



6609²

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА УЧАСТНИКА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ

2018–2019

Заключительный этап

Предмет (комплекс предметов) Олимпиады

ХИМИЯ (9 КЛАСС)

Город, в котором проводится Олимпиада ЧЕЛЯБИНСК

Дата 03.03.2019

ВАРИАНТ 1

Задача 1. Непривычные молекулы.

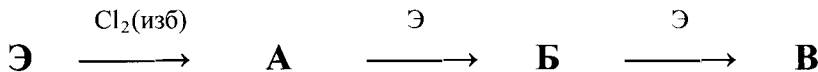
(20 баллов)

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^3 , а плотность золота – 19320 кг/м^3 .

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

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

		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		114		115		116		117
					флеровий		ливорморий					

× 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 ²⁺	Hg ₂ ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
OH ⁻		Р	Р	Р	—	Р	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	—	Н	Н	Н	Н
NO ₃ ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	—	Р	Р	Р	Р
F ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Р	Н	Р	Р	М	Р	—	М	М	Н	М	М
Cl ⁻	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р
Br ⁻	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	М	Н	Р	Р	Р	Р
I ⁻	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	—	Н	Н	Р	—	Р	Р
S ²⁻	Р	Р	Р	Р	Н	—	—	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	—
SO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	М	М	М	М	Н	М	Н	—	Н	—	—	—	М	—	—	—
SO ₄ ²⁻	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р
CO ₃ ²⁻	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	—	Н	—	—	Н	Н	—	—	—
SiO ₃ ²⁻	Н	—	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	Н	—	—	—	Н	—	—	—
PO ₄ ³⁻	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CH ₃ COO ⁻	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р

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

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

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

— — вещество разлагается водой или не существует

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 1

Составили таблицу и найдите элемент X

	X ₂ O	XO	X ₂ O ₃	XO ₂	X ₂ O ₅	XO ₃
m(X)	8	16	24	32	40	48
w(X)	—	—	—	5	—	—

16 г/моль - 50% значит, элемент X - S (сера)

X₂/моль - 50% соединение A - SO₂ (сернистый газ)

другой известный оксид серы - это SO₃

проверим: $w(S) = \frac{m(S)}{m(SO_3)} = 40\%$. значит соеди-

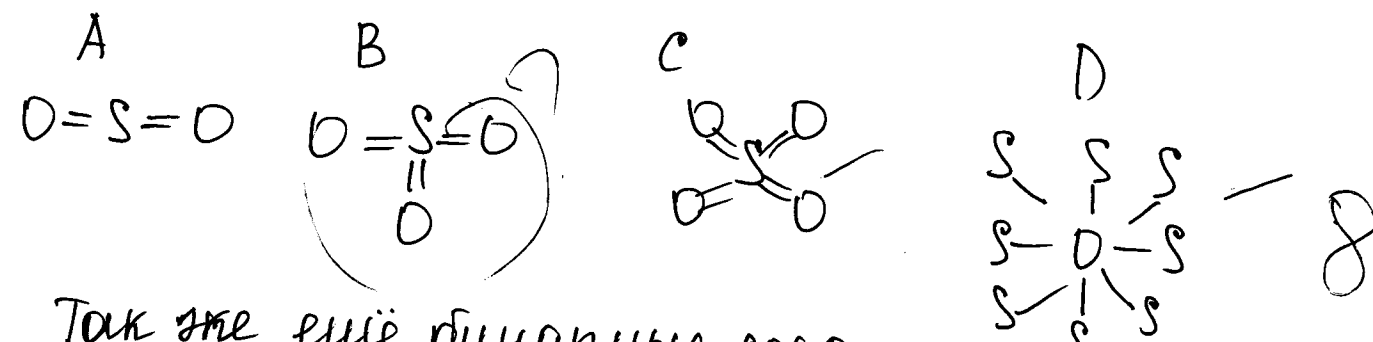
нение B - SO₃ (сернистый ангидрид)

Найдем соотношение атомов серы и кислорода в соединении B₂C:

$$\frac{33,3}{32} : \frac{66,7}{16} = 1 : 4 \Rightarrow SO_4 - \text{соединение C}$$

$$\text{Соединение D: } \frac{94,12}{32} : \frac{5,88}{16} = \frac{2,9}{0,3675} : \frac{0,3675}{0,3675} = 8 : 1 \Rightarrow$$

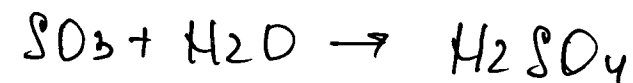
$$\Rightarrow D - S_8O$$



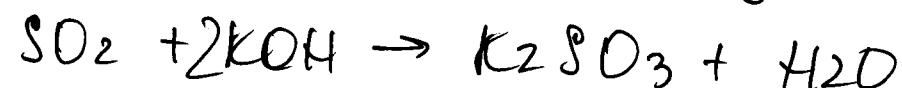
Так же ещё бинарные соединения: S₂O, S₂O₆, S₂O₈, S₂O₁₀ и др.

SO₂ и SO₃ и сернистые соединения являются кислотными оксидами!

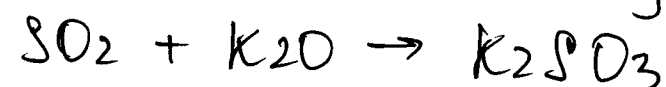
1) могут взаимодействовать с водой, образуя кислоты!



2) могут взаимодействовать с щелочью!



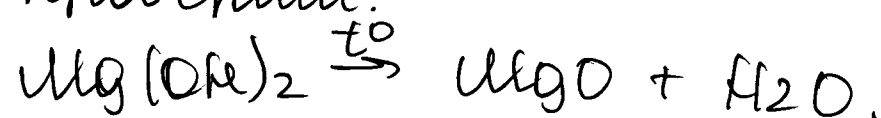
3) с основными оксидами!



Задача 4

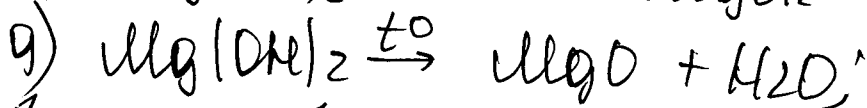
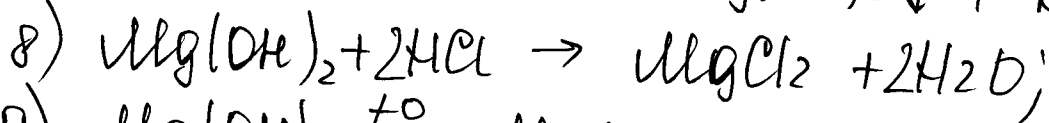
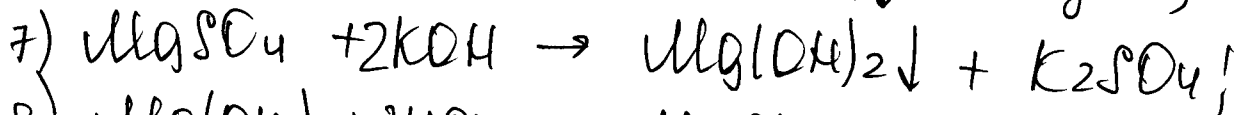
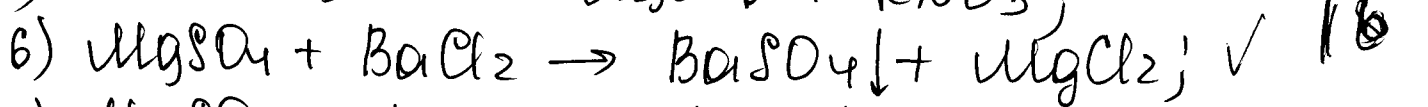
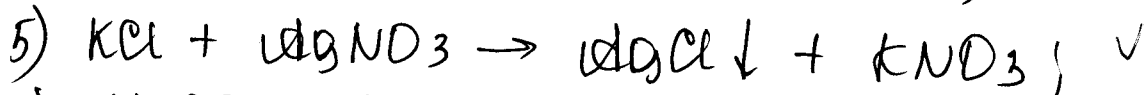
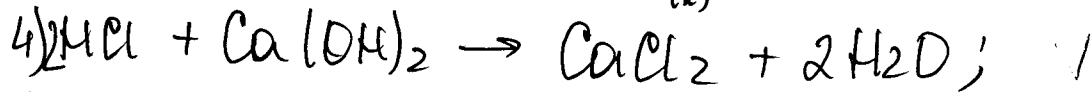
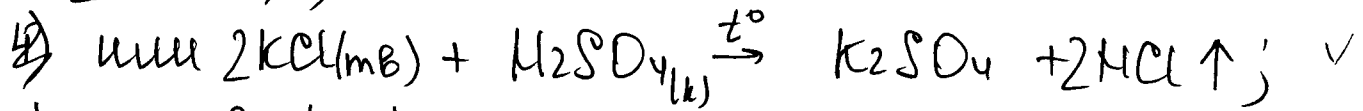
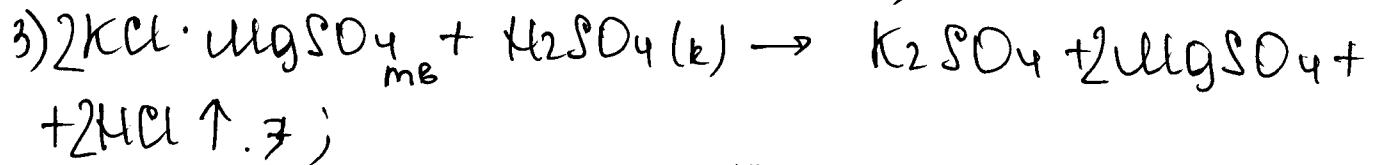
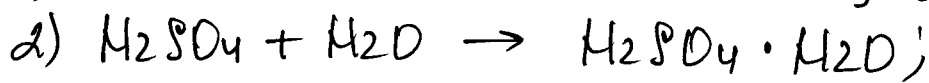
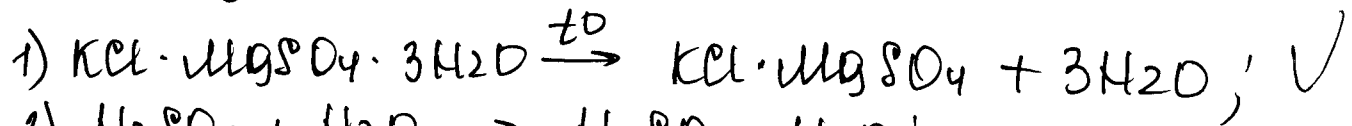
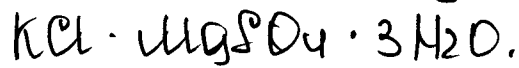
Скорее всего, в состав минерала входит калий (K), т.к. проба имеет фиолетовое окрашивание. Возможно, там не только калий, но и натрий не окрашивающий цвет пламени - натрий.

Белый осадок, образующийся в р-ще с щелочью, возможно - гидроксид натрия. Проверим!



см. ионные уравнения на стр. 10

Значит формула минерала!



Задача 3

1) наночастица - частица малых размеров, создаваемая искусственными путями или помощью новых технологий.

$$2) \gamma(\text{Au}) = \frac{N}{N_A} = \frac{80}{6,022 \cdot 10^{23}} = 13,3 \cdot 10^{-23} \text{ моль}$$

$$\gamma(\text{Ag}) = \frac{N}{N_A} = \frac{100}{6,022 \cdot 10^{23}} = 16,6 \cdot 10^{-23} \text{ моль.}$$

$$m(\text{Au}) = \gamma \cdot M = 13,3 \cdot 10^{-23} \text{ моль} \cdot 197 \text{ г/моль} = 2620,1 \cdot 10^{-23} \text{ г} = (2620,1 \cdot 10^{-23} \text{ кг})$$

$$m(\text{Ag}) = 16,6 \cdot 10^{-23} \cdot 108 = 1792,8 \cdot 10^{-23} \text{ г} \neq (1792,8 \cdot 10^{-23} \text{ кг})$$

см продолжение на сл. стр.

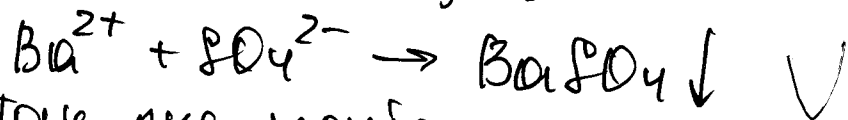
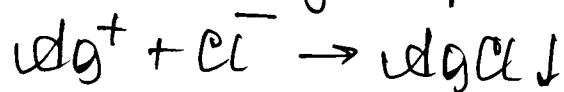
предположение задачи 4 «Шинеран»?

$$M(MgClO_2) = 582 \text{ г/моль};$$

$$M(MgO) = 40 \text{ г/моль};$$

$582 \text{ г/моль} - 100\%$
 $40 \text{ г/моль} - x\% \Rightarrow x = 68,9\%$, значит потери составят $31,03\%$. что соответствует условию задачи.

значит в нашем шинеране есть K^+ и Mg^{2+} . исходя из осадков, можно предположить, что в шинеране есть хлорид-ионы и сульфат-ионы.



Так же можем соотносить массы осад-

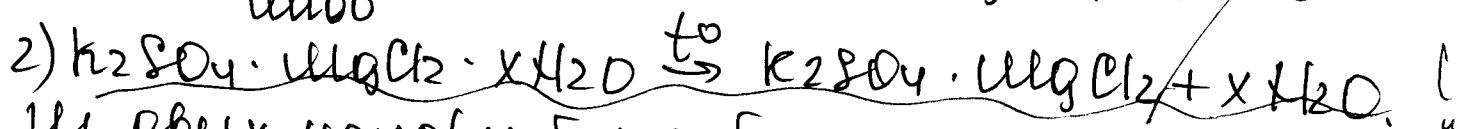
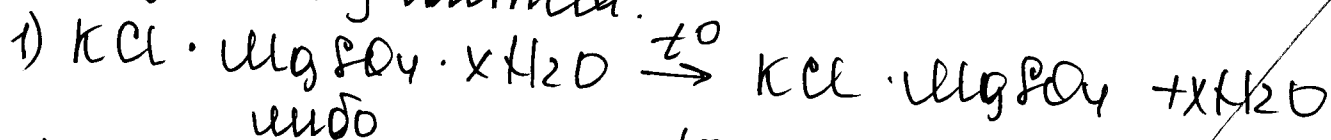
$$M(BaSO_4) : M(AgCl) = \frac{233 \text{ г/моль}}{143,5} : \frac{143,5 \text{ г/моль}}{143,5} = 1,6 : 1. \quad \checkmark$$

(что соотв. условию задачи)

значит в р-ре есть K^+ ; Mg^{2+} ; Cl^- ; SO_4^{2-} ;

Так же при прекращении масса на много уменьшается, скорее всего это кристаллоидрат.

Тогда получается:



из двух условий можем массу всего всего.

$$\text{из 1} \Rightarrow M(KCl \cdot MgSO_4) = 194,52 \text{ г/моль}.$$

$$\begin{aligned} 194,52 \text{ г/моль} &- 78,27\% \\ x \text{ г/моль} &- 21,73\% \end{aligned} \Rightarrow x \text{ г/моль} = 54,25 \text{ г/моль} = 3 \text{ (т.е. } 3 H_2O)$$

1

$$\rho(\text{kg}) = \frac{m}{V} \quad m = \rho \cdot V$$

$$\Rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

Санкт-Петербургский
государственный
университет

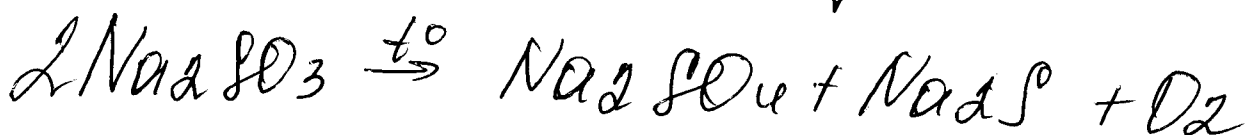
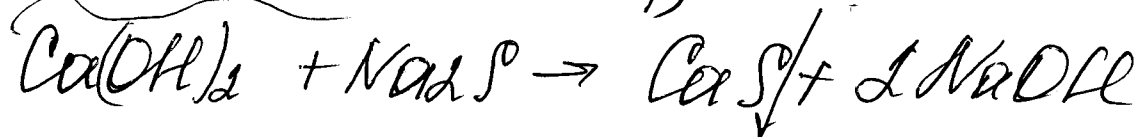
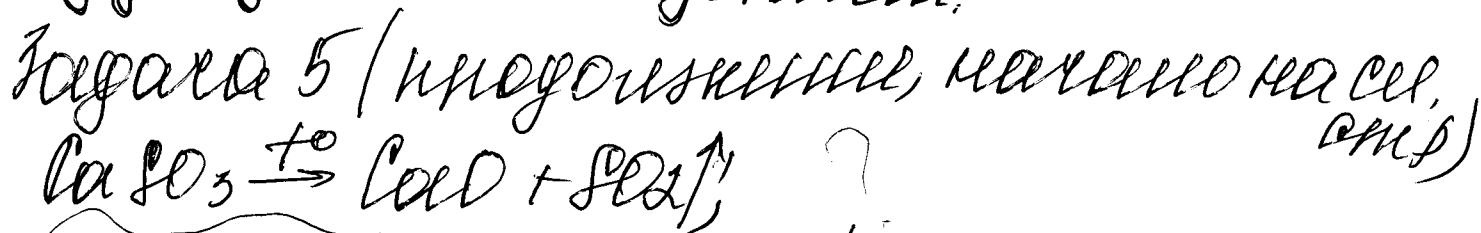
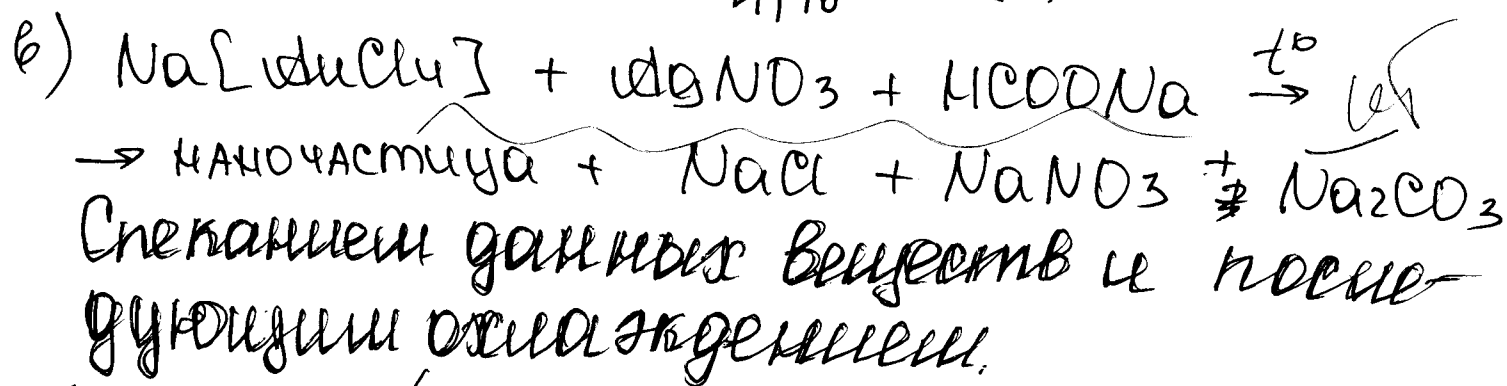
$$V(\text{kg}) = \frac{2620 \cdot 10^{-26}}{19320} = 0,136 \cdot 10^{-26} \text{ м}^3$$

$$V(\text{kg}) = \frac{1792,8 \cdot 10^{-26}}{10500} = 0,1707 \cdot 10^{-26} \text{ м}^3$$

$$V_{\text{общ}} = 0,136 \cdot 10^{-26} + 0,1707 \cdot 10^{-26} = 0,3067 \cdot 10^{-26} \text{ м}^3$$

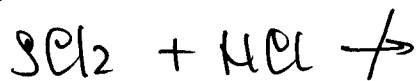
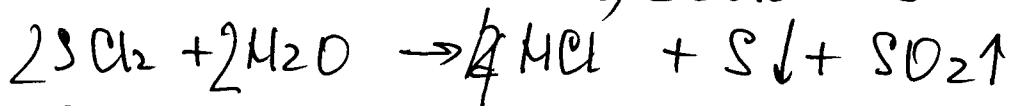
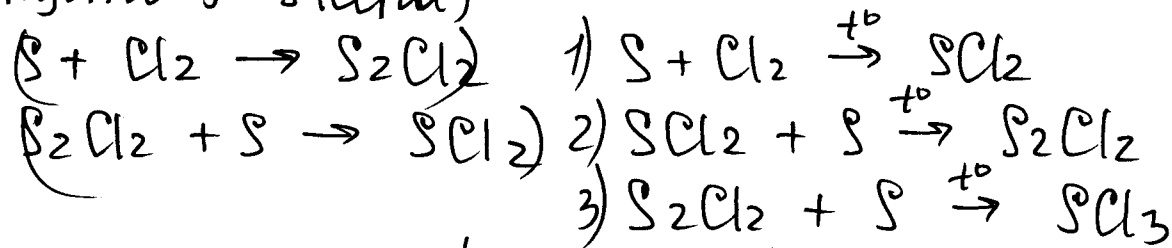
$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 \Rightarrow R^3 = \frac{V}{\frac{4}{3}\pi} \Rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{V}{\frac{4}{3}\pi}} =$$

$$= \sqrt[3]{\frac{0,3067 \cdot 10^{-26}}{\frac{4}{3} \cdot 3,14}} = \sqrt[3]{\frac{0,3067 \cdot 10^{-26}}{4,18}} \text{ м}$$

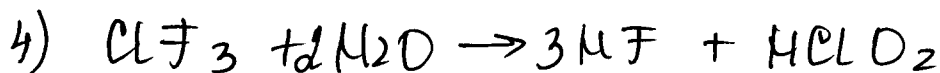
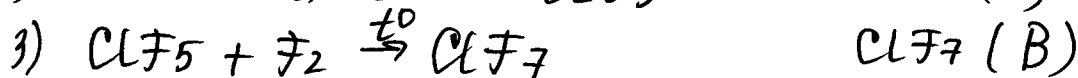
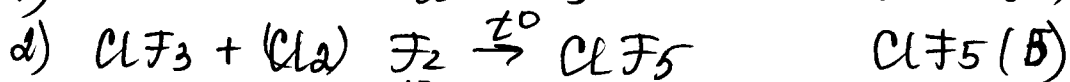
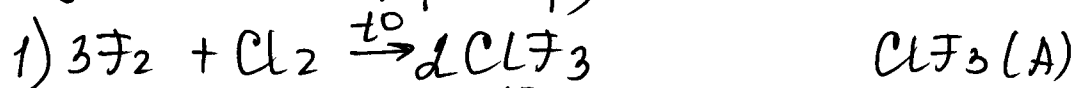


Задача 2

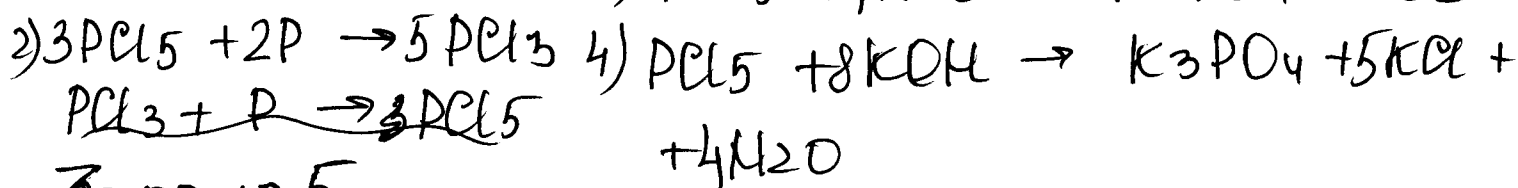
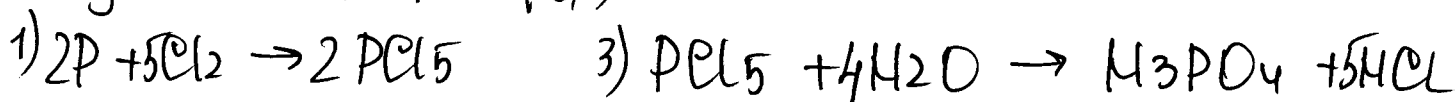
Рысмб 4- S (cepa)



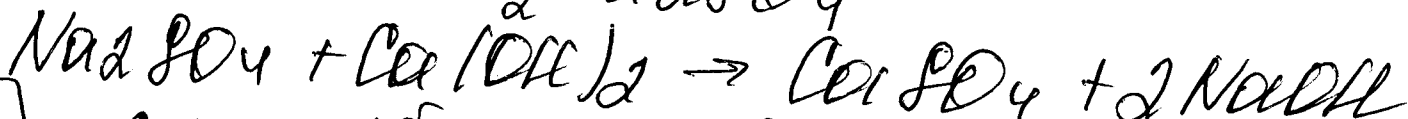
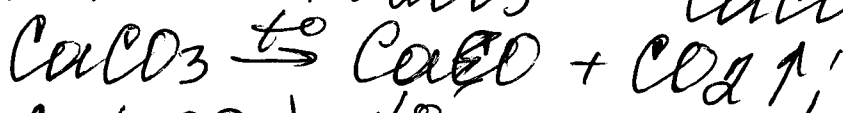
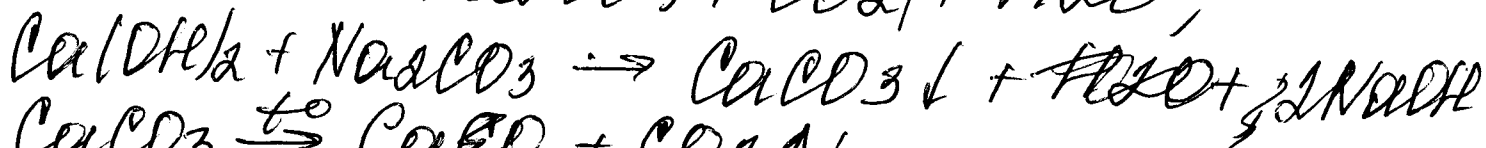
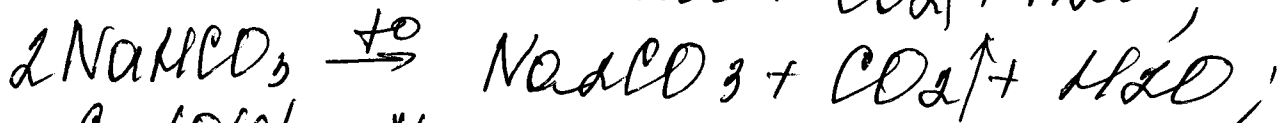
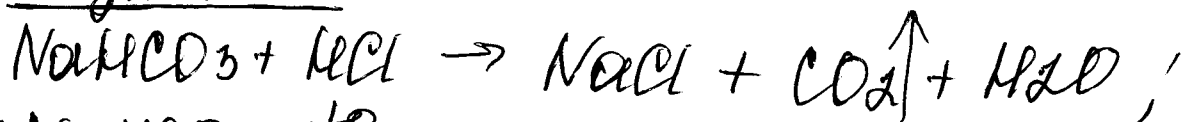
Рысмб 4- F₂ (opmop)



Рысмб 3- P (poccep)



Задача 5



2) Cл с oнaм нoи cмoнoтcя.