрозий | Ho 67 164,9 гольмий | Er 68 167,3 эрбий | Tm 69 168,9 тулий | Yb 70 173,0 иттербий | Lu 71 174,9 лютеций |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|

** актиноиды

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Th 90 232,0 торий | Pa 91 231,0 протактиний | U 92 238,0 уран | Np 93 [237] нептуний | Pu 94 [244] плутоний | Am 95 [243] америций | Cm 96 [247] курий | Bk 97 [247] берклий | Cf 98 [251] калфорний | Es 99 [252] эйнштейний | Fm 100 [257] фермий | Md 101 [258] менделевий | No 102 [259] нобеллий | Lr 103 [262] лоуренсий |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|

Ряд активности металлов / электрический ряд напряжений

Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H) Sb Bi Cu Hg Ag Pd Pt Au

активность металлов уменьшается →

Растворимость кислот, солей и оснований в воде

| Ионы | H ⁺ | NH ₄ ⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Ag ⁺ | Ba ²⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Mn ²⁺ | Zn ²⁺ | Ni ²⁺ | Sn ²⁺ | Pb ²⁺ | Cu ²⁺ | Hg ²⁺ | Hg ₂ ²⁺ | Fe ²⁺ | Fe ³⁺ | Al ³⁺ | Cr ³⁺ |
|----------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| OH ⁻ | | P | P | P | — | P | M | M | H | H | H | H | H | H | — | — | H | H | H | H |
| NO ₃ ⁻ | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | — | P | P | P | P |
| F ⁻ | P | P | P | P | P | M | H | M | P | H | P | P | M | P | — | M | M | H | M | M |
| Cl ⁻ | P | P | P | P | H | P | P | P | P | P | P | P | M | P | P | H | P | P | P | P |
| Br ⁻ | P | P | P | P | H | P | P | P | P | P | P | P | M | P | M | H | P | P | P | P |
| I ⁻ | P | P | P | P | H | P | P | P | P | P | P | P | H | — | H | H | P | — | P | P |
| S ²⁻ | P | P | P | P | H | — | — | — | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | — | — |
| SO ₃ ²⁻ | P | P | P | P | M | M | M | M | H | M | H | — | H | — | — | — | M | — | — | — |
| SO ₄ ²⁻ | P | P | P | P | M | H | M | P | P | P | P | P | H | P | P | M | P | P | P | P |
| CO ₃ ²⁻ | P | P | P | P | H | H | H | H | H | H | — | — | H | — | — | H | H | — | — | — |
| SiO ₃ ²⁻ | H | — | P | P | H | H | H | H | H | H | H | — | H | — | — | — | H | — | — | — |
| PO ₄ ³⁻ | P | P | P | P | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| CH ₃ COO ⁻ | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | P | M | P | P | P | P |

P — растворимое (больше 10 г на 1000 г воды)

M — малорастворимое (от 10 г до 0,01 г на 1000 г воды)

H — нерастворимое (меньше 0,01 г на 1000 г воды)

— — вещество разлагается водой или не существует



9270

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ

2018–2019

Заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ХИМИЯ (10 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада

Санкт-Петербург

Дата

23.03.2019

ВАРИАНТ 10

Задача 1. «Старый реактив»

(20 баллов)

Студент Никита нашел на полке 2 склянки с неизвестными растворами без крышки. Он спросил у лаборанта, что это за реактивы, а тот ответил, что в точности не помнит, помнит только, что в обеих банках находятся растворы одной и той же соли щелочного металла с массовой долей катиона 42.1% и одна из банок стоит здесь довольно давно, а другая недавно. В распоряжении Никиты оказались только раствор щелочи (NaOH), а также известковая вода и соляная кислота. При добавлении к неизвестным растворам щелочи видимых изменений не произошло. При добавлении кислоты к давно стоящему раствору выделился газ без цвета и запаха, а при добавлении к свежему раствору – газ не выделился. Никита очень удивился и провел еще один эксперимент. Он отобрал по 100 мл каждого из растворов и упарил их. Масса твердого остатка в первом случае оказалась 4.96 г, а во втором 3.28 г. Твердые остатки Никита снова растворил и обработал растворы известковой водой. В результате в первом случае выпало 5,10 г осадка, а во втором 3.10 г. Остатки после упаривания растворов Никита прокалил, в результате масса одного уменьшилась на 0.18 г, а второго не изменилась. Выпавшие после обработки известковой водой осадки Никита так же прокалил, в результате масса одного уменьшилась на 0.88 г, а второго не изменилась. Предложите возможный состав соли. Определите молярные концентрации и массовые доли веществ в исходных растворах (плотность растворов примите равной 1 г/мл).

Задача 2. «Химические источники тока»

(20 баллов)

На данный момент в различных электронных устройствах в качестве элементов питания используются химические источники тока (батареи и аккумуляторы), в которых энергия химических реакций превращается в электрическую энергию. Принцип работы таких источников тока основан на ОВР, протекающих внутри батареи (аккумулятора), при этом электроны от восстановителя к окислителю переносятся через внешнюю электрическую цепь.

Юный инженер Боря создал электронное устройство, которое гладит кота в отсутствие Бори. Для создания химического источника тока Боря использовал те реактивы, которые сумел найти.

В ход было пущено белое кристаллическое вещество, подписанное как АБ, при этом на этикетке дополнительно было указано «ω(А) = 52,35 %; ω(Б) = 47,65 %».

Боря провел электролиз 82,41 г 20 %-го водного раствора вещества АБ (с плотностью 1,13 г/см³) в разделенной электролитической ячейке. Боря отметил, что на аноде и катоде наблюдалось выделение газов, а для анализа полученного раствора Боря обратился к другу химику. Тот смог сказать лишь, что полученный раствор является раствором сильного основания, с массовой долей вещества в растворе 16,67 %.

Газ, образовавшийся в ходе анодного процесса, Боря пропустил через полученный раствор, доведенный до кипения. После охлаждения раствора Боря собрал образовавшийся белый кристаллический осадок и в дальнейшем использовал его в работе батареи.

Для получения второго компонента батареи Боря использовал завалявшиеся в кладовке гвозди, причем он заметил, что они хорошо притягиваются лежащим по соседству магнитом. Эти гвозди Боря поместил в раствор хлорного железа, которое позаимствовал у отца-радиолюбителя. Полученный раствор был отфильтрован от нерастворимых примесей и использован в работе батареи.

Определите состав вещества АБ. Ответ подтвердите расчетами.

Запишите уравнения всех описанных реакций.

Запишите молекулярное уравнение реакции, лежащей в основе работы батареи. Запишите ионно-электронные уравнения процессов окисления и восстановления, лежащих в основе реакции, протекающей в батарее.

На какое время работы устройства хватит полученного из АБ вещества, если известно, что средняя сила тока в нем составляет 0,25 А? (заряд электрона $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

Считайте, что выходы всех представленных реакций равны 100%.

Задача 4. «Минерал»

(20 баллов)

При прокаливании бесцветного природного минерала его масса уменьшается на 21,73%, а выделяющийся продукт полностью поглощается концентрированной серной кислотой. Проба минерала окрашивает пламя в фиолетовый цвет. Обработка минерала концентрированной серной кислотой приводит к выделению газа, хорошо растворимого в воде и не вызывающего помутнения известковой воды. Минерал полностью растворяется в воде, образуя бесцветный раствор. При действии на раствор минерала избытком растворов хлорида бария и нитрата серебра выпадают нерастворимые в кислотах белые осадки, массы которых соотносятся как 1,6 : 1, а при действии раствора щелочи выпадает белый осадок, растворимый в кислотах, но не в избытке щелочи. При прокаливании этого осадка его масса уменьшается на 31,03%. Определите состав минерала, приведите уравнения всех указанных в условии задачи реакций. Как называется этот минерал?

Задача 3.

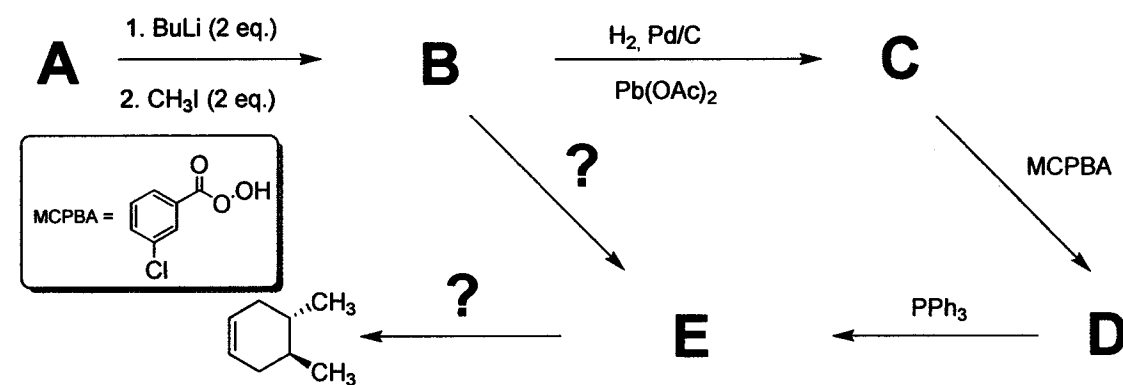
(20 баллов)

Для качественного анализа содержащей некоторое количество крезоло смеси сложных эфиров X и Y, образованных одним спиртом и двумя разными одноосновными карбоновыми кислотами, провели следующие эксперименты. Порцию такой смеси массой 36 г обработали 16% раствором гидроксида натрия, на количественное взаимодействие пошло 100 г раствора щелочи. Такую же порцию исходной смеси разделили на две равные части, первую обработали избытком бромной воды и получили 34,5 г осадка, а вторую обработали избытком реактива Толленса, выпавший осадок отфильтровали и высушили, его масса составила 20,35 г. Обработка этого осадка избытком соляной кислоты уменьшает его массу на 11,67%. Установите структуры эфиров X и Y и напишите уравнения описанных реакций.

Задача 5.

(20 баллов)

Расшифруйте цепочку превращений, если известно, что 5,4 г. соединения В способно прореагировать с 7,3 г хлороводорода с образованием дихлорида. Предложите механизм образования E из D.



N4.

Решения:

1) Скорый раствор может быть сырым, т.к. выделяется в себе CO_2 из воздуха. Если сам процесс с CO_2 , значит по процессу относительно слабой массы. Например, процесс. Тогда упрощенный метод - Na (по $w = 42,1\%$), (т.к. Li-мало, K-много бешено).

2) $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{HPO}_4$ - реакция, процесс в сырым растворе.

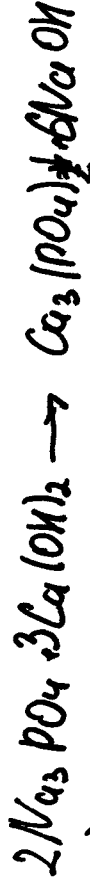
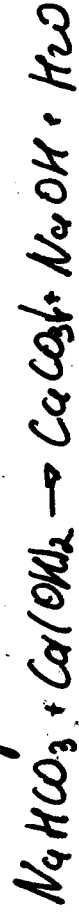
3) В новом растворе:

При упрощенном методе $\text{Na}_3\text{PO}_4 = 3,282$, при упрощенном с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (улучшен. бой), масса осадка $(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 3,12$. Значит, в 100 мл. нового раствора с 0,02 моль Na_3PO_4 .

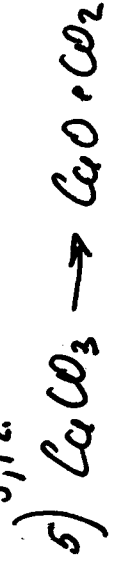
4) В сырым растворе:

1) При упрощенном m $(\text{NaHCO}_3, \text{Na}_2\text{HPO}_4, \text{Na}_3\text{PO}_4) = 4,962$.

Решение:



2) После упрощенного m осадка $(\text{CaCO}_3, \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2, \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 5,12$.



$$m(\text{CO}_2) = 0,882$$

$$n(\text{CO}_2) = \frac{0,882}{44} = 0,02 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,02 \text{ моль}, n(\text{NaHCO}_3) = 0,02 \text{ моль} \Rightarrow$$

$$n(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0,02 \text{ моль}, \text{ т.к. он полностью реагирует.}$$

Ответ: Na_3PO_4 - соль.



2

17

№5.

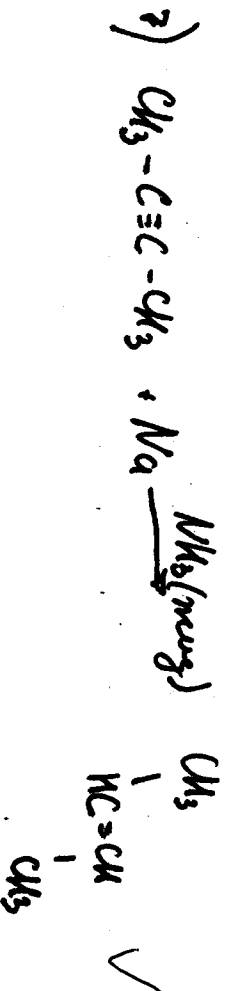
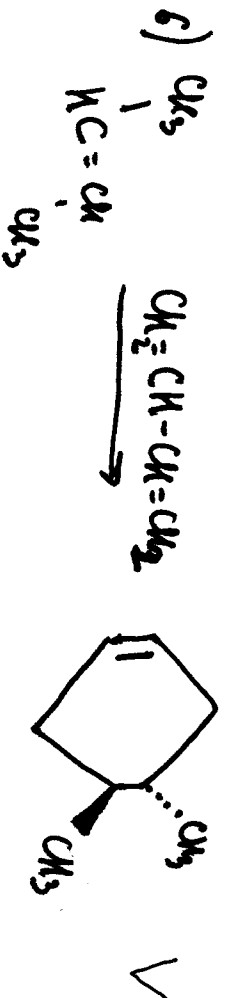
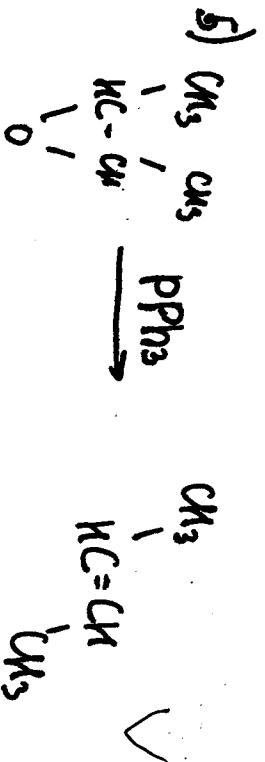
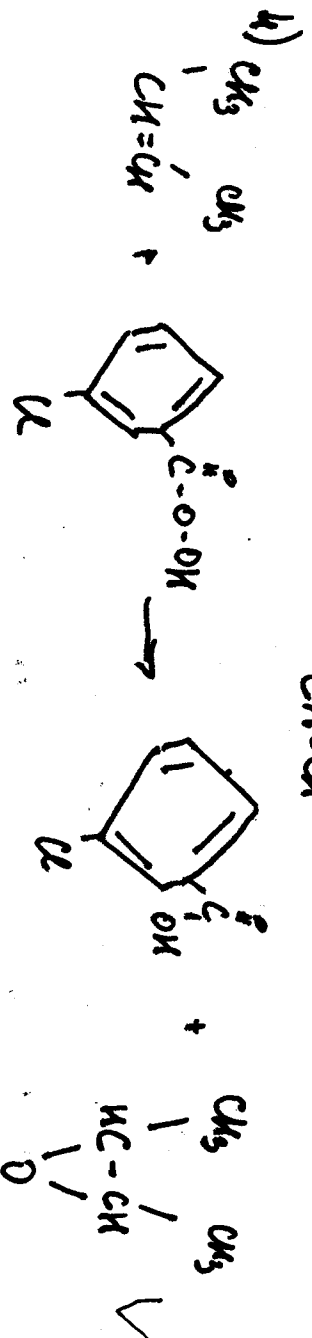
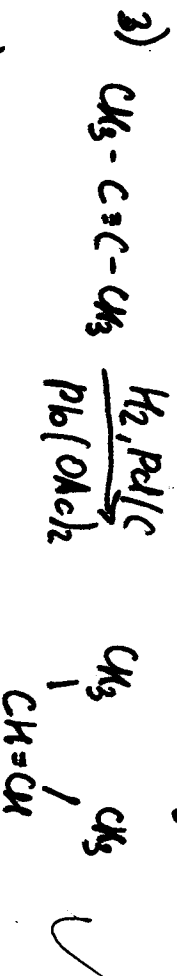
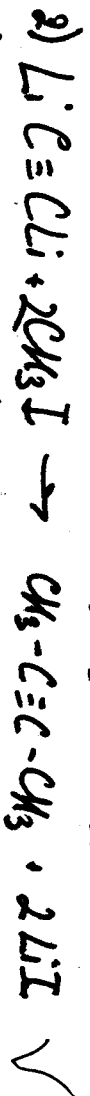
Решение:

$$1) n(\text{HCl}) = \frac{7,32}{36,5 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль} \quad \checkmark$$

$$2) n(\text{пропионовое } \delta\text{-ла}) = \frac{2}{0,2 \cdot 8} = 0,1 \text{ моль} \quad \checkmark$$

$$M(\text{пропионовое } \delta\text{-ла}) = 5,42 : 0,1 \text{ моль} = 54,2 \text{ г/моль} \quad \checkmark$$

$$M = 54,2 \text{ г/моль} \Rightarrow \text{HCl} \equiv \text{CH} (\text{пропионовое}) \quad \checkmark$$



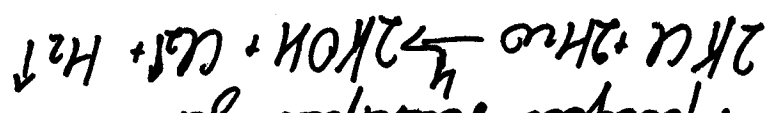
mixo synth

Турция.
№2.

1) Уравно и уравнено и уравнено -
но уравнено уравно. Уравно - K, уравно no

уравнено (52,35 : 47,65), H = 40,2 уравно.
Уравно уравно - KCl.

2) Уравно уравно:

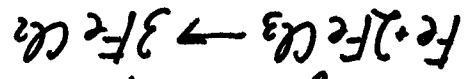


3) Уравно уравно уравно. Уравно уравно

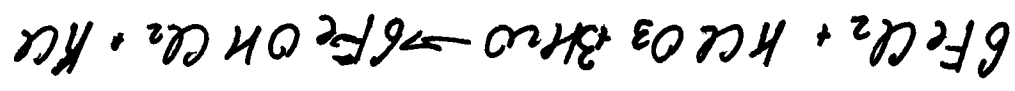
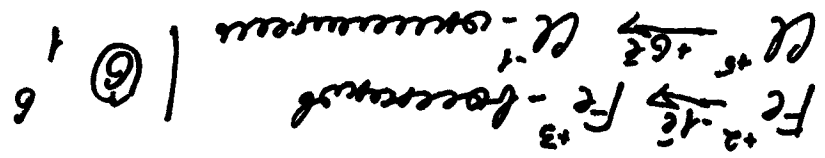
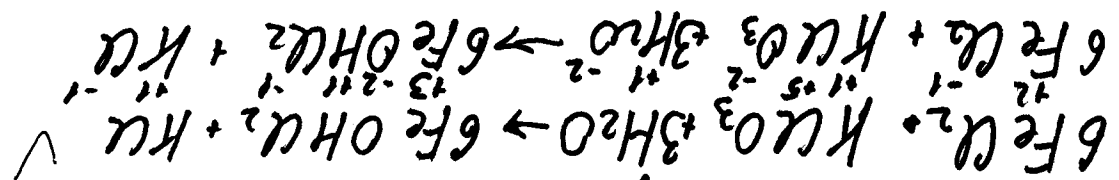
(KOH):



4) Уравно уравно уравно уравно:



5) Уравно уравно уравно уравно:



6) $m(KCl) = 82,44 \cdot 0,2 = 16,482$

7) $m(Cl_2) = 35,5 \cdot 2 \cdot 0,2 = 14,2$

8) $n(Cl_2) = 2,752$

$2,752 \text{ уравно} = 0,11 \text{ уравно}$

9) $n(H^+) = 0,11 \text{ уравно} \cdot 2 = 0,22 \text{ уравно}$

10) $m(H_2) = 0,11 \text{ уравно} \cdot 2 \cdot 2 \text{ уравно} = 0,44$

11) $m(HOH) = 0,22 \text{ уравно} \cdot 56 \text{ уравно} = 12,32$

12) $w(KClO_3) = \frac{12,32}{74,44} = 0,1655 = 16,55\%$

$$14) n(HClO_3) = \frac{3}{0.11} \cdot k = 0.037 \text{ moles}$$

$$15) N = 0.037 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 22,274 \cdot 10^{21}$$

$$16) q = 22,274 \cdot 10^{21} \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = 35,638 \cdot 10^{-2} = 3563,84.$$

$$17) E = 3563,84 \cdot 0.25 = 1425,36 = \approx 14255 \text{ eV}$$

$$\text{Answer: } E = 14.255 \text{ eV} \quad E = 14.255 \text{ eV}$$

18

Подсказка.

N4.

1) Масса уменьшилась за счет испарения CO_2 или H_2O . Но CO_2 не взаимодействует с H_2SO_4 , а также взаимодействует с HCl . Значит, это H_2O .

2) Соотношение M (BaCl_2 ; AgNO_3) = $1,6 : 1 = 1,6 : 1 \Rightarrow$
соотношение $\text{Cl}^- : \text{SO}_4^{2-} = 1,6 : 1$. ✓

3) Металлы - протоплатиновые Hg , т.к. они не участвуют в реакциях, следовательно растворимы. Также они не взаимодействуют.

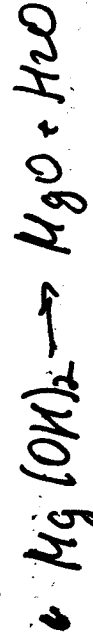
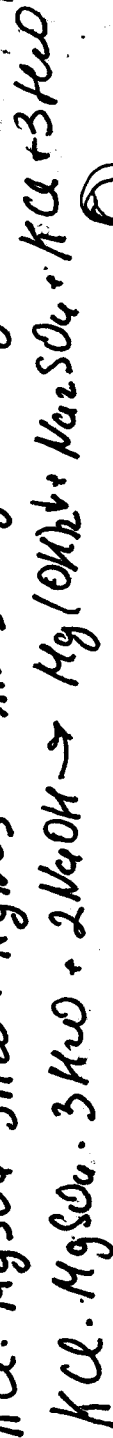
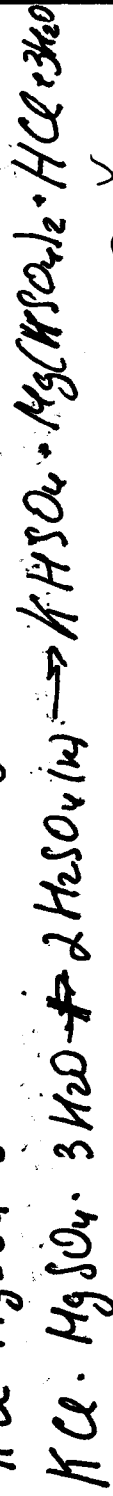
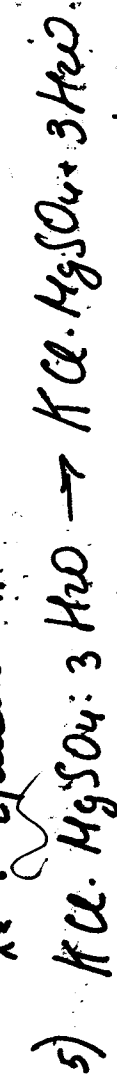
4) ? Cl . HgSO_4 . $n \text{ H}_2\text{O}$ ✓

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 18n : (x + 35,5 + 24 + 32 + 64 + 18n) = 0,2173$$

$$18n : (x + 155,5 + 18n) = 0,2173$$

$$n = 3 \text{ моля}$$

$$x = 40,2 / \text{моль} - \text{K}.$$



Ответ: $\text{KCl} \cdot \text{HgSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ - ~~единственный~~ кандидат

N3.

Решение:

$$1) n(\text{NaOH}) = \frac{162}{40} / \text{моль} = 0,4 \text{ моля}$$

$$2) n(\text{C}_6\text{H}_5\text{BrO}) = 0,1 \text{ моля в } 184 \Rightarrow 0,2 \text{ моля в } 362$$

3) x - моля первого реагента

$$3) m(C_2H_3O) = 92,4006 \text{ mol/mole} = 21,62 \text{ m (equivalents)} = 362 - 21,62 = 14,42$$

α kg cm^{-1} .

well

$$\begin{aligned} x &= 0.2 - y \\ 108(0.2 - y) + 0.5 \times 14 + 54x &= 20.55 \\ 0.5 \times 14 - 42y + 75x &= 2.325 \end{aligned}$$

一

2

12/2/2001

492/1000000.

1

1

