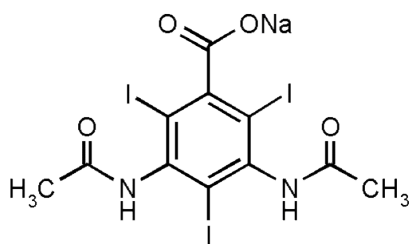


ВАРИАНТ 1

ЗАДАНИЕ 1

**1-1.** Йодсодержащие производные бензойной кислоты (трийодбензоаты) широко используются в качестве рентгеноконтрастных средств в различных видах лучевой диагностики. Рассчитайте массовую долю йода в препарате амидотризоат натрия. 60%-ный раствор для инъекций содержит 600 мг амидотризоата натрия в 1 мл раствора. Определите максимальный объем раствора для внутривенного введения, если безопасная разовая доза для взрослого составляет 20 г йода.



амидотризоат натрия

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$M(C_{11}H_8O_4N_2I_3Na) = 636 \text{ г/моль}$	2
$\omega(I) = 3 \cdot 127 / 636 = 0,599 \text{ (59,9\%)}$	2
В 1 мл раствора: $m(I) = 0,599 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ г}$ $V(p\text{-ра}) = 20 / 0,36 = 55,5 \text{ мл}$	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	6
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	4
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущены арифметические ошибки в трех названных элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	6

## ЗАДАНИЕ 2

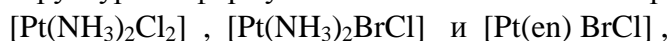
**2-1.** Раствор (30%) тиосульфата натрия используют для внутривенного введения в качестве антидота при отравлениях соединениями мышьяка, ртути, свинца, цианидами, солями йода, брома, а также в составе комбинированной терапии аллергических заболеваний, артрита, невралгии.

В 500 мл воды, нагретой до 80<sup>0</sup>С, растворили 1150 г тиосульфата натрия (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и получили насыщенный раствор. При охлаждении этого раствора до 50<sup>0</sup>С осаждается дигидрат соли. Определите массу полученного дигидрата, если растворимость безводной соли при 50<sup>0</sup>С составляет 170 г в 100 мл воды. Тиосульфат натрия называют «антихлором», т.к. в I Мировую войну марлевые повязки, пропитанные раствором этой соли, использовали для защиты органов дыхания от хлорсодержащих отравляющих веществ. Напишите уравнение реакции хлора с раствором тиосульфата натрия.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Пусть при охлаждении раствора выпадает в осадок: $v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = x \text{ моль} \Rightarrow m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 194x ;$ $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158x$ $\frac{1150 - 158x}{1150 + 500 - 194x} = \frac{170}{270}$ $x = 3,088$	2
$m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 194 \cdot 3,088 = 599 \text{ г}$	2
Написано уравнение реакции: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Cl}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCl} + 6\text{HCl}$ или: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Cl}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaHSO}_4 + 8\text{HCl}$	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	6
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	4
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущены арифметические ошибки в трех названных элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	6

## Задание 3

**3-1.** Комплексные соединения платины (II), имеющие плоскую квадратную координацию лигандов, обладают противоопухолевым действием. В клинической практике на основе таких соединений разработаны биохимические лекарственные препараты, действие которых основано на специфическом связывании комплекса с ДНК раковой клетки. Однако, таким действием обладают только цис-изомеры комплексов платины. Изобразите структурные формулы всех возможных геометрических изомеров соединений:



где en – этилендиамин (H<sub>2</sub>N–CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>–NH<sub>2</sub>).

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>ЭЛЕМЕНТЫ ОТВЕТА.</p> $\begin{array}{cc} \begin{array}{c} \text{Cl} \diagdown \text{Pt} \diagup \text{NH}_3 \\ \text{Cl} \diagup \text{Pt} \diagdown \text{NH}_3 \end{array} & \begin{array}{c} \text{Cl} \diagdown \text{Pt} \diagup \text{NH}_3 \\ \text{H}_3\text{N} \diagup \text{Pt} \diagdown \text{Cl} \end{array} \\ \text{цис-изомер} & \text{транс-изомер} \end{array}$	2
$\begin{array}{cc} \begin{array}{c} \text{Cl} \diagdown \text{Pt} \diagup \text{NH}_3 \\ \text{Br} \diagup \text{Pt} \diagdown \text{NH}_3 \end{array} & \begin{array}{c} \text{Cl} \diagdown \text{Pt} \diagup \text{NH}_3 \\ \text{H}_3\text{N} \diagup \text{Pt} \diagdown \text{Br} \end{array} \\ \text{цис-изомер} & \text{транс-изомер} \end{array}$	2
$\begin{array}{c} \text{Cl} \diagdown \text{Pt} \diagup \text{NH}_2 - \text{CH}_2 \\ \text{Br} \diagup \text{Pt} \diagdown \text{NH}_2 - \text{CH}_2 \end{array}$	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	6
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	4
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущены арифметические ошибки в трех названных элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	6

#### ЗАДАНИЕ 4

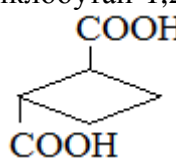
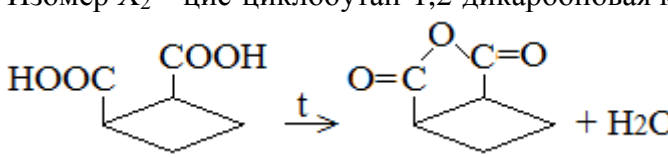
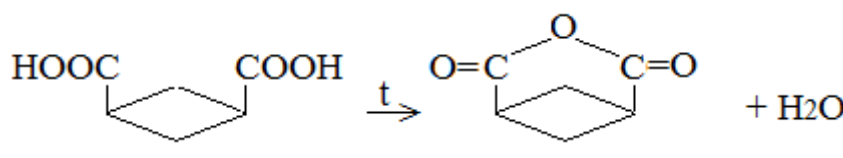
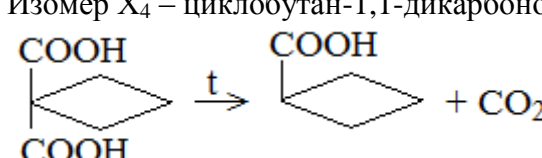
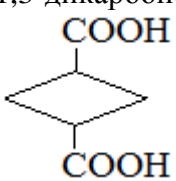
**4-1.** Препараты лития, в частности карбонат лития, применяются в качестве психотропных лекарственных средств – нормотимиков (стабилизаторов настроения) – при лечении аффективных расстройств.

Эквимольную (содержащую равные количества вещества) смесь карбоната лития и нитрата хрома (III) общей массой 15,6 г прокалили на воздухе до постоянной массы. Полученный твердый остаток полностью растворили в 60 мл 4%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,021 г/мл). Определите массовые доли солей в полученном растворе.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{Li}_2\text{CrO}_4 + 3\text{NO}_2 + 4\text{CO}_2$ $v(\text{Li}_2\text{CO}_3) = v(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = x$ $74x + 238x = 15,6$ $x = 0,05$	2
$v(\text{Li}_2\text{CrO}_4) = 0,05 \text{ моль}; m(\text{Li}_2\text{CrO}_4) = 0,05 \cdot 130 = 6,5 \text{ г}$ $v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60 \cdot 1,021 \cdot 0,04 / 98 = 0,025 \text{ моль}$	2
$2\text{Li}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Li}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	2
$m(\text{p-p}) = 6,5 + 60 \cdot 1,021 = 67,76 \text{ г}$ $\omega(\text{Li}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,025 \cdot 230 / 67,76 = 0,085 (8,5\%)$ $\omega(\text{Li}_2\text{SO}_4) = 0,025 \cdot 110 / 67,76 = 0,041 (4,1\%)$	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	8
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	6
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	4
В ответе допущены ошибки в трех названных элементах	2
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	8

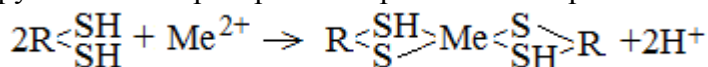
Задание 5.

**5-1.** К веществам, входящим в состав аэрозольной упаковки медицинских препаратов, относятся пропелленты, в частности, фреоны. Наиболее применимым среди таких веществ в силу нетоксичности и инертности является Фреон С-318, представляющий производное циклобутана. Одно из производных циклобутана – циклобутандикарбоновая кислота – существует в виде пяти изомеров. Приведите структурные формулы и назовите изомеры по систематической номенклатуре, если известно, что изомер  $X_1$  существует в виде оптических антиподов (энантиомеров),  $X_2$  легко образует циклический ангидрид при слабом нагревании,  $X_3$  – образует циклический ангидрид только при высокой температуре; при нагревании изомера  $X_4$  выделяется углекислый газ, а изомер  $X_5$  при нагревании не претерпевает изменений. Напишите уравнения упомянутых реакций с участием изомеров  $X_2$ ,  $X_3$  и  $X_4$ .

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Определен изомер <math>X_1</math> – транс-циклобутан-1,2-дикарбоновая кислота</p> 	1
<p>Изомер <math>X_2</math> – цис-циклобутан-1,2-дикарбоновая кислота</p> 	2
<p>Изомер <math>X_3</math> – цис-циклобутан-1,3-дикарбоновая кислота</p> 	2
<p>Изомер <math>X_4</math> – циклобутан-1,1-дикарбоновая кислота</p> 	2
<p>Изомер <math>X_5</math> – транс-циклобутан-1,3-дикарбоновая кислота</p> 	1
<p>Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы</p>	8
<p>В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов</p>	6
<p>В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов</p>	4
<p>В ответе допущены ошибки в трех названных элементах</p>	2
<p>Все элементы ответа записаны неверно</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	8

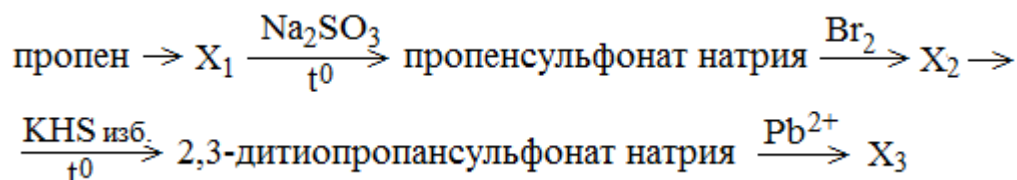
Задание 6.

**6-1.** Дезинтоксикационные лекарственные средства используются в качестве антидота при отравлении соединениями тяжелых металлов. Терапевтическое действие связано со способностью тиольных групп таких препаратов образовывать прочные комплексы с



ионами металлов по схеме:

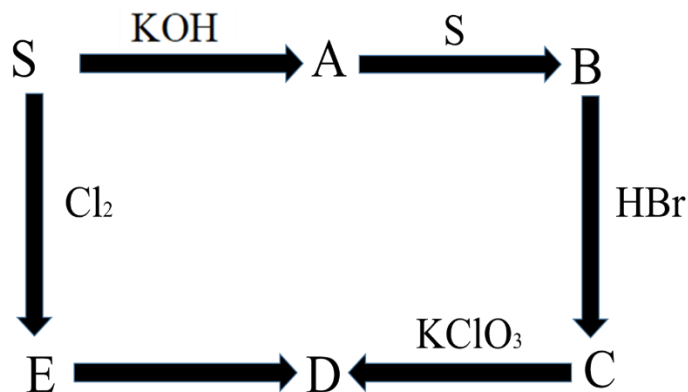
Одним из таких препаратов является Унитиол – 2,3-дителиопропансульфонат натрия. Напишите уравнения реакций (с использованием структурных формул органических веществ) синтеза Унитиола из пропена и его реакцию с ионами свинца (II):



Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{Br}_2 (t^0) \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br} + \text{HBr}$	2
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br} + \text{Na}_2\text{SO}_3(t^0) \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{SO}_3\text{Na} + \text{NaBr}$	2
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{SO}_3\text{Na} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CHBr}-\text{CH}_2-\text{SO}_3\text{Na}$	2
$\text{CH}_2\text{Br}-\text{CHBr}-\text{CH}_2-\text{SO}_3\text{Na} + 2\text{KHS} \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_2(\text{SH})-\text{CH}(\text{SH})-\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na} + 2\text{KBr}$	2
$2 \begin{matrix} \text{CH}_2-\text{SH} \\   \\ \text{CH}-\text{SH} \\   \\ \text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na} \end{matrix} + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \begin{matrix} \text{CH}_2-\text{S} \\   \quad \text{H} \\ \text{CH}-\text{S} \\   \quad \text{H} \\ \text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na} \end{matrix} \text{Pb} \begin{matrix} \text{S}-\text{CH}_2 \\   \\ \text{S}-\text{CH} \\   \quad \text{H} \\ \text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na} \end{matrix} + 2\text{H}^+$	2
Правильно записаны все уравнения реакций, указаны условия проведения (там ,где необходимо)	10
Правильно записаны 4 уравнения реакций	8
Правильно записаны 3 уравнения реакций	6
Правильно записаны 2 уравнения	4
Правильно записано 1 уравнение	2
Максимальный балл	10

Задание 7

7-1. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



РЕШЕНИЕ

- 1)  $3\text{S} + 6\text{KOH} = 2\text{K}_2\text{S} + \text{K}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 2)  $\text{S} + \text{K}_2\text{SO}_3 = \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- 3)  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HBr} = 2\text{KBr} + \text{SO}_2 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
- 4)  $\text{SO}_2 + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 3\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KCl}$
- 5)  $\text{S} + \text{Cl}_2 = \text{SCl}_2$
- 6)  $\text{SCl}_2 + 4\text{HNO}_3 = \text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{NO}_2 + 2\text{HCl}$

A-K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>; B-K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; C-SO<sub>2</sub>; D-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; E-SCl<sub>2</sub>

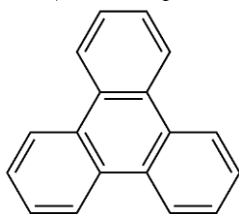
Правильно записаны все уравнения реакций, указаны условия проведения (там ,где необходимо)	12
Правильно записаны 4 уравнения реакций	8
Правильно записаны 3 уравнения реакций	6
Правильно записаны 2 уравнения	4
Правильно записано 1 уравнение	2
Максимальный балл	12

## ЗАДАНИЕ 8

**8-1.** Основной компонент минерала меллит (медовый камень) – соль бензолполикарбоновой кислоты, которую называют «растворимый уголь». Соли этой кислоты применяются в медицине в качестве диуретического и желчегонного средства. Органическое вещество  $X_1$ , относящееся к классу карбоновых кислот, можно получить двумя способами:

- 1) Бутин-2 подвергают тримеризации с образованием углеводорода  $X_2$ , который окисляют подкисленным раствором перманганата калия с образованием вещества  $X_1$ .
- 2) Трифенилен окисляют перманганатом калия в щелочной среде и получают соль  $X_3$ , которую выделяют и подкисляют разбавленной серной кислотой с образованием вещества  $X_1$ .

Вещество  $X_1$  при нагревании до  $120^{\circ}\text{C}$  медленно реагирует с ацетилхлоридом ( $\text{CH}_3\text{COCl}$ ) с образованием соединения  $X_4$ , состоящего из двух элементов с равными массовыми долями. Напишите уравнения пяти реакций с использованием структурных формул органических веществ и рассчитайте выход ангидрида, если для реакции было взято 68,4 г вещества  $X_1$  и получено 40,3 г  $X_4$ .



Трифенилен

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$3\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3 \rightarrow$	2
$5\text{C}_6(\text{CH}_3)_6 + 36\text{KMnO}_4 + 54\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{C}_6(\text{COOH})_6 + 36\text{MnSO}_4 + 18\text{K}_2\text{SO}_4 + 84\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{C}_{18}\text{H}_{16} + 58\text{KMnO}_4 + 76\text{KOH} \rightarrow \text{C}_6(\text{COOK})_6 + 58\text{K}_2\text{MnO}_4 + 6\text{K}_2\text{CO}_3 + 46\text{H}_2\text{O}$	2
$\text{C}_6(\text{COOK})_6 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_6(\text{COOH})_6 + 3\text{K}_2\text{SO}_4$ или $\text{C}_6(\text{COOK})_6 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{C}_6(\text{COOH})_6 + 6\text{KHSO}_4$	2
$\text{C}_x\text{O}_y$ $x:y = 50/12:50/16 = 4:3 = 12:9 (\text{C}_{12}\text{O}_9)$ или: $\text{C}_6(\text{COOH})_6 + 3\text{CH}_3\text{COCl} \rightarrow \text{C}_{12}\text{O}_9 + 3\text{CH}_3\text{COOH} + 3\text{HCl}$	2



$\nu(\text{C}_6(\text{COOH})_6) = 68,4/342 = 0,2 \text{ моль}$ $\nu(\text{C}_{12}\text{O}_9) = 40,3/288 = 0,14 \text{ моль}$ $\eta = 0,14 \cdot 100/0,2 = 70\%$	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	12
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	10
В ответе допущены ошибки в двух элементах	8
В ответе допущены ошибки в трех элементах	6
В ответе допущены ошибки в четырех элементах	4
В ответе допущены ошибки в пяти элементах	2
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	12

## ЗАДАНИЕ 9

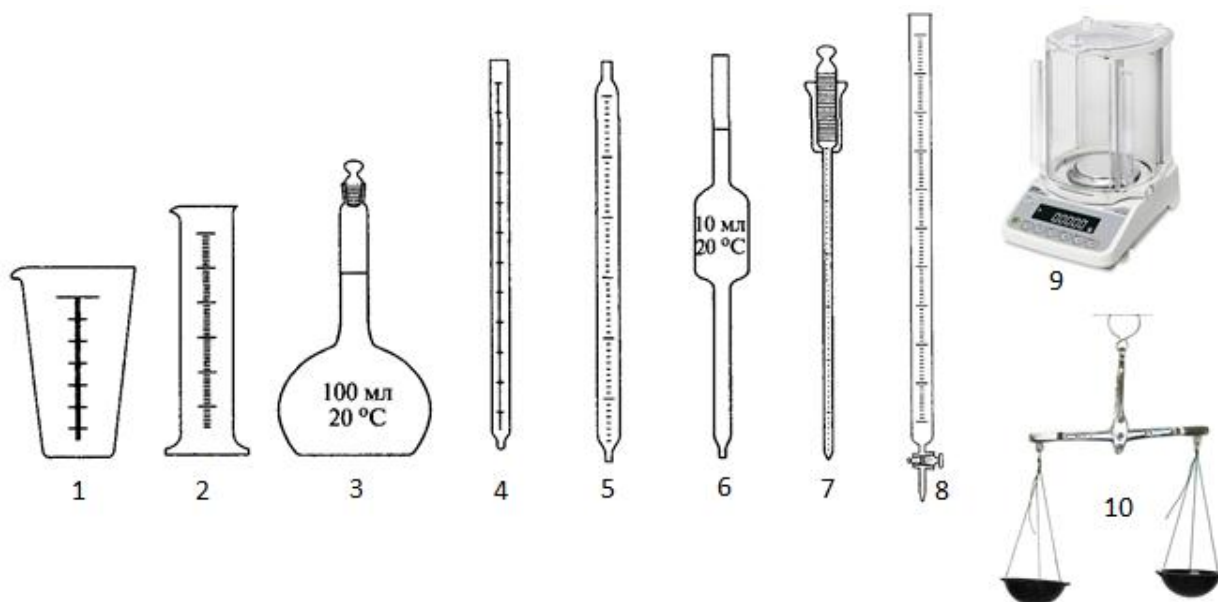
**9-1.** Пероксиды и надпероксиды щелочных металлов – компоненты систем регенерации кислорода, используются в системах жизнеобеспечения космических станций и подводных лодок.

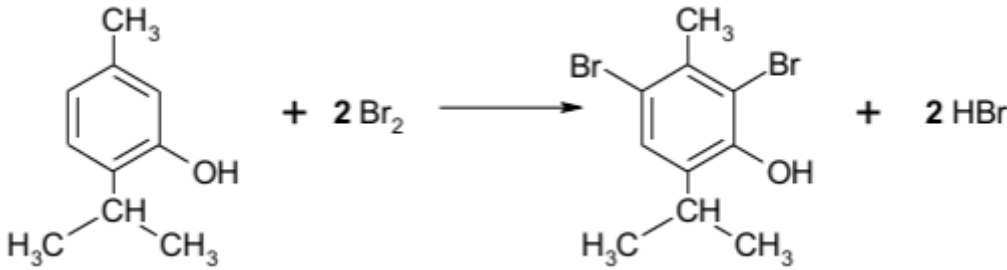
Натрий массой 7,59 г полностью сожгли на воздухе и получили твердое вещество желтоватого цвета, в котором на 11 атомов натрия приходится 12 атомов кислорода. Это вещество смешали с углеродом и нагрели до 100<sup>0</sup>С. Полученный твердый остаток полностью растворили в 200 мл воды. Определите минимальную массу 5%-ного раствора хлорида железа (III), которую необходимо добавить к полученному раствору, чтобы полностью осадить гидроксид железа (III). Рассчитайте массовую долю соли в образовавшемся растворе.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
ЭЛЕМЕНТЫ ОТВЕТА По условию – смесь Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> и NaO <sub>2</sub> в молярном соотношении 5:1, т.к. v(Na):v(O) = 11:12, получаем: 11Na + 6O <sub>2</sub> → 5Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + NaO <sub>2</sub>	2
v(Na) = 7,59/23 = 0,33 моль => v(Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) = 0,15 моль; v(NaO <sub>2</sub> ) = 0,03 моль	2
Уравнения реакций: 2Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + C → Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + Na <sub>2</sub> O 4NaO <sub>2</sub> + 3C → 2Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub>	2
v(Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) = 0,09 моль; v(Na <sub>2</sub> O) = 0,075 моль Na <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O → 2NaOH v(NaOH) = 0,15 моль	2
FeCl <sub>3</sub> + 3NaOH → Fe(OH) <sub>3</sub> + 3NaCl 2FeCl <sub>3</sub> + 3Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 3H <sub>2</sub> O → 2 Fe(OH) <sub>3</sub> + 3CO <sub>2</sub> + 6NaCl	2
v(FeCl <sub>3</sub> ) = 0,15/3 + 0,09·2/3 = 0,11 моль m(p-pFeCl <sub>3</sub> ) = 0,11·162,5/0,05 = 357,5 г	2
v(NaCl) = 0,33 моль m(p-p) = 200 + 9,54 + 4,65 + 357,5 – 11,77 – 3,96 = 555,96 г ω (NaCl) = 0,33·58,5/555,96 = 0,0347 (3,47%)	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	14
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше расчетных элементов	12
В ответе допущена ошибка в двух расчетных элементах	8
В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах	4
Написаны только уравнения реакции с серной кислотой	2
Все элементы записаны неверно	0
Максимальный балл	14

## ЗАДАНИЕ 10

**10-1.** Тимол (5-метил-2-изопропилфенол) применяется в медицине при лечении гельминтозов; наружно в качестве антисептического средства для дезинфекции полости рта, носоглотки; в стоматологической практике — для обезболивания дентина. Для количественного определения тимола в лекарственной субстанции используют прямое броматометрическое титрование. Для этого 0,940 г субстанции помещают в мерную колбу на 100 мл и растворяют в 10 мл раствора гидроксида натрия, доводят объем раствора водой до метки и перемешивают. Аликвотную долю полученного раствора объемом 10,0 мл переносят в колбу для титрования, добавляют 0,5 г бромиды калия (избыток), 40 мл разбавленной серной кислоты (избыток), 3 капли метилового оранжевого и при сильном взбалтывании титруют 0,05 М раствором бромата калия до исчезновения розовой окраски. На титрование затрачено 8,1 мл раствора бромата калия. Определите массовую долю тимола в субстанции. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данного метода. Выберите необходимую для проведения анализа аналитическую посуду и оборудование, назовите их и укажите, для чего данная посуда и оборудование используются.



Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>ЭЛЕМЕНТЫ ОТВЕТА:</p> <p>Составлены уравнения химических реакций:</p> $\text{KBrO}_3 + 5 \text{KBr} + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3 \text{Br}_2 + 3 \text{K}_2\text{SO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$ 	4

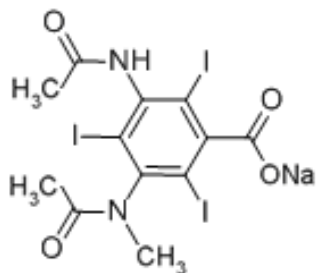
$v(\text{KBrO}_3) = 0,05 \cdot 8,1 = 0,405$ ммоль $v(\text{Br}_2) = 0,405 \cdot 3 = 1,215$ ммоль $v(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 1,215/2 = 0,6075$ ммоль – в 10 мл раствора $v(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 6,075$ ммоль – в 100 мл раствора $m(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 6,075 \cdot 150/1000 = 0,911$ г $\omega(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 0,911 \cdot 100/0,940 = 96,9\%$	4
<p>3 – мерная колба – для приготовления точного объема раствора анализируемого вещества;</p> <p>6 – пипетка Мора – для взятия аликвотной доли анализируемого раствора;</p> <p>8 – бюретка – для определения объема титранта;</p> <p>9 – аналитические весы – для взятия точной навески анализируемого вещества.</p>	4
	6
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	18
Составлены уравнения реакций	4
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов, не оказывающая принципиального влияния на решение	16
Ошибка допущена в двух из названных выше элементов	10
Ошибка допущена в трех элементах	4
Ошибка допущена во всех элементах	0
Максимальный балл	18

## ВАРИАНТ 2

### ЗАДАНИЕ 1

**1-2.** Йодсодержащие производные бензойной кислоты (трийодбензоаты) широко используются в качестве рентгеноконтрастных средств в различных видах лучевой диагностики.

Рассчитайте массовую долю йода в препарате метризоат натрия. 76%-ный раствор для инъекций содержит 760 мг метризоата натрия в 1 мл раствора. Пациенту ввели внутривенно 30 мл раствора. Определите массу йода, который попал при этом в организм.



метризоат натрия

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$M(C_{12}H_{10}O_4N_2I_3Na) = 650$ г/моль	2
$\omega(I) = 3 \cdot 127 / 650 = 0,586$ (58,6%)	2
В 1 мл раствора: $m(I) = 0,586 \cdot 0,76 = 0,445$ г В 30 мл раствора: $m(I) = 0,445 \cdot 30 = 13,4$ г	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	6
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	4
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущены арифметические ошибки в трех названных элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	6

## ЗАДАНИЕ 2

**2-2.** Раствор (30%) тиосульфата натрия используют для внутривенного введения при отравлениях соединениями мышьяка, ртути, свинца, цианидами, солями йода и брома, а также в составе комбинированной терапии аллергических заболеваний, артрита, невралгии.

В 1 л воды, нагретой до 80<sup>0</sup>С, растворили 1000 г тиосульфата натрия (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). При охлаждении этого раствора до 40<sup>0</sup>С осаждается пентагидрат соли. Определите массу полученного пентагидрата, если растворимость безводной соли при 40<sup>0</sup>С составляет 95 г в 100 мл воды.

Тиосульфат натрия используют в качестве антидота при отравлении соединениями тяжелых металлов. Напишите уравнение реакции тиосульфата натрия с ацетатом свинца; в результате реакции образуется черный осадок.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
Пусть при охлаждении раствора выпадает в осадок: $v(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = x \text{ моль} \Rightarrow m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 248x$ ; $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158x$ $\frac{1000 - 158x}{2000 - 248x} = \frac{95}{195}$ $x = 0,69$	2
$m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 248 \cdot 0,69 = 171 \text{ г}$	2
Написано уравнение реакции: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{PbS} + 2\text{CH}_3\text{COOH}$	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	6
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	4
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	2
В ответе допущены арифметические ошибки в трех названных элементах	1
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	6



#### ЗАДАНИЕ 4

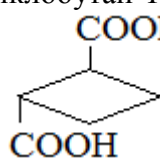
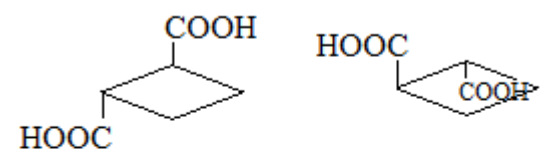
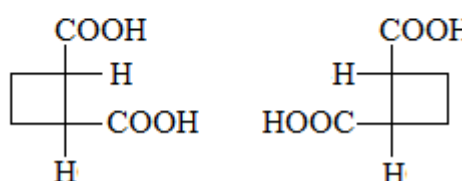
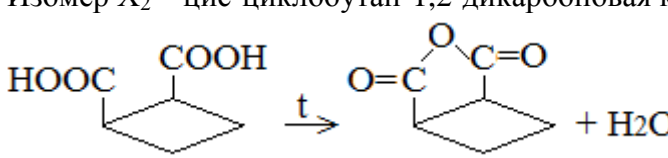
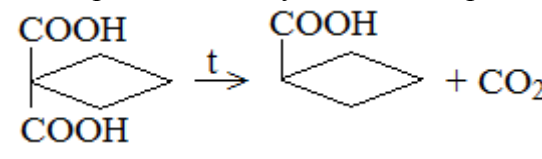
**4-2.** Препараты лития, в частности карбонат лития, применяются в качестве психотропных лекарственных средств – нормотимиков (стабилизаторов настроения) – при лечении аффективных расстройств. Эквимолярную (содержащую равные количества вещества) смесь карбоната лития и нитрата алюминия общей массой 11,48 г прокалили на воздухе до постоянной массы. Полученный твердый остаток полностью растворили в 100 мл 10%-ного раствора хлороводородной кислоты (плотность 1,06 г/мл). Определите массовые доли солей в полученном растворе.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$4\text{Li}_2\text{CO}_3 + 4\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 4\text{LiAlO}_2 + 2\text{Li}_2\text{O} + 12\text{NO}_2 + 4\text{CO}_2 + 3\text{O}_2$ $v(\text{Li}_2\text{CO}_3) = v(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = x$ $74x + 213x = 11,48$ $x = 0,04$	2
$v(\text{LiAlO}_2) = 0,04 \text{ моль}; m(\text{LiAlO}_2) = 0,04 \cdot 66 = 2,64 \text{ г}$ $v(\text{Li}_2\text{O}) = 0,02 \text{ моль}; m(\text{Li}_2\text{O}) = 0,02 \cdot 30 = 0,6 \text{ г}$ $v(\text{HCl}) = 100 \cdot 1,06 \cdot 0,1 / 36,5 = 0,29 \text{ моль} - \text{избыток}$	2
$2\text{LiAlO}_2 + \text{Li}_2\text{O} + 10\text{HCl} \rightarrow 4\text{LiCl} + 2\text{AlCl}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$	2
$m(\text{p-p}) = 2,64 + 0,6 + 100 \cdot 1,06 = 109,24 \text{ г}$ $\omega(\text{LiCl}) = 0,08 \cdot 42,5 / 109,24 = 0,031 (3,1\%)$ $\omega(\text{AlCl}_3) = 0,04 \cdot 133,5 / 109,24 = 0,049 (4,9\%)$	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	8
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	6
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	4
В ответе допущены ошибки в трех названных элементах	2
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	8



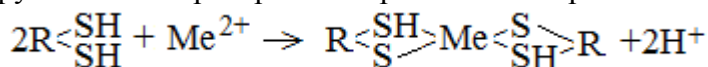
Задание 5

**5-2.** К веществам, входящим в состав аэрозольной упаковки медицинских препаратов, относятся пропелленты, в частности, фреоны. Наиболее применимым среди таких веществ в силу нетоксичности и инертности является Фреон С-318, представляющий производное циклобутана. Одно из производных циклобутана – циклобутандикарбоновая кислота – существует в виде пяти изомеров. Известно, что один из изомеров ( $X_1$ ) существует в виде рацемата – смеси оптических антиподов (энантиомеров); изомер  $X_2$  при нагревании образует циклический ангидрид и является геометрическим изомером  $X_1$ . Изомер  $X_3$  при нагревании разлагается с выделением углекислого газа. Приведите структурные формулы изомеров  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  и назовите их по систематической номенклатуре. Приведите структурные формулы энантиомеров соединения  $X_1$ . Напишите уравнения упомянутых реакций с участием изомеров  $X_2$  и  $X_3$ .

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Определен изомер <math>X_1</math> – транс-циклобутан-1,2-дикарбоновая кислота</p> 	1
<p>энантиомеры</p>  <p>или:</p> 	3
<p>Изомер <math>X_2</math> – цис-циклобутан-1,2-дикарбоновая кислота</p> 	2
<p>Изомер <math>X_3</math> – циклобутан-1,1-дикарбоновая кислота</p> 	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	8
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов	6
В ответе допущены ошибки в двух из названных выше элементов	4
В ответе допущены ошибки в трех названных элементах	2
Все элементы ответа записаны неверно	0
Максимальный балл	8

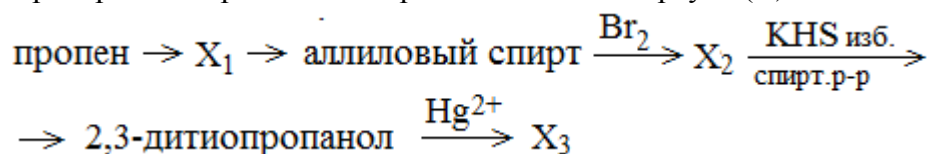
Задание 6

**6-2.** Дезинтоксикационные лекарственные средства используются в качестве антидота при отравлении соединениями тяжелых металлов. Терапевтическое действие связано со способностью тиольных групп таких препаратов образовывать прочные комплексы с



ионами металлов по схеме:

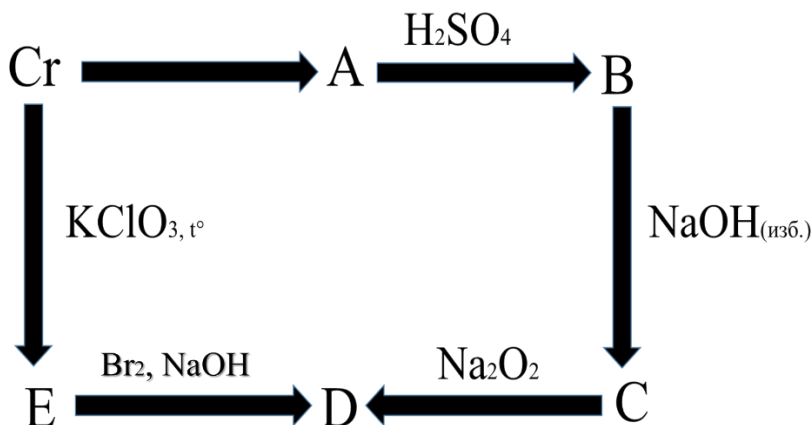
Одним из таких препаратов является Димеркапрол (БАЛ) – 2,3-дителиопропанол. Напишите уравнения реакций (с использованием структурных формул органических веществ) синтеза Димеркапрола из пропена и его реакцию с ионами ртути (II):



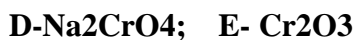
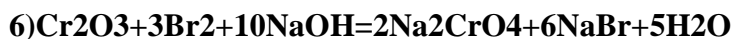
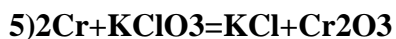
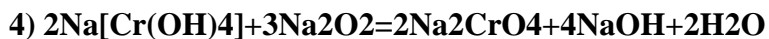
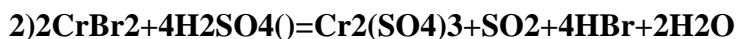
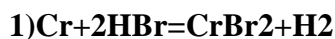
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{Br}_2 (t^0) \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br} + \text{HBr}$	2
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Br} + \text{NaOH}(\text{водн}) \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH} + \text{NaBr}$	2
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CHBr}-\text{CH}_2\text{OH}$	2
$\text{CH}_2\text{Br}-\text{CHBr}-\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{KHS} \rightarrow \text{CH}_2(\text{SH})-\text{CH}(\text{SH})-\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{KBr}$	2
$2 \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{SH} \\   \\ \text{CH}-\text{SH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} + \text{Hg}^{2+} \rightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{S}^{\text{H}} \\   \\ \text{CH}-\text{S} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} \text{Hg} \begin{array}{c} \text{S}-\text{CH}_2 \\   \\ \text{S}-\text{CH} \\   \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array} + 2\text{H}^+$	2
Правильно записаны все уравнения реакций, указаны условия проведения (там ,где необходимо)	10
Правильно записаны 4 уравнения реакций	8
Правильно записаны 3 уравнения реакций	6
Правильно записаны 2 уравнения	4
Правильно записано 1 уравнение	2
Максимальный балл	10

Задание 7

7-2. Напишите уравнения химических реакций, соответствующие следующей схеме превращений:



**РЕШЕНИЕ**



Правильно записаны все уравнения реакций, указаны условия проведения (там ,где необходимо) 12

Правильно записаны 4 уравнения реакций 8

Правильно записаны 3 уравнения реакций 6

Правильно записаны 2 уравнения 4

Правильно записано 1 уравнение 2

Максимальный балл 12

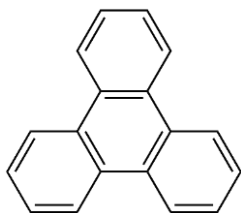
## ЗАДАНИЕ 8

**8-2.** В медицине широко применяются полиамидные и полиимидные материалы. Мономерами для получения полиимидных материалов служат внутримолекулярные ангидриды бензолполикарбоновых кислот, в частности, пиромеллитовыйдиангидрид (ПМДА). Органическое вещество  $X_1$ , относящееся к классу ангидридов кислот, можно получить двумя способами:

1) Дурол (1,2,4,5-тетраметилбензол) окисляют подкисленным раствором перманганата калия с образованием кислоты  $X_2$ , которую выделяют и нагревают до  $190^{\circ}\text{C}$  – образуется вещество  $X_1$ .

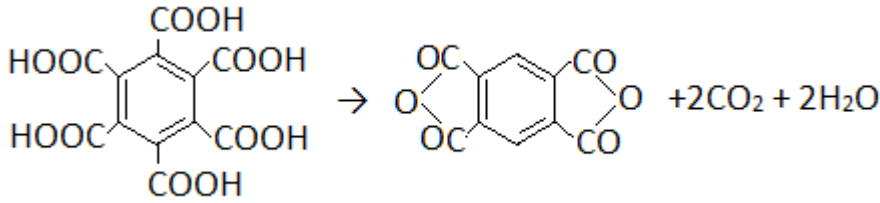
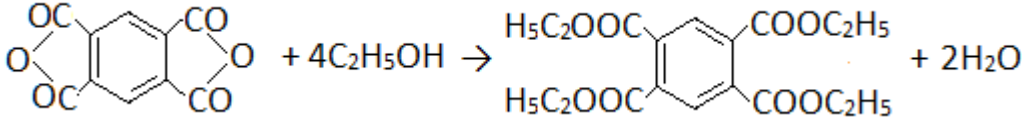
2) Трифенилен окисляют азотной кислотой при нагревании до  $160^{\circ}\text{C}$  и получают кислоту  $X_3$ , в которой массовая доля углерода равна 42,11%, а массовая доля кислорода 56,14%. При нагревании кислоты  $X_3$  до высокой температуры она частично декарбоксилируется с образованием вещества  $X_1$ .

Вещество  $X_1$  реагирует с избытком этанола с образованием сложного эфира  $X_4$ . Напишите уравнения пяти реакций с использованием структурных формул органических веществ и рассчитайте выход реакции окисления трифенилена, если для реакции было взято 46,4 г трифенилена и получено 30,8 г вещества  $X_3$ .



трифенилен

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
$5 \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_2 \\   \\ \text{H}_3\text{C} \end{array} + 24\text{KMnO}_4 + 36\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5 \begin{array}{c} \text{HOOC} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_2 \\   \\ \text{HOOC} \end{array} +$ $+ 24\text{MnSO}_4 + 12\text{K}_2\text{SO}_4 + 56\text{H}_2\text{O}$	2
$\begin{array}{c} \text{HOOC} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_2 \\   \\ \text{HOOC} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \text{OC} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_2 \\   \\ \text{CO} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O}$	2
$x:y:z = 42,11/12 : 1,75/1 : 56,14/16 = 2:1:2 = 12:6:12 (\text{C}_{12}\text{H}_6\text{O}_{12})$	2
$\text{C}_{18}\text{H}_{16} + 10\text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6(\text{COOH})_6 + 10\text{NO} + 6\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$	

	2
	2
$n(\text{C}_{18}\text{H}_{16}) = 46,4/232 = 0,2 \text{ моль}$ $n(\text{C}_6(\text{COOH})_6) = 30,8/342 = 0,09 \text{ моль}$ $\eta = 0,09 \cdot 100/0,2 = 45\%$	2
<p>Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы</p>	12
<p>В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов</p>	10
<p>В ответе допущены ошибки в двух элементах</p>	8
<p>В ответе допущены ошибки в трех элементах</p>	6
<p>В ответе допущены ошибки в четырех элементах</p>	4
<p>В ответе допущены ошибки в пяти элементах</p>	2
<p>Все элементы ответа записаны неверно</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	12

## ЗАДАНИЕ 9

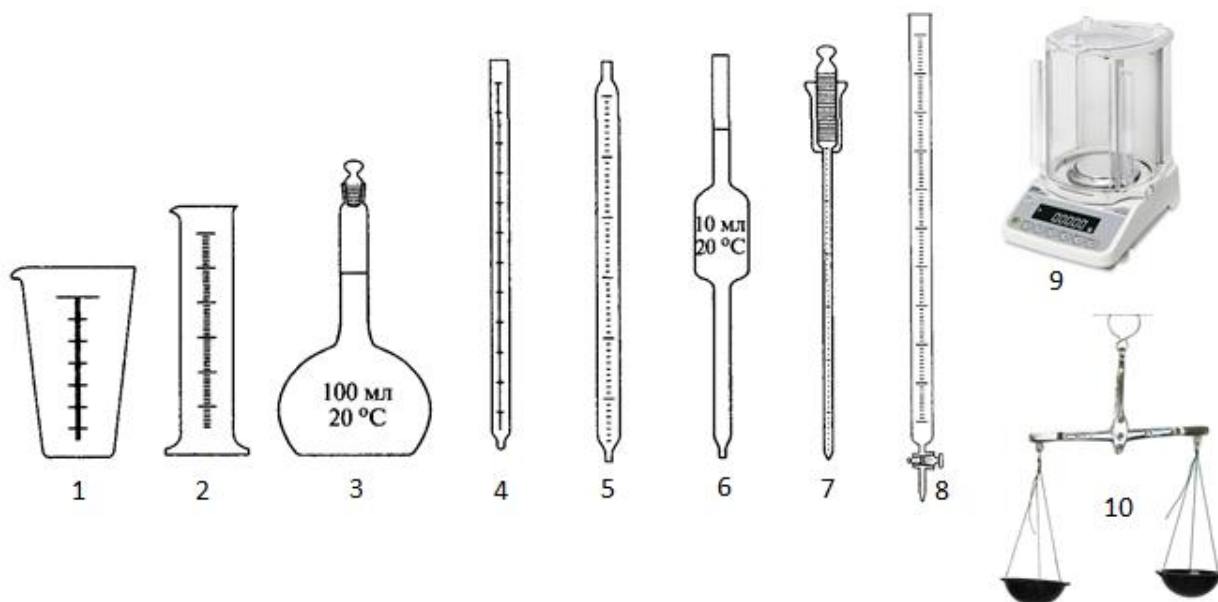
**9-2.** Пероксиды и надпероксиды щелочных металлов – компоненты систем регенерации кислорода, используются в системах жизнеобеспечения космических станций и подводных лодок.

Натрий полностью сожгли на воздухе и получили твердое вещество желтоватого цвета массой 13,35 г, в котором на 11 атомов натрия приходится 12 атомов кислорода. Через это вещество пропускали углекислый газ до прекращения изменения массы твердого вещества. Полученный твердый остаток полностью растворили в 200 мл воды. Определите минимальный объем 10%-ного раствора сульфата меди (II) с плотностью 1,1 г/мл, который необходимо добавить к полученному раствору, чтобы полностью осадить основной карбонат меди. Рассчитайте массовую долю соли в образовавшемся растворе.

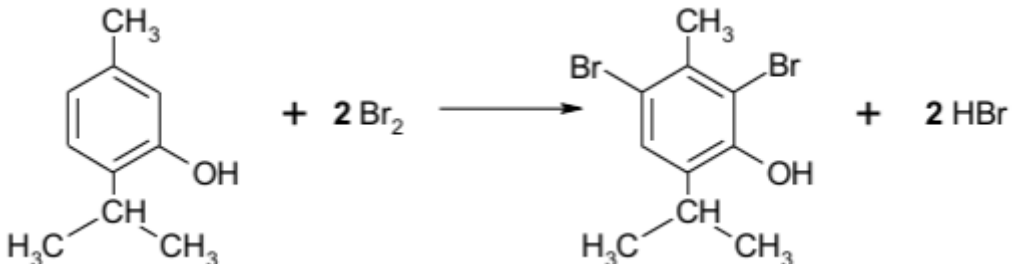
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<b>ЭЛЕМЕНТЫ ОТВЕТА</b> По условию – смесь $\text{Na}_2\text{O}_2$ и $\text{NaO}_2$ в молярном соотношении 5:1, т.к. $\nu(\text{Na}):\nu(\text{O}) = 11:12$ , получаем: $11\text{Na} + 6\text{O}_2 \rightarrow 5\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{NaO}_2$	2
$\nu(\text{NaO}_2) = x$ моль $\Rightarrow 78 \cdot 5x + 55x = 13,35$ ; $x = 0,03$ $\nu(\text{NaO}_2) = 0,03$ моль; $\nu(\text{Na}_2\text{O}_2) = 0,15$ моль	2
Уравнения реакций: $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$ $4\text{NaO}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2$	2
$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,03/2 + 0,15 = 0,165$ моль	2
$2\text{CuSO}_4 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4$	2
$V(\text{p-pCuSO}_4) = 0,165 \cdot 160 / 0,1 \cdot 1,1 = 240$ мл $m(\text{p-p}) = 200 + 0,165 \cdot 106 + 264 - 0,165 (222 + 44) / 2 = 459,55$ г	2
$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,165 \cdot 142 / 459,55 = 0,051$ (5,1%)	2
Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы	14
В ответе допущена ошибка в одном из названных выше расчетных элементов	12
В ответе допущена ошибка в двух расчетных элементах	8
В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах	4
Написаны только уравнения реакции с серной кислотой	2
Все элементы записаны неверно	0
Максимальный балл	14

## ЗАДАНИЕ 10

**10-2.** Тимол (5-метил-2-изопропилфенол) применяется в медицине при лечении гельминтозов; наружно в качестве антисептического средства для дезинфекции полости рта, носоглотки; в стоматологической практике — для обезболивания дентина. Для количественного определения тимола в лекарственной субстанции используют прямое броматометрическое титрование. Для этого 0,460 г субстанции помещают в мерную колбу на 100 мл и растворяют в 5 мл раствора гидроксида натрия, доводят объем раствора водой до метки и перемешивают. Аликвотную долю полученного раствора объемом 20,0 мл переносят в колбу для титрования, добавляют 0,5 г бромиды калия (избыток), 40 мл разбавленной серной кислоты (избыток), 3 капли метилового оранжевого и при сильном взбалтывании титруют 0,085М раствором бромата калия до исчезновения розовой окраски. На титрование затрачено 4,7 мл раствора бромата калия. Определите массовую долю тимола в субстанции. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данного метода. Выберите необходимую для проведения анализа аналитическую посуду и оборудование, назовите их и укажите, для чего данная посуда и оборудование используются.



\

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>ЭЛЕМЕНТЫ ОТВЕТА:</p> <p>Составлены уравнения химических реакций:</p> $\text{KBrO}_3 + 5 \text{KBr} + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3 \text{Br}_2 + 3 \text{K}_2\text{SO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$ 	4

$v(\text{KBrO}_3) = 0,085 \cdot 4,7 = 0,3995 \text{ ммоль}$ $v(\text{Br}_2) = 0,3995 \cdot 3 = 1,1985 \text{ ммоль}$ $v(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 1,1985/2 = 0,599 \text{ ммоль} - \text{ в } 20 \text{ мл раствора}$ $v(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 0,599 \cdot 5 = 2,996 \text{ ммоль} - \text{ в } 100 \text{ мл раствора}$ $m(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 2,996 \cdot 150/1000 = 0,449 \text{ г}$ $\omega(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}) = 0,449 \cdot 100/0,460 = 97,7\%$	4
<p>3 – мерная колба – для приготовления точного объема раствора анализируемого вещества;</p> <p>6 – пипетка Мора – для взятия аликвотной доли анализируемого раствора;</p> <p>8 – бюретка – для определения объема титранта;</p> <p>9 – аналитические весы – для взятия точной навески анализируемого вещества.</p>	4
<p>3 – мерная колба – для приготовления точного объема раствора анализируемого вещества;</p> <p>6 – пипетка Мора – для взятия аликвотной доли анализируемого раствора;</p> <p>8 – бюретка – для определения объема титранта;</p> <p>9 – аналитические весы – для взятия точной навески анализируемого вещества.</p>	6
<p>Ответ правильный и полный, включает все названные выше элементы</p>	18
<p>Составлены уравнения реакций</p>	4
<p>В ответе допущена ошибка в одном из названных выше элементов, не оказывающая принципиального влияния на решение</p>	16
<p>Ошибка допущена в двух из названных выше элементов</p>	10
<p>Ошибка допущена в трех элементах</p>	4
<p>Ошибка допущена во всех элементах</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	18