

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I	1	<b>Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева</b>						
II	2	3	4	5	6	7	8	9
III	3	11	12	13	14	15	16	17
IV	4	19	20	21	22	23	24	25
V	6	37	38	39	40	41	42	43
VI	8	55	56	57	72	73	74	75
VII	10	87	88	89	104	105	106	107
VIII	2	10	18	36	54	86	118	136

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

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

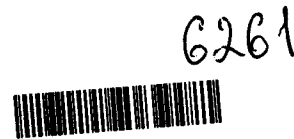
**Ряд активности металлов / электрический ряд напряжений**  
 Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H) Sb Bi Cu Hg Ag Pd Pt Au

активность металлов уменьшается →

**Растворимость кислот, солей и оснований в воде**

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



2

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА  
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ  
2018–2019**

Заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ХИМИЯ (9 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада

Череповец

Дата 16.03.2019

\*\*\*\*\*

**ВАРИАНТ 1**

**Задача 1. Непривычные молекулы.**

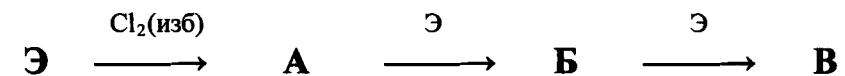
(20 баллов)

Элемент X образует с кислородом несколько бинарных соединений, наиболее известными являются А (массовая доля элемента X,  $\omega_X = 50,0\%$ ) и В ( $\omega_X = 40,0\%$ ). Однако, существуют и другие бинарные соединения элемента X с кислородом, например, С ( $\omega_X = 33,3\%$ ) и D ( $\omega_X = 94,12\%$ ). Установите состав веществ А, В, С и D, нарисуйте их структурные формулы. Опишите химические свойства этих бинарных соединений. Какие еще бинарные соединения элемента X с кислородом Вам известны?

**Задача 2. Реакции элемента Э.**

(20 баллов)

Реакции некоторого простого вещества Э показаны на схеме. Предложите два простых вещества, удовлетворяющих указанной схеме, а также напишите формулы соответствующих им соединений А, Б, В. Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения. Что произойдет, если А растворить а) в воде; б) в водном растворе щелочи; в) в кислоте? Напишите уравнения возможных реакций.



**Задача 3. «Нано»**

(20 баллов)

Как известно, нанотехнологии являются одним из наиболее быстро развивающихся направлений науки и техники. При этом все большее внимание уделяется синтезу и исследованию сферических биметаллических “core-shell” наночастиц, т.е., наночастиц, у которых внутреннее ядро состоит из атомов одного, а внешняя оболочка – из атомов другого металла.

А) Что такое наночастица?

Б) Оцените размер сферической наночастицы, ядро которой состоит из 80 атомов золота, а оболочка – из 100 атомов серебра. Плотность серебра примите равной 10500 кг/м<sup>3</sup>, а плотность золота – 19320 кг/м<sup>3</sup>.

В) Предложите способ синтеза суспензии, содержащей такие наночастицы, с использованием в качестве исходных веществ тетрахлоаурата натрия, ляписа, формиата натрия, воды.

Для справки: объем шара связан с радиусом согласно соотношению:  $V = 4/3\pi r^3$

#### 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 5. «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 4.

Следует в условии, что при действии щелочи выпадает белый осадок, н.р. в избытке.

Этот осадок – гидроксид Me, при его прокаливании:



$$\Delta m (\text{после прокал.}) = m(H_2O) \quad ; \quad y = Mr(Me)$$

$$\text{если принять } m(H_2O) = 12 \Rightarrow m(H_2O) = 0,3103$$

$$m(Me_2O_x) = 0,6897$$

$$D(Me(OH)_x) = \frac{1}{2(17x+y)} \neq$$

$$D(Me_2O_x) = \frac{0,6897}{2y+16x}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2(17x+y)} &= \frac{0,6897}{2y+16x} \\ 2y+16x &= 23,4498x + 1,3794y \\ 0,6206y &= 7,4498x \\ y &= 12x \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

x	1	2	3
y	12	24	36
	-	Mg	-

Этот металл Mg; в условии задачи говорится, т.к. он н.р. в избытке щелочи.

Также следует, что проба этого минерала окрашивает пламя в фиолетовый цвет, это говорит о присутствии  $K^+$ .

При действии на р-р минерала  $BaCl_2$  и  $AgNO_3$  – выпадут осадки н.р. в кислотах  $BaSO_4 \downarrow$  и  $AgCl \downarrow$ .

$$m(BaSO_4) : m(AgCl) = 1,6 : 1 \quad \checkmark$$

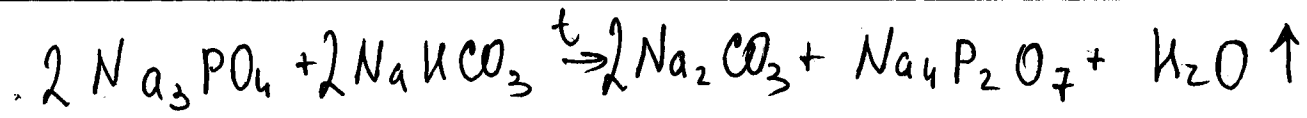
исходимые отношения моль-ва в-ва этих осадков

$$D(BaSO_4) = \frac{1,62}{233,4 \text{ моль}} = 6,9 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$D(AgCl) = \frac{1,2}{143,5 \text{ моль}} = 6,97 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$\left. \begin{aligned} D(BaSO_4) : D(AgCl) &= \checkmark \\ 1 : 1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

значит можно сказать, что в минерале содержится  $KCl$  и  $MgSO_4$   $\checkmark$



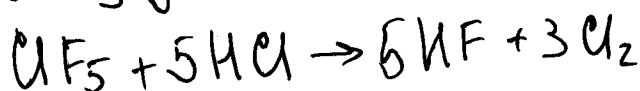
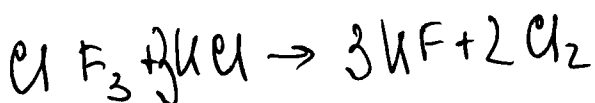
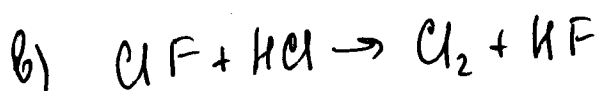
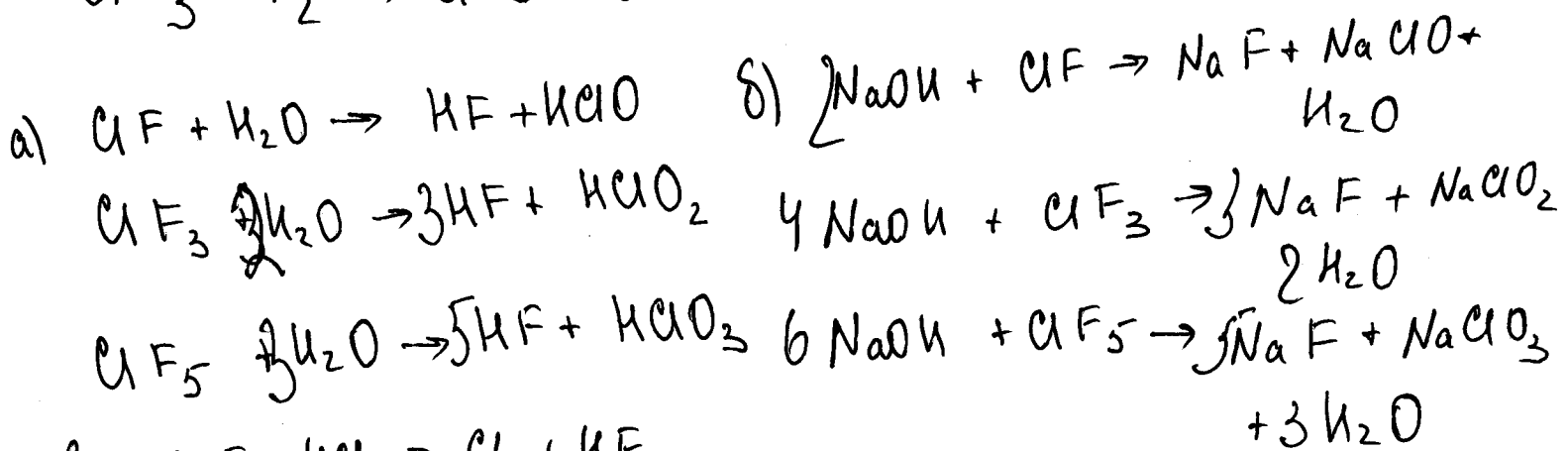
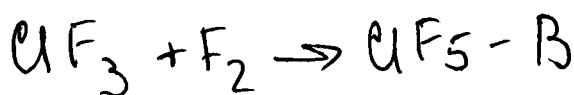
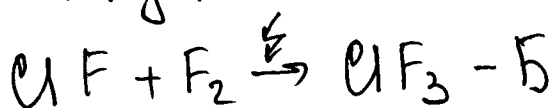
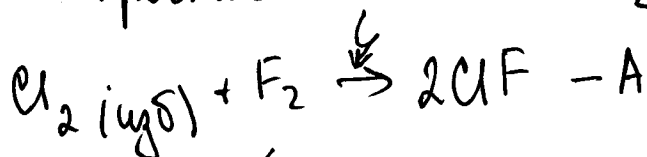
$$\Delta m = 1.8 \text{ г/моль} \cdot 0.012 = \underline{0.018 \text{ г}}, \text{ все выгорело}$$

$\text{NaHCO}_3$ .  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  - соль, в энтерном р-ре

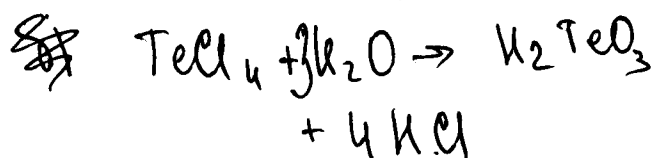
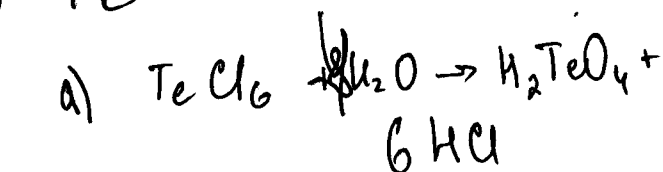
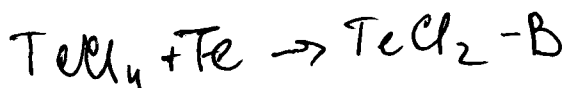
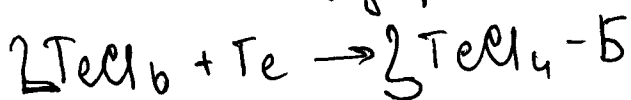
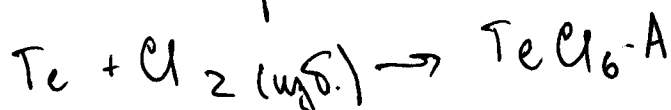
микрообъем

Задача 2.

Этим элементом может быть F,  
простое в-во Э -  $\text{F}_2$



или этим элементом может Te  
простое в-во Э - Te



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

$$\Rightarrow (\text{CO}_2) = \frac{0,882}{44 \text{ г/моль}} \approx 0,02 \text{ моль}$$

$$m(\text{CaCO}_3) \approx 0,02 \text{ моль} \cdot 100 \text{ г/моль} \approx 2 \text{ г}$$

$\Rightarrow$

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \approx 5,12 - 2 \approx 3,12$$

$$\Rightarrow (\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \approx 0,01 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{Na}_3\text{PO}_4) \approx 0,02 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_3\text{PO}_4) \approx 0,02 \text{ моль} \cdot 164 \text{ г/моль} \approx 3,28 \text{ г}$$

$$m(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \approx (4,96 - 3,28) \approx 1,68 \text{ г}$$

$$M_r(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \approx \frac{1,682}{0,02 \text{ моль}} \approx 84 \text{ г/моль} \Rightarrow$$

содержит

соль -  $\text{NaHCO}_3$

в растворе P-ре  
логичнее всего -  $\text{Na}_3\text{PO}_4$   
в газовой фазе  
натрий карбонат  
100 мм - 4,96 г

$$b \text{ моль P-ре} \quad C_0(\text{Na}_3\text{PO}_4) \approx \frac{0,02 \text{ моль}}{0,14} = 0,2 \text{ моль/л}$$

$$C(\text{NaHCO}_3) \approx 0,2 \text{ моль/л}$$

$$\Rightarrow (\text{Na}_3\text{PO}_4) \approx \frac{3,282}{100 \text{ г}} \cdot 100\% \approx 3,28\%$$

$$\Rightarrow (\text{NaHCO}_3) \approx \frac{1,682}{100 \text{ г}} \cdot 100\% \approx 1,68\%$$

в растворе P-ре

$$C(\text{Na}_3\text{PO}_4) \approx \frac{0,02 \text{ моль}}{0,14} \approx 0,2 \text{ моль/л}$$

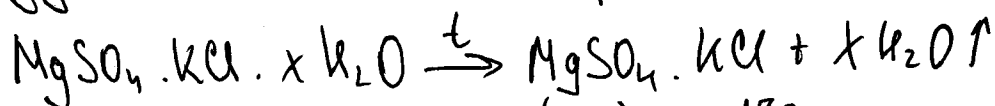
$$\Rightarrow (\text{Na}_3\text{PO}_4) \approx \frac{3,282}{100 \text{ г}} \cdot 100\% \approx 3,28\%$$

содержит в %

PS

Но также известно, что масса минерала при прокаливании уменьшается, и выд.

продуктом выходящая серой и той: этот продукт  $H_2O$ .



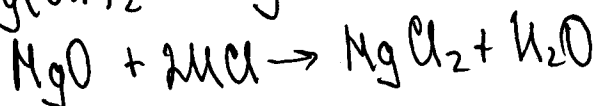
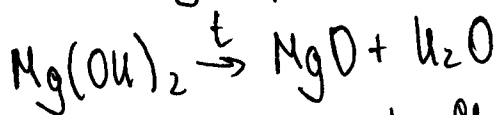
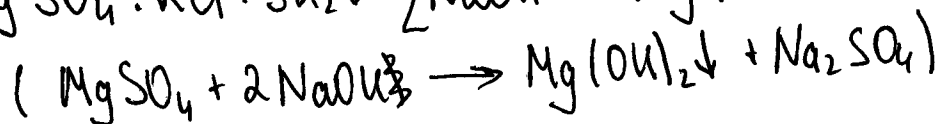
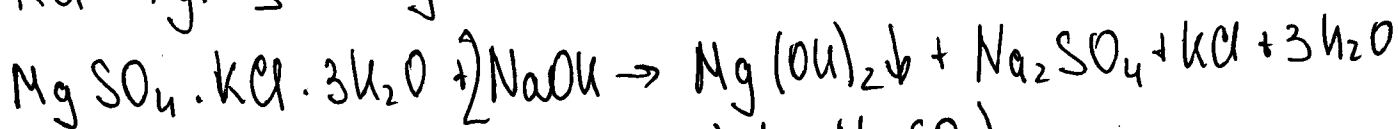
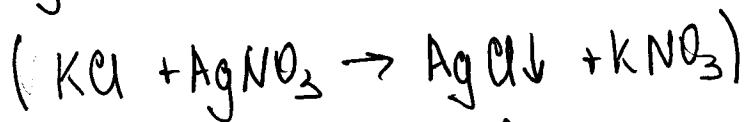
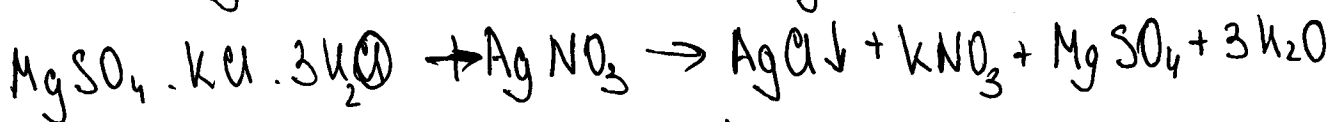
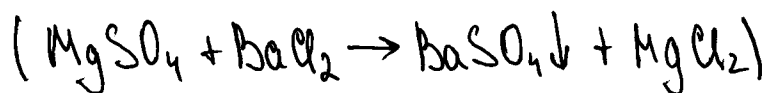
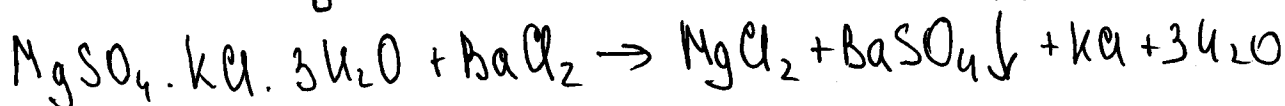
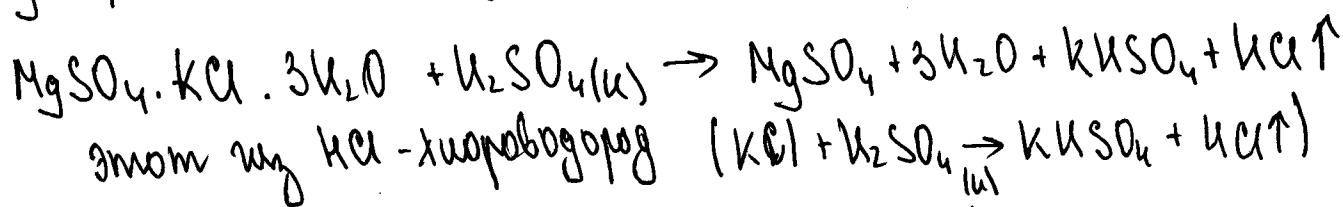
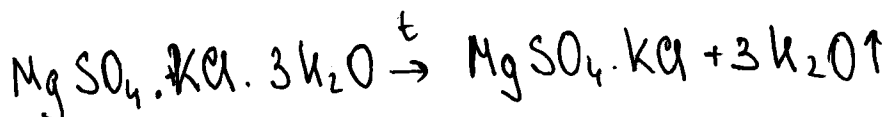
пусть  $m(\text{мин.}) = 12 \Rightarrow m(H_2O) = 0,2173$

$$\frac{1}{(24+96+39+35,5)^{\frac{1}{x}} + 18x} = \frac{0,2173}{18x}$$

$$18x = 3,9114x + 42,1562$$

$$14,0886x = 42,1562$$

$x = 3 \Rightarrow$  ф-лу минерала  $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$  - извести  
§ Силикат



20



Задача 3.

$$b) N_{(ат-б)} \approx N_A \cdot \bar{D} \Rightarrow \bar{D}(Au) = \frac{N}{N_A} = \frac{60}{6,022 \cdot 10^{23}} \approx 1,328 \cdot 10^{-22} \text{ моль}$$

$$m(Au) \approx 1,328 \cdot 10^{-22} \cdot 197 \text{ г/моль} = 2,617 \cdot 10^{-20} \text{ г} = 2,617 \cdot 10^{-23} \text{ кг}$$

$$V(Au) \approx \frac{2,617 \cdot 10^{-23} \text{ кг}}{19320 \text{ кг/м}^3} \approx 1,355 \cdot 10^{-27} \text{ м}^3$$

$$\bar{D}(Ag) \approx \frac{100}{6,022 \cdot 10^{23}} \approx 1,66 \cdot 10^{-22} \text{ моль}$$

$$m(Ag) \approx 1,66 \cdot 10^{-22} \text{ моль} \cdot 108 \text{ г/моль} = 1,793 \cdot 10^{-20} \text{ г} \approx 1,793 \cdot 10^{-23} \text{ кг}$$

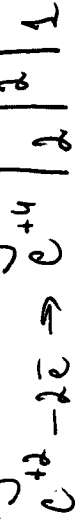
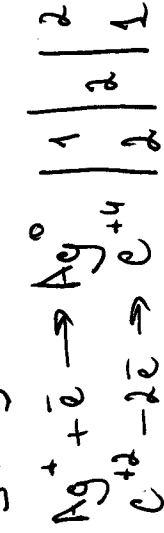
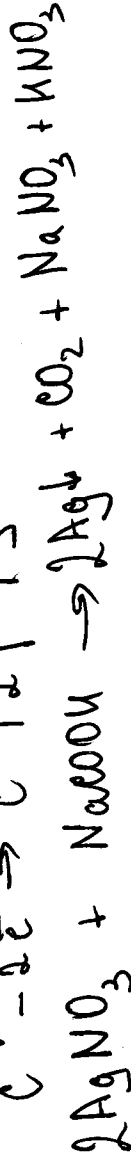
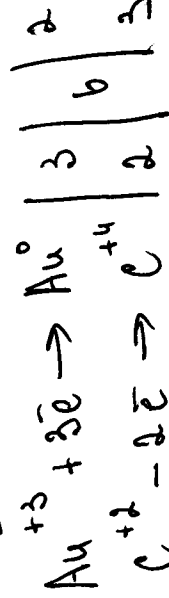
$$V(Ag) \approx \frac{1,793 \cdot 10^{-23} \text{ кг}}{10500 \text{ кг/м}^3} \approx 1,708 \cdot 10^{-27} \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ос.}} = 3,06302 \cdot 10^{-27} \text{ м}^3$$

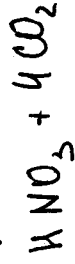
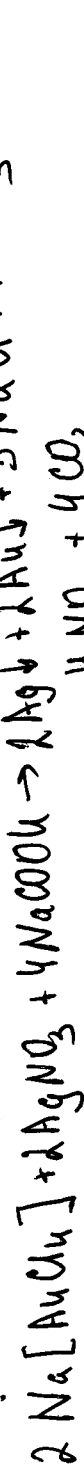
$$3,06302 \cdot 10^{-27} \approx \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$r^3 \approx 7,3124 \cdot 10^{-28}$$

$$r \approx 9 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 0,9 \text{ нм} - \text{примерно этой величины}$$



⇓  
сбалансированное уравнение



справка ч. 8

Задача 5.

При реакции этой соли с известковой водой выпадает осадок.

Предположим, что это катион  $\text{Na}^+$

если соль одноосновной к-ты  $\Rightarrow M_r = 54,63 \text{ г/моль}$

$$M_r(\text{к.о}) \approx 31,6 \text{ г/моль}$$

двухосновной к-ты  $\Rightarrow M_r \approx 109,26 \text{ г/моль}$

$$M_r(\text{к.о}) = 63,26 \text{ г/моль}$$

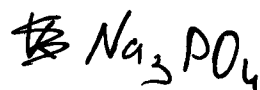
трехосновной к-ты

$$M_r(\text{соль}) \approx \frac{23 \cdot 3}{0,421} \approx 164 \text{ г/моль}$$

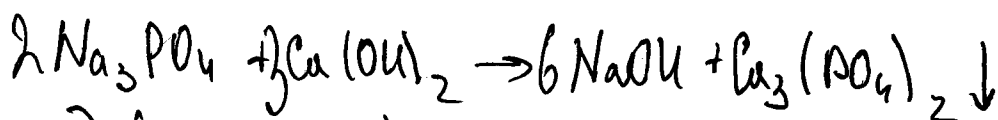
сбалансированная соль -  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

$$M_r(\text{к.о}) \approx 95 \text{ г/моль} \Rightarrow$$

Далее надо проверить в каком варианте находится р-р светлой соли



$$\nu(\text{Na}_3\text{PO}_4) \approx \frac{3,282}{164 \text{ г/моль}} \approx 0,02 \text{ моль}$$



$$\nu(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \approx 0,01 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) \approx 0,01 \text{ моль} \cdot 310 \text{ г/моль} \approx 3,1 \text{ г} \Rightarrow$$

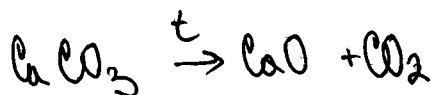
во втором случае

Значит в первом случае р-р, который приготовили давно

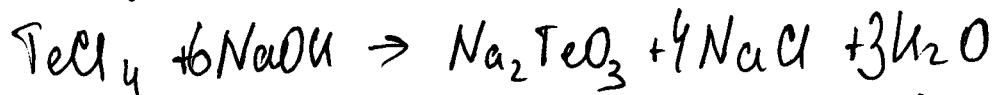
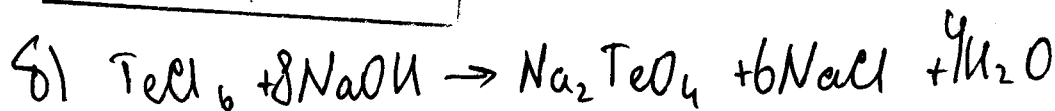
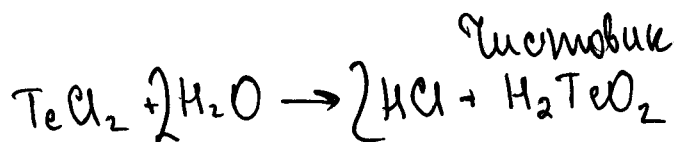
Следует, что р-рн стояли с открытой крышкой, они могли поглотить углекислый газ, поэтому при добавлении  $\text{HCl}$  (и образовать соль)

выделяется газ.

Осадок с известковой водой, который терли массу при нагревании -  $\text{CaCO}_3$







↑ анион этих элементов может быть азот  
прямое в бо э -  $\text{N}_2$

