

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в Томской области в 2025-2026 учебном году
10 класс

КЛЮЧИ

Время выполнения заданий – 235 мин.

Максимальное количество первичных баллов – 90, итоговых – 100.

Задание №1.

1. Определите металлы **X**, **Y**, **Z**.
2. Определите соединения **A-E**.
3. Рассчитайте состав исходной смеси карбонатов. Выходы всех реакций считайте количественными.
4. Напишите уравнения реакций 1-5.
5. Приведите тривиальное название соли **E**.

Решение.

1. Можно однозначно сделать вывод, что металлом **X** является натрий, на что указывает характерный цвет окраски пламени фильтрата. Наряду с натрием имеем ещё один растворимый карбонат (вероятно, ЩМ) и один нерастворимый (скорее всего, ЩЗМ). Осадок **A** — нерастворимый в воде карбонат массой 40 г. После прокаливании он превратился в оксид **B** массой 22,4 г. Масса выделившегося CO_2 составила $40 \text{ г} - 22,4 \text{ г} = 17,6 \text{ г}$. Тогда количество вещества CO_2 : $\nu(\text{CO}_2) = m / M = 17,6 \text{ г} / 44 \text{ г/моль} = 0,4 \text{ моль}$. Тогда молярная масса оксида **B**, из предположения, что это оксид ЩЗМ: $M(\text{B}) = m(\text{B}) / \nu(\text{CO}_2) = 22,4 / 0,4 = 56 \text{ г/моль}$. Вычитая массу кислорода, получим 40 г/моль, что соответствует кальцию, металлу **Z**. Тогда **A** — CaCO_3 , **B** — CaO . Осадок **C** — перхлорат калия KClO_4 , одна из немногих плохо-растворимых солей калия. На это также указывают специфичные способы получения **C** из вещества **E**. Тогда металл **Y** — калий, **D** — O_2 , **E** — KClO_3 .

2. Разгаданные вещества представлены ниже в таблице:

A	B	C	D	E	X	Y	Z
CaCO_3	CaO	KClO_4	O_2	KClO_3	Na	K	Ca

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в Томской области в 2025-2026 учебном году
10 класс**

3. Мы уже знаем, что масса карбоната кальция **A** 40 г. Значит, оставшиеся 20 г — суммарная масса карбонатов калия и натрия. Массу карбоната калия можно найти из массы перхлората калия **C**. Молярная масса $M(\text{KClO}_4) = 138,5$ г/моль, количество вещества KClO_4 : $\nu(\text{KClO}_4) = m / M = 13,85 \text{ г} / 138,5 \text{ г/моль} = 0,1$ моль. Из уравнения реакции получения перхлората из карбоната видно, что из 1 моля K_2CO_3 образуется 2 моля KClO_4 . Следовательно, для образования 0,1 моль KClO_4 требуется: $\nu(\text{K}_2\text{CO}_3) = \nu(\text{KClO}_4) / 2 = 0,1 \text{ моль} / 2 = 0,05$ моль. Рассчитаем массу K_2CO_3 : $M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138$ г/моль, $m(\text{K}_2\text{CO}_3) = \nu * M = 0,05 \text{ моль} * 138 \text{ г/моль} = 6,9$ г. Рассчитаем массу Na_2CO_3 : $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 20 \text{ г} - 6,9 \text{ г} = 13,1$ г. Итоговый состав исходной смеси: CaCO_3 — 40,0 г (66,67%), K_2CO_3 — 6,9 г (11,50%), Na_2CO_3 — 13,1 г (21,83%).

4. 1) $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$
 2) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HClO}_4 \rightarrow 2 \text{NaClO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
 3) $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2 \text{HClO}_4 \rightarrow 2 \text{KClO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
 4) $\text{KClO}_4 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{KCl} + 2\text{O}_2 \uparrow$
 5) $4 \text{KClO}_3 \xrightarrow{t} \text{KCl} + 3 \text{KClO}_4$

5. Хлорат калия **E** был впервые получен Клодом Бертолле в 1786, отсюда и тривиальное название бертолетова (либо бертоллетова) соль.

Система оценивания:

	Определение металлов X-Z — по 1,5 балла за каждый металл.	4,5 балла
	Определение соединений A-E — по 1,5 балла за каждое.	7,5 балла
	Расчет состава смеси карбонатов — 2 балла.	2 балла
	Уравнение реакции — по 1 балл за каждую верно уравненную, за неуравненную реакцию — 0 баллов.	5 баллов
	Указание тривиального названия E .	1 балл
	ИТОГО:	20 баллов

Задание №2.

Неизвестная смесь газов имеет плотность 1,25 г/л при нормальных условиях. При сжигании 5,6 г этого газа образуется 6,6 г газа **X** (содержит 72,7 масс.% O) и 3,5 г твердого вещества **Y** (68,6 масс.% O), а масса хлоркальциевой трубки, соединенной с сосудом для сжигания, увеличилась на 2,7 г (хлоркальциевая трубка поглощает образовавшуюся влагу).

Определите количественный состав исходного газа и формулы веществ **X** и **Y**.

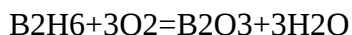
**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в Томской области в 2025-2026 учебном году
10 класс**

Решение.

Средняя молярная масса газа: $M = \rho \cdot V_m = 1,25 \cdot 22,4 = 28$ г/моль. Такую молярную массу (с точностью до целых) имеют 4 газа: CO, N₂, C₂H₄ и B₂H₆.

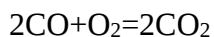
По массовым долям кислорода находим –

X–CO₂ ($\omega(O) = 32/44 = 0,727$), Y–B₂O₃ ($\omega(O) = 48/70 = 0,686$). Газ, из которого образовался B₂O₃, – диборан, B₂H₆.



$\nu(B_2H_6) = 3,5/70 = 0,05$ моль, $\nu(H_2O) = 3 \cdot 0,05 = 0,15$ моль, $m(H_2O) = 0,15 \cdot 18 = 2,7$ г.

При образовании CO₂ вода не выделялась, следовательно, в исходной смеси был CO.



$\nu(CO) = \nu(CO_2) = 6,6/44 = 0,15$ моль.

Ответ. Исходный газ — смесь 0,05 моль B₂H₆ и 0,15 моль CO.

Система оценивания:

1	Вычисление средней молярной массы газа по плотности ($M = 28$ г/моль)	2 балла
2	Обоснованный выбор возможных газов с $M \approx 28$ (CO, N ₂ , C ₂ H ₄ , B ₂ H ₆) и вывод, что смесь состоит не из одного вещества	3 балла
3	Определение веществ по массовым долям O: X = CO ₂ , Y = B ₂ O ₃ (по 3 балла за каждое правильно установленное вещество)	6 баллов
4	Расчёт $\nu(B_2H_6)$, $m(H_2O)$ и вывод о присутствии B ₂ H ₆ (2 балла)	2 балла
5	Реакция окисления B ₂ H ₆ до B ₂ O ₃ и H ₂ O, реакция окисления CO до CO ₂ (по 2 балла; при верных продуктах, но неуравненной реакции — 1 балл)	4 балла
6	Расчёт $\nu(CO)$ по массе CO ₂ и вывод о присутствии CO	2 балла
7	Запись окончательного количественного состава исходной смеси: 0,05 моль B₂H₆ и 0,15 моль CO (если посчитано что-то одно, то 0,5 балла)	1 балл
	ИТОГО:	20 баллов

Задание №3.

Хорошо известно, что ионные соединения в водных растворах могут участвовать в реакциях ионного обмена. В таблице ниже приведены некоторые сведения о взаимодействии водных растворов солей A1–A5 с выбранными реагентами.

Соль	Цвет водного раствора	Массовая доля металла, %	Реагент	Наблюдения
A1	Синий	39,82	BaCl ₂	белый осадок
A2	Зеленый	26,86	AgNO ₃	слегка желтоватый осадок

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в Томской области в 2025-2026 учебном году
10 класс

A3	Бесцветный	20,48	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	ярко-желтый осадок
A4	Зеленоватый	36,76	Na_2S	черный осадок
A5	Розовый	45,39	KF	розовый осадок

Иногда реакции ионного обмена бывают осложнены протеканием других процессов, например, окислительно-восстановительными реакциями. Так, при взаимодействии слегка розоватого раствора соли A6 (содержащей 30,70% металла по массе) с раствором гидроксида натрия образуется белый осадок, который на воздухе быстро буреет.

1. Определите формулы солей A1–A5, если дополнительно известно, что в составе соединений A1 и A4 присутствует один и тот же анион, а массовая доля в таблице приведена в пересчете на безводную соль. Ответ подтвердите расчетами и уравнениями реакций.

2. Установите формулы соли A6. Приведите уравнения процессов, описанных в задаче.

Решение.

1. Исходя из выпадения белого осадка при взаимодействии раствора соли A1 с хлоридом бария, можно предположить, что эта соль является сульфатом.

Исходя из этого, эквивалентная масса металла в соли A1 составит:
 $48,03 / (1 - 0,3982) - 48,03 = 31,78$ г/моль.

При валентности равной 2 атомный вес металла составит **63,56 г/моль**, что вместе с синим цветом раствора хорошо соответствует двухвалентной меди. Значит, **A1 - это сульфат меди(II), CuSO_4** .

Нитрат серебра является качественным реагентом на галогенид-ионы, а слегка желтоватый цвет осадка говорит о том, что соль A2 является бромидом.

Тогда эквивалентная масса металла в соли A2 составит:
 $79,90 / (1 - 0,2686) - 79,90 = 29,34$ г/моль.

При валентности равной 2 атомный вес металла составит **58,68 г/моль**, что с зеленым цветом исходного раствора соответствует двухвалентному никелю. Значит, **A2 - это бромид никеля(II), NiBr_2** .

Образование ярко-желтого осадка с нитратом свинца говорит о том, что A3 является йодидом.

Тогда эквивалентная масса металла в соли A3 составит:
 $126,90 / (1 - 0,2048) - 126,90 = 32,68$ г/моль.

При валентности равной 2 атомный вес металла составит **65,36 г/моль**, что с отсутствием окраски раствора соответствует цинку. Значит, **A3 - это йодид цинка(II), ZnI_2** .

В условии задачи сказано, что в составе соединений A1 и A4 присутствует один и тот же анион, значит A4 также является сульфатом, как и A1.

Тогда эквивалентная масса металла в соли A4 составит:
 $48,03 / (1 - 0,3676) - 48,03 = 27,92$ г/моль.

При валентности равной 2 атомный вес металла составит **55,84 г/моль**, что вместе с зеленоватым цветом раствора и образованием черного осадка при взаимодействии с сульфидом натрия хорошо соответствует двухвалентному железу. Значит, **A4 - это сульфат железа(II), FeSO_4** .

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в Томской области в 2025-2026 учебном году
10 класс**

Розовый цвет исходного раствора, образование розового осадка при взаимодействии со фторидом калия, а также тот факт, что все предыдущие соли являются солями 3d-металлов, позволяют сделать предположение, что А₅ является некоторой солью кобальта.

Тогда на кислотный остаток в ней приходится:
 $58,93 / 0,4539 - 58,93 = 70,90$ г/моль.

Данная масса соответствует двум атомам хлора.
 Значит, **А₅ - это хлорид кобальта(II), CoCl₂.**

Таким образом, соли А₁–А₅:

А₁ – CuSO₄

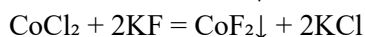
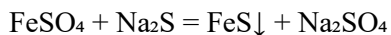
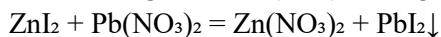
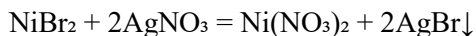
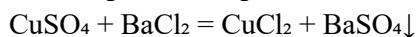
А₂ – NiBr₂

А₃ – ZnI₂

А₄ – FeSO₄

А₅ – CoCl₂

Уравнения реакций:

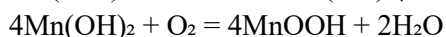
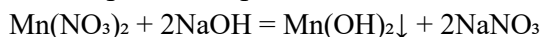


2. Слегка розоватый исходный раствор и образование с гидроксидом натрия белого осадка, быстро бурящего на воздухе, являются признаком марганца(II).

Тогда на кислотный остаток приходится (из расчета на один атом марганца):
 $54,94 / 0,3070 - 54,94 = 124,02$ г/моль.

Данная масса хорошо соответствует двум нитрат-анионам, следовательно,
А₆ – это нитрат марганца(II), Mn(NO₃)₂.

Уравнения реакций:



Система оценивания:

1	Верное указание формул солей А₁–А₅ (по 1 баллу за каждую) и соли А₆ (2 балла)	7 баллов
2	Подтверждение формул А₁–А₅ и А₆ расчетами массовой доли металла с учетом природы аниона, цвета растворов и наблюдаемых осадков	6 баллов
3	Уравнения реакций солей А₁–А₅ с соответствующими реагентами записаны верно и уравнены (по 1 баллу за каждое из 5); при верных продуктах, но неуравненной реакции — 0,5 балла	5 баллов
4	Уравнения реакций для соли А₆ : взаимодействие с NaOH и последующее окисление на воздухе (по 1 баллу за каждое; при верных продуктах, но неуравненной реакции — 0,5 балла)	2 балла
	ИТОГО:	20 баллов

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в Томской области в 2025-2026 учебном году
10 класс

Задание №4.

«Пластмассовый мир победил...»

Невозможно представить современный мир без полимеров. Они окружают нас повсюду: упаковки, трубы, скрытых в стенах наших домов, синтетические волокна в нашей одежде, мебель, контейнеры — все это и многое другое содержит в себе полимеры. Среди тысяч видов полимеров самими простыми являются алифатические. Ключевая особенность их строения — отсутствие прочных ароматических бензольных колец в основной цепи. Вместо этого их скелет состоит из линейных и циклических фрагментов. Казалось бы, такая простота химического строения должна означать ограниченность применения. Но действительность демонстрирует обратное. Именно эта структурная «скромность» наделила их уникальным сочетанием свойств: легкостью, прочностью, химической стойкостью и невероятной технологичностью.

Вашему вниманию предлагается цепочка превращений, содержащая основные и самые востребованные алифатические полимеры. Вам необходимо ее расшифровать. Дополнительно известно, что массовая доля углерода в газообразном веществе **A** равна $\omega(\text{C}) = 92,26\%$ ($M(\text{A}) \leq 50$ г/моль).

Задания:

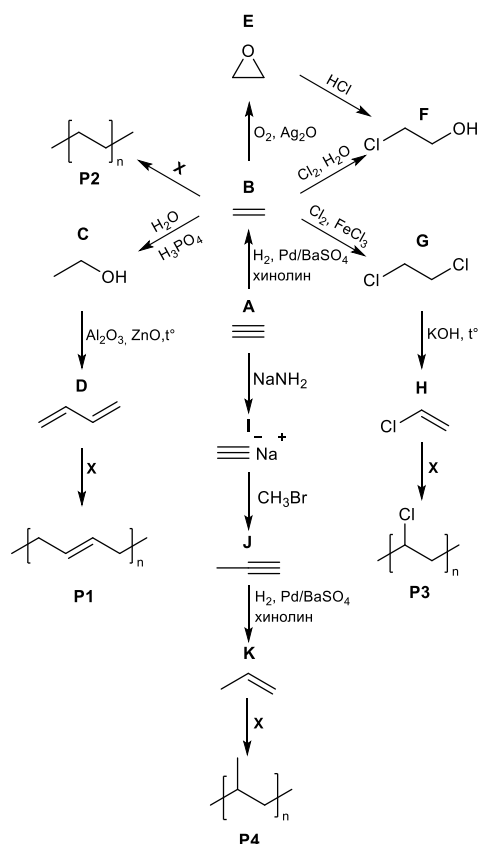
1. Приведите структурные формулы соединений **A-K** и полимеров **P1-P4**.
2. Приведите название катализатора **X**, содержащего в своей основе TiCl_4 и $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ и часто использующегося для полимеризации алифатических алкенов.
3. Реакция получения **D** из **C** является именной. Укажите ее название

Решение

1. Химические свойства молекулы **A** указывают, что это алкин. По массовой доле углерода можно однозначно установить формулу соединения **A**: $M(\text{A}) = M(\text{C})/\omega(\text{C}) \times n = 12/0,9226 \times n = 13 \times n$, где n — количество атомов углерода в молекуле **A**. Из-за ограничений на молярную массу подходит только $n = 2$. Тогда **A** — ацетилен C_2H_2 .

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в Томской области в 2025-2026 учебном году
10 класс**

Структуры остальных соединений **В-К** и полимеров **Р1-Р4** показаны ниже:



2. Для полимеризации алифатических олефинов часто используют катализатор на основе TiCl_4 и $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$, который носит название Циглера-Натта по имени его создателей.

3. Получение 1,3-бутадиена из этанола в присутствии оксида цинка и алюминия является реакцией Лебедева.

Система оценивания:

1	Указание структурных формул соединений А-К и Р1-Р4 — 15 баллов, по 1 баллу за каждое соединение.	15 баллов
2	Указание названия катализатора — 2,5 балла.	2,5 балла
3	Указание названия реакции — 2,5 балла.	2,5 балла
	ИТОГО:	20 баллов

Задание 5.

Кислота **X** одна из самых сильных неорганических кислот. Её водный раствор объёмом 500 мл, содержащий 5,025 г кислоты **X**, имеет pH равный 1.

- 1) Определите молярную концентрацию такого раствора и формулу кислоты **X**.
- 2) Какой pH будет иметь раствор уксусной кислоты такой же молярной концентрации?

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в Томской области в 2025-2026 учебном году
10 класс**

Решение.

1) Вычислим концентрацию катионов водорода в растворе кислоты X.

$$pH = -\lg c(H^+) \Rightarrow c(H^+) = 10^{-pH} = 10^{-1} = 0,1 \text{ моль/л}$$

Так как кислота X – одна из самых сильных неорганических кислот, то концентрация катионов водорода равна концентрации кислоты.

$$c(X) = c(H^+) = 0,1 \frac{\text{моль}}{\text{л}} \Rightarrow n(X) = c(X) \cdot V = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ моль} \Rightarrow \\ \Rightarrow M(X) = \frac{m(X)}{n(X)} = \frac{5,025}{0,05} = 100,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Если кислота очень сильная, то логично предположить, что она одноосновная. Тогда на кислотный остаток будет приходиться 99,5 г/моль. Предположим, что кислота кислородсодержащая. Составим таблицу возможных вариантов.

Количество атомов кислорода	Масса, приход, на атомы кислорода	Атомная масса другого элемента	Возможные варианты
1	16	83,5	Близко к Kr
2	32	67,5	Нет такого
3	48	51,5	Нет такого
4	64	35,5	Cl

Вариант с криптоном несколько безумный, а с хлором вполне состоятельный, учитывая, что получается известная хлорная кислота $HClO_4$.

2) Уксусная кислота – слабая, следовательно, при расчёте pH необходимо учитывать её константу кислотности.

$$pH = -\lg c(H^+) = -\lg(c(к - ты) \cdot \alpha) = -\lg \left(c(к - ты) \cdot \sqrt{\frac{K_a}{c(к - ты)}} \right) = \\ = -\lg \left(\sqrt{c(к - ты) \cdot K_a} \right) = -\lg \left(\sqrt{0,1 \cdot 1,75 \cdot 10^{-5}} \right) = 2,88$$

Отметим, что решение может быть построено на других алгоритмах расчёта pH слабых кислот.

Система оценивания.

1)	Расчёт молярной концентрации кислоты X (1 б) Расчёт молярной массы кислоты X (2 б) Определение формулы кислоты X (2 б)	5 б
2)	Идея о том, что концентрация катионов водорода не равна концентрации уксусной кислоты (2 б); Расчёт pH (3 б)	5 б
	ИТОГО	10 б