



76

54

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 выделялся газ без цвета и запаха, а при добавлении к свежему раствору – газ не выделялся. 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 раствором известковой водой. В результате в первом случае выпало 3.10 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(A) = 52,35 %; ω(B) = 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 %.

АБ → NaOH
ω = 52,35 %
ρ = 1,13 г/см³
р-р сильного основания NaOH
ω = 16,67 %

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1 H 1,00795 водород	2 He 4,002602 гелий	Периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева					
3 Li 6,9412 литий	4 Be 9,01218 бериллий	5 B 10,812 бор	6 C 12,0108 углерод	7 N 14,0067 азот	8 O 15,9994 кислород	9 F 18,99840 фтор	10 Ne 20,179 неон
11 Na 22,98977 натрий	12 Mg 24,305 магний	13 Al 26,98154 алюминий	14 Si 28,086 кремний	15 P 30,97376 фосфор	16 S 32,06 сера	17 Cl 35,453 хлор	18 Ar 39,948 аргон
19 K 39,0983 калий	20 Ca 40,08 кальций	21 Sc 44,9559 скандий	22 Ti 47,90 титан	23 V 50,9415 ванадий	24 Cr 51,996 хром	25 Mn 54,9380 марганец	26 Fe 55,847 железо
29 Cu 63,546 медь	30 Zn 65,38 цинк	31 Ga 69,72 галлий	32 Ge 72,59 германий	33 As 74,9216 мышьяк	34 Se 78,96 селен	35 Br 79,904 бром	36 Kr 83,80 криптон
37 Rb 85,4678 рубидий	38 Sr 87,62 стронций	39 Y 88,9059 иттрий	40 Zr 91,22 цирконий	41 Nb 92,9064 ниобий	42 Mo 95,94 молибден	43 Tc 98,9062 технеций	44 Ru 101,07 рутений
47 Ag 107,868 серебро	48 Cd 112,41 кадмий	49 In 114,82 индий	50 Sn 118,69 олово	51 Sb 121,75 сурьма	52 Te 127,60 теллур	53 I 126,9045 йод	54 Xe 131,30 ксенон
55 Cs 132,9054 цезий	56 Ba 137,33 барий	57 La 138,9 лантан *	72 Hf 178,49 гафний	73 Ta 180,9479 тантал	74 W 183,85 вольфрам	75 Re 186,207 рений	76 Os 190,2 осмий
79 Au 196,9665 золото	80 Hg 200,59 ртуть	81 Tl 204,37 таллий	82 Pb 207,2 свинец	83 Bi 208,9 висмут	84 Po [209] полоний	85 At [210] астат	86 Rn [222] радон
87 Fr [223] франций	88 Ra [226] радий	89 Ac [227] актиний **	104 Rf [261] резерфордий	105 Db [262] дубний	106 Sg [266] сигборгий	107 Bh [269] борий	108 Hs [269] хассий
111 Rg [272] рентгений	112 Cn [285] коперниций	113 Nh [284] нихоний	114 Fl [289] флеровий	115 Mc [288] мачковий	116 Lv [293] ливорморий	117 Ts [294] теннессиум	118 Og [294] оганесон

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
-------------------------	-----------------------------	--------------------------	----------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------------	---------------------------

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] нобелий	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⁺	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	—	—	—	—
SiO ₃ ²⁻	H	—	P	P	H	H	H	H	H	H	H	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

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 0,25А? (заряд электрона $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

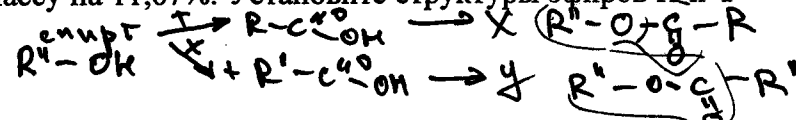
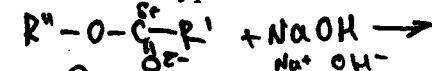
Считайте, что выходы всех представленных реакций равны 100%.

Задача 4. «Минерал»

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?

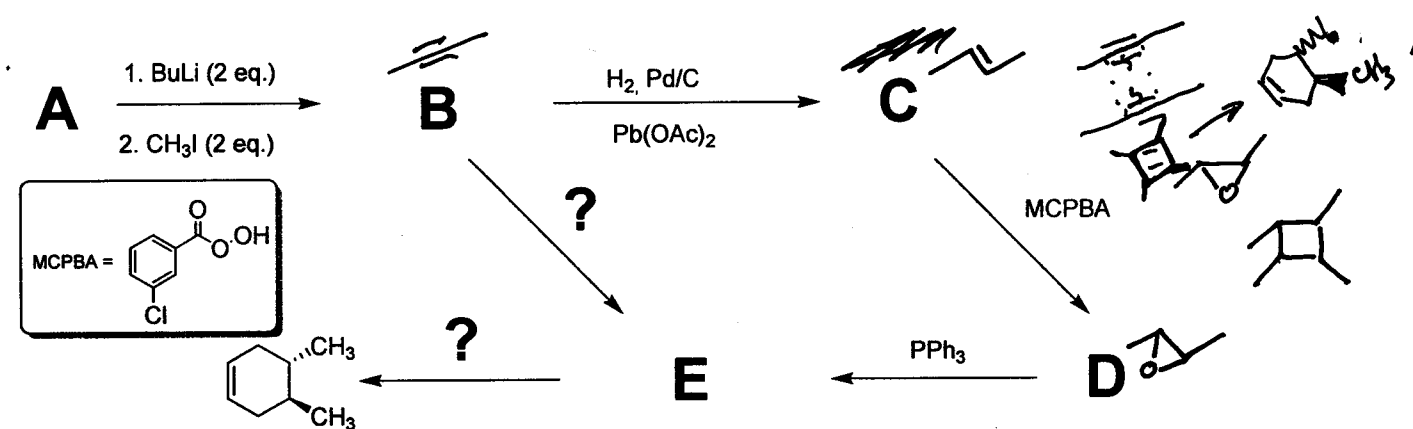
Задача 3.

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.

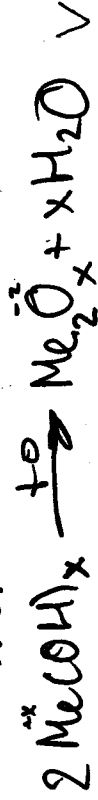
Расшифруйте цепочку превращений, если известно, что 5,4 г соединения В способно прореагировать с 7,3 г хлороводорода с образованием дихлорида. Предложите механизм образования Е из D.





Установки

Задача 4 Установи из условий данной задачи, сколько всего, осадков при действии на минерал р-ром щелочи образуется прирешу металл.



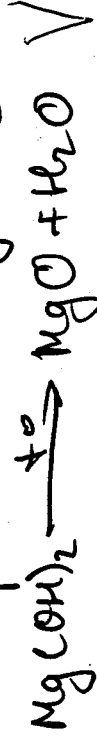
$$\Delta m \approx 31,03\%$$

$$2 \cdot n(\text{Mg}_2\text{O}_x) = n(\text{Mg}(\text{OH})_2)$$

$$\frac{n(\text{Mg}) + x \cdot 15,9994 + x \cdot 400795}{n(\text{Mg}) \cdot 2 + x \cdot 15,9994} = 1,3103$$

$$x \approx 2; n(\text{Mg}) = 24,305$$

Сред-но, ~~прокаливается~~ $\text{Mg}(\text{OH})_2$

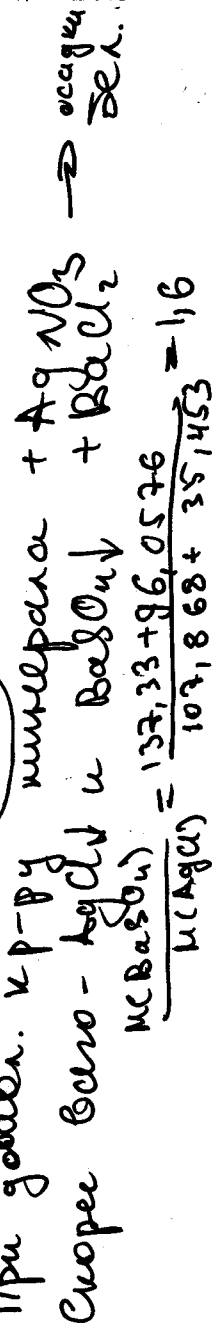


Минерал содержит ионы V^{+} , т.к. ионы окисляются в фелоселенитовый звет.

III. к. при прокал. минерала его масса уменьшается, скорее всего, минерал — кристаллогидрат.

Т.к. хорошо растворимый в воде и не возгорающийся поглотитель $\text{Ca}(\text{OH})_2 - \text{Cl}_2$.

При добав. к р-ру минерала



Сред-но, формула минерала: $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ н.м.г.

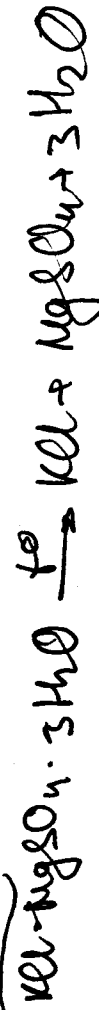
III. к. потеря масс при прокал. — 21,23%.

$$\frac{x \cdot n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{KCl}) + n(\text{MgSO}_4) + x \cdot n(\text{H}_2\text{O})} = 0,2123$$

$$x \approx 3 \quad \checkmark$$

минерал — $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O} \quad \checkmark$

Ур-е р-гидр:



методом

~~SECRET~~

$$\text{B} - \text{N}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$$



Mexanure in D. Sp. Ei

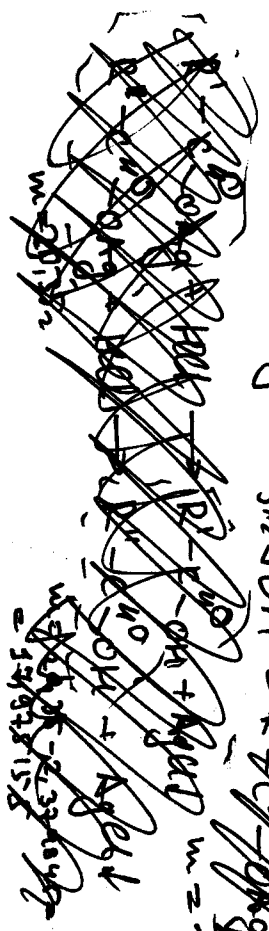
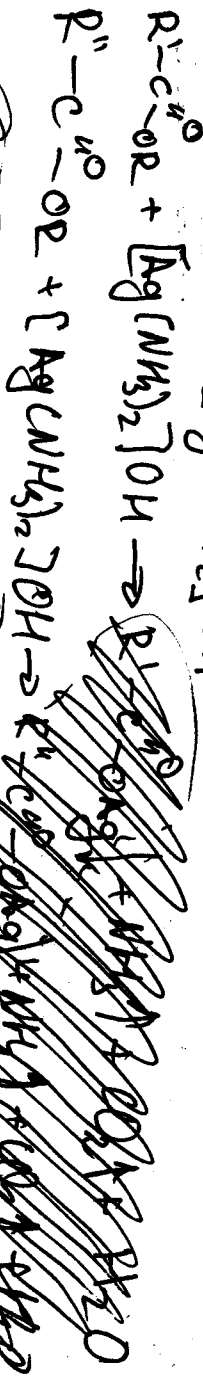
Sagavla 3

$$w(N_{\text{OEH}}) = \frac{1002}{22,98977 + 15,9994 + 1,00795} = 2,5 \text{ mol\%} \cdot 0,16 = 0,4 \text{ mol\%}$$



[illegible]

Reaction: $\text{R}^{\text{II}}-\text{C}^{\text{II}}=\text{O} + [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2] \text{OH} \rightarrow \text{R}^{\text{I}}-\text{C}^{\text{I}}(\text{OH})-\text{O}-\text{CH}_3 + \text{NH}_3 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

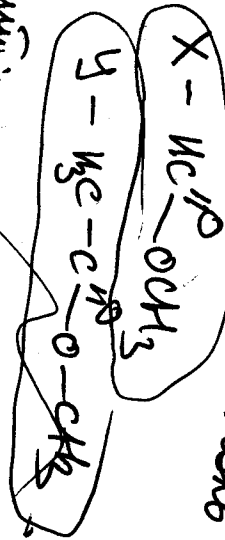


~~$\text{m(Cpupr)} = 36 - 24,426 = 11,574$~~

~~$\text{m(Cpupr)} = 36 - 24,426 = 11,574$~~

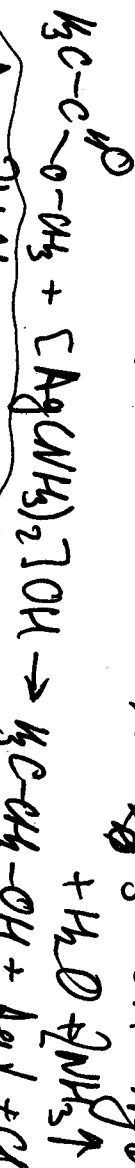
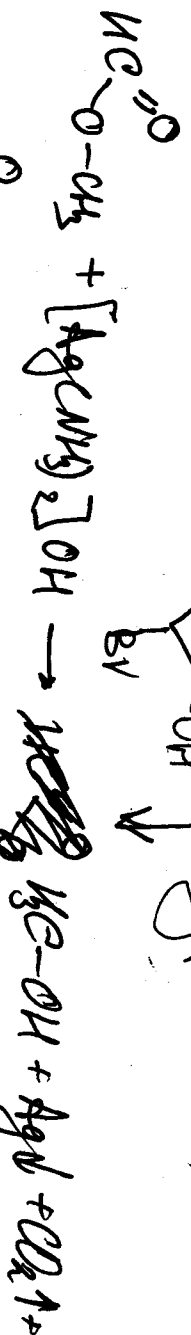
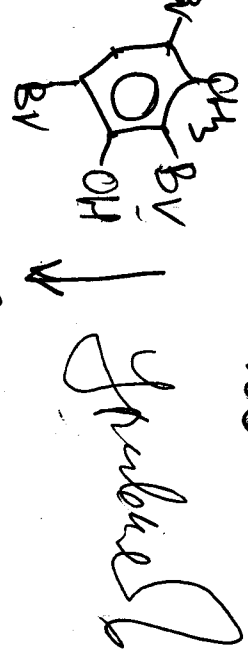
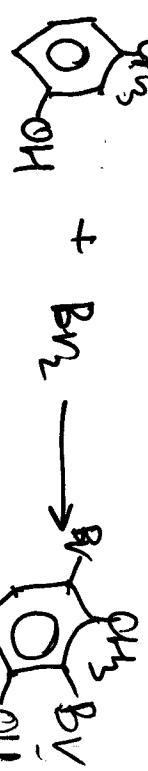
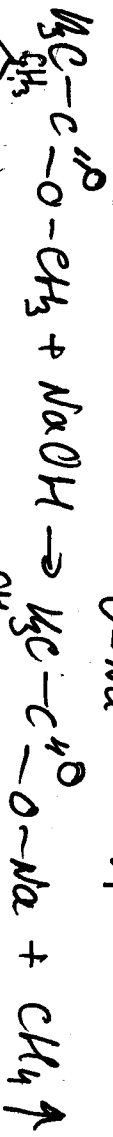
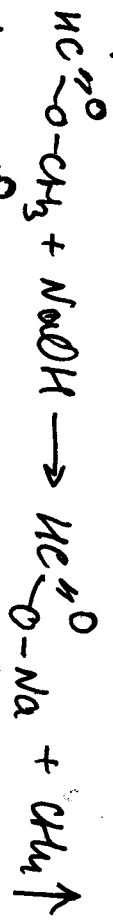
~~$\text{m(C)} = 60,071 \frac{2}{\text{mole}}$~~

~~$\text{m(O)} = 74,0989 \frac{2}{\text{mole}}$~~

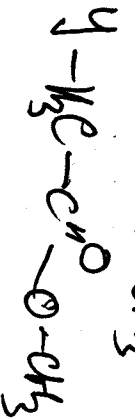


10

γp-x p-γm;



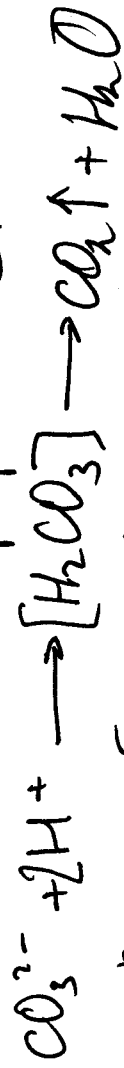
Orbital: X-HC^{II}-O-CH₃



(4)

Вугарал

Тог бич и замаха, вугаралцунда ири
гелювум и-ты на р-р - $\text{CO}_2 \uparrow$.



Возможный состав соли - $\text{Na}_2\text{SP}_3\text{O}_3$

)

участву