

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

КЛЮЧИ

Время выполнения заданий – 235 мин.

Максимальное количество первичных баллов – 87, итоговых – 100.

Задание №1.

Приготовили концентрированный раствор серной кислоты объёмом 100 мл, плотностью 1,435 г/мл и массовой долей кислоты 54%.

1) Вычислите молярную концентрацию и титр этого раствора. В конце задачи приведены справочные формулы.

Из приготовленного раствора отобрали 10 мл и внесли их в 190 мл воды.

2) Какой теперь станет массовая доля кислоты в растворе и молярная концентрация? Вычислите молярную концентрацию такого раствора. Примите, что объём раствора равен сумме объёмов смешиваемых жидкостей.

Примечание.

1) Массовая доля (ω) – отношение массы растворенного вещества (m) к общей массе раствора ($m_{\text{р-ра}}$).	$\omega = \frac{m}{m_{\text{р-р}}} \cdot 100 \%$
2) Молярная концентрация (C_M) – отношение количества растворенного вещества (n) к объёму раствора (V), выраженному в литрах.	$C_M = \frac{n}{V}$
3) Молярная концентрация (C_m) – отношение количества растворенного вещества (n) к 1 кг растворителя ($m_{\text{р-ля}}$).	$C_m = \frac{n}{m_{\text{р-ль}}}$
4) Титр (T) – масса растворенного вещества (m) в 1 мл раствора.	$T = \frac{m}{V}$
5) Плотность (ρ) – отношение массы вещества к его объёму.	$\rho = \frac{m}{V}$

Решение.

1) Вычислим массу раствора, массу серной кислоты и её количество вещества.

$$m_{\text{р-ра}} = \rho V = 1,435 \cdot 100 = 143,5 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega = 143,5 \cdot 0,54 = 77,49 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{77,49}{98} = 0,7907 \text{ моль}$$

Теперь мы имеем все необходимые данные для расчета различных видов концентраций по указанным формулам. Необходимо также перевести объём в литры.

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

$$C_M = \frac{n(H_2SO_4)}{V} = \frac{0,7907}{0,1} = 7,907 \text{ моль/л}$$

$$T = \frac{m}{V} = \frac{77,49}{100} = 0,7749 \text{ г/мл}$$

2) Вычислим массу 10 мл раствора из пункта 1, а также массу и количество серной кислоты.

$$m_{p-pa} = \rho V = 1,435 \cdot 10 = 14,35 \text{ г}$$

$$m(H_2SO_4) = m_{p-pa} \cdot \omega = 14,35 \cdot 0,54 = 7,749 \text{ г}$$

$$n(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{7,749}{98} = 0,07907 \text{ моль}$$

После внесения 10 мл такого раствора в 190 мл (190 г) воды получаем раствор массой 204,35 г. Вычислим массу воды в таком растворе – она пригодится для расчёта моляльной концентрации.

$$m(H_2O) = m_{p-pa} - m(H_2SO_4) = 204,35 - 7,749 = 196,601 \text{ г}$$

По условию сказано, что объём конечного раствора равен сумме объёмов смешиваемых жидкостей, тогда объём конечного раствора равен 200 мл.

Теперь можно вычислить каждую из требуемых концентраций. Нужно учесть, что при расчёте моляльной концентрации масса растворителя берётся в килограммах.

$$\omega = \frac{m}{m_{p-pa}} = \frac{7,749}{204,35} = 0,0379 = 3,79\%$$

$$C_M = \frac{n(H_2SO_4)}{V} = \frac{0,07907}{0,2} = 0,39535 \text{ моль/л}$$

$$C_m = \frac{n}{m_{p-ль}} = \frac{0,07907}{0,196601} = 0,402 \text{ моль/кг}$$

Система оценивания:

1	Вычисление массы серной кислоты – 2 балла Количество вещества серной кислоты – 1 балл Расчёт нужных концентраций – по 1,5 балла за каждую (3 балла всего)	6 баллов
2	Вычисление массы воды в конечном растворе – 1,5 балла Расчёт новых концентраций – по 1,5 балла за каждую (4,5 балла всего)	6 баллов
	ИТОГО	12 баллов

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

Задание №2.

Серебристо-белые простые вещества X, Y и Z, образованные элементами одной группы, на воздухе покрываются корками, состоящими из различных бинарных соединений.

Кусочек X оставили надолго в камере, заполненной сухим воздухом (образовались вещества X_O и X_1), а затем растворили в воде (р-ции 1 – 3). При взаимодействии X_1 с водой образуется газ, раствор имеет щелочную реакцию среды и характерный резкий запах. Известно, что массовая доля кислорода в X_O 53,3%.

На поверхности кусочков Y и Z при длительном хранении в сухом воздухе образуются вещества Y_O и Z_O , соответственно (р-ции 4 и 5). Навеску вещества Y_O массой 1.000 г растворили в 25.00 мл соляной кислоты ($C = 1.000$ моль/л) при этом выделился газ, поддерживающий горение и перекись водорода, а на нейтрализацию избытка кислоты потребовалось 11.00 мл раствора NaOH ($C = 0.994$ моль/л). Такая же навеска вещества Z_O в избытке холодной соляной кислоты растворяется без выделения газа. Также известно, что в Z_O соотношение элементов 1:1, а в Y_O – 2:1.

Смесь веществ Y_O и Z_O применяется в космонавтике для регенерации кислорода внутри космических аппаратов. При поглощении ими углекислого газа выделяется кислород (р-ции 6 и 7).

1. Определите вещества X – Z, X_O , X_1 , Y_O , Z_O , ответ обоснуйте. Состав Y_O подтвердите расчётом.
2. Напишите уравнения реакций 1 – 7.

Решение.

Из описания свойств простых веществ видно, что это высокореакционные металлы, которые на воздухе быстро покрываются кислородсодержащими соединениями. Наиболее логично предположить, что речь идёт о щелочных металлах: они способны образовывать разные типы кислородных соединений — от оксидов до пероксидов, супероксидов и озонидов (последние, впрочем, в обычных условиях на воздухе не образуются). Щелочноземельные металлы сюда не подходят, поскольку при их окислении преимущественно образуются оксиды, а взаимодействие таких оксидов с кислотами не сопровождается выделением газов, способных поддерживать горение.

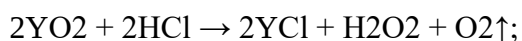
Очевидно, что X_O – оксид, из массовой доли кислорода считаем, что X – Li, а X_O – Li_2O ($w(O) = 16/30 = 0,533$). По описанию опытов с окисленными кусочками X заметно упоминание о появлении резкого запаха. Это указывает на выделение аммиака, который

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

образуется при гидролизе продуктов окисления **X**. Это как раз возможно только для лития, значит **X₁** - **Li₃N**.

Выделение газа, воспламеняющего тлеющую лучину, указывает на образование кислорода. Соотношение 1:1 у **Z_o** даёт понять, что это **пероксид натрия Na₂O₂**, а **Z** – натрий (единственный щелочной металл, образующий на воздухе пероксид). А 2:1 – супероксид.

Осталось всего три металла (**K**, **Rb**, **Cs**), и все они образуют супероксиды. В соответствии со стехиометрией реакции взаимодействия супероксида с соляной кислотой они реагируют в соотношении 1:1:



$$\nu(\text{HCl}) = \nu(\text{Y}_o) = 25.00 \cdot 10^{-3} \cdot 1.000 - 11.00 \cdot 0.994 \cdot 10^{-3} \approx 0.0141 \text{ моль}$$

$$M(\text{Y}_o) = m(\text{Y}_o) / \nu(\text{Y}_o) = 1.00 \text{ г} / 0.0141 \text{ моль} \approx 70.9 \text{ г/моль}.$$

Следовательно, **Y_o** – супероксид калия **KO₂**, тогда **Y** – калий.

2. Уравнения реакций:

- 1) $2\text{Li} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{LiOH} + \text{H}_2\uparrow;$
- 2) $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{LiOH};$
- 3) $\text{Li}_3\text{N} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{LiOH} + \text{NH}_3;$
- 4) $\text{K} + \text{O}_2 \rightarrow \text{KO}_2$
- 5) $2\text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2$
- 6) $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2\uparrow;$
- 7) $4\text{KO}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{O}_2\uparrow;$

Система оценивания:

1	Обоснование выбора группы элементов (щелочные металлы), объяснение признаков реакций (расчёт по массовой доле, выделение NH₃ , O₂ , щелочная среда и т. д.)	3 балла
2	Расчёт молекулярной массы YO из данных задачи и подтверждение, что YO = KO₂ (правильный расчет и логичный вывод)	4 балла
3	Правильно определены все вещества: X = Li , Y = K , Z = Na , X_o = Li₂O , X₁ = Li₃N , Z_o = Na₂O₂ (по 1 баллу за каждое вещество)	6 баллов
4	Уравнения реакций № 1–7 записаны верно и уравнены (по 1 баллу за каждое; если продукты указаны верно, но реакция не уравнена — по 0,5 балла)	7 баллов
	ИТОГО:	20 баллов

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

Задание №3.

Неизвестное кристаллическое вещество **A** имеет зеленоватый цвет и при нагревании 3,92 г вещества образуется твёрдое вещество **B** массой 2,84 г (потеря массы — только кристаллизационная вода).

В растворе вещество **A** диссоциирует с образованием двух разных катионов металлов M^{1+} и M^{2+} , а также аниона, который при взаимодействии с ионами бария даёт осадок (реакция 1).

При добавлении к раствору **A** раствора перекиси водорода с щелочью наблюдается образование бурого осадка вещества **C**, а также выделение бесцветного газа с резким запахом (реакция 2).

Если растворить **A** в воде и добавить раствор перманганата калия в кислой среде, окраска перманганата исчезает, и образуется раствор, содержащий ион D^{3+} (реакция 3).

При добавлении к раствору, содержащему ион D^{3+} , раствора роданида аммония наблюдается появление ярко-красной окраски (реакция 4).

- 1) Определите состав вещества **A**, **B**, **C**, M^{1+} , M^{2+} и напишите его формулу.
- 2) Напишите уравнения реакций 1-2. Уравнения реакций 3-4 напишите в ионном виде.
- 3) Объясните, почему вещество **A** используется для приготовления стандартных растворов при окислительно-восстановительном титровании.

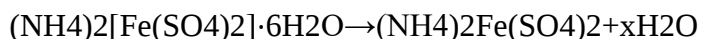
Решение.

В растворе два разных катиона и анион SO_4^{2-} (качественная реакция с барием) → значит, это **двойная соль**. Наличие воды говорит о том, что это кристаллогидрат. Выделение бесцветного газа с резким запахом в щелочной среде – говорит о наличии катионов $(NH_4)^+$.

При окислении M^{2+} в щелочной среде образуется бурый осадок. Это смело даёт предположить, что второй катион M^{2+} - Fe^{2+} . Зелёный - типичный цвет солей железа(II).

С учетом стехиометрии, неизвестная соль имеет формулу $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot xH_2O$

Тогда можно узнать, сколько молекул воды содержится в кристаллогидрате:



$$m(H_2O) = 3,92 - 2,84 = 1,08 \text{ г}$$

$$n(H_2O) = 1,08 / 18 = 0,06$$

$$n((NH_4)_2Fe(SO_4)_2) = 2,84 / 284 = 0,01 \text{ моль} \rightarrow 0,01 \cdot x = 0,06 \rightarrow x = 6$$

Неизвестное кристаллическое вещество **A** - соль Мора: $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$

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

Уравнения реакций:

- 1) $(\text{NH}_4)_2[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- 2) $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + 8\text{NaOH} = 4\text{NH}_3 + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 3) $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightarrow [\text{Fe}(\text{SCN})_3]$

Соль Мора содержит Fe^{2+} , который обычно легко окисляется воздухом, но в этой кристаллической форме он стабилизирован ионами NH_4^+ и SO_4^{2-} . Это делает соль устойчивой при хранении, пригодной для точных стандартных растворов Fe^{2+} .

Система оценивания:

1	Указано, что анион — SO_4^{2-} , вещество А является двойной солью и кристаллогидратом (правильное пояснение логики выбора)	2 балла
2	Определены составы: $\text{A} = (\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{B} = (\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$, $\text{C} = \text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{M}^{1+} = \text{NH}_4^+$, $\text{M}^{2+} = \text{Fe}^{2+}$ (по 2 балла за каждый правильный ответ)	8 баллов
3	Подтверждение расчётом формулы кристаллогидрата	2 балла
4	Корректно записаны уравнения реакций 1,4	2 балла
5	Корректно записаны уравнения реакций 2,3	4 балла
6	Объяснено, почему $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ подходит для приготовления стандартных растворов (высокая стабильность, определённый состав)	2 балла
	ИТОГО:	20 баллов

Задание №4.

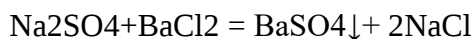
В пяти пробирках находятся разбавленные растворы солей натрия: карбоната, сульфата, хлорида, бромид и иодида. Можно ли распознать эти растворы, не используя дополнительных реактивов? Если нет, то какое минимальное количество дополнительных реактивов понадобится? Опишите процедуру распознавания, составьте уравнения протекающих реакций и укажите их признаки.

Решение.

Потребуется минимум два дополнительных реактива: раствор, содержащий хлорид бария и соляную кислоту, и хлорная вода. Экспериментальная процедура:

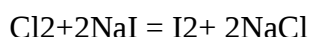
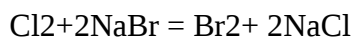
1. Приливаем ко всем пробиркам первый реактив: в пробирке с сульфатом выпадет белый осадок, в пробирке с карбонатом выделится газ:

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



В остальных пробирках видимых изменений не будет.

2. Теперь различим галогениды: во все три пробирки добавим хлорную воду. В пробирке с бромидом натрия раствор пожелтеет из-за выделяющегося брома, в пробирке с иодидом выделится иод, который придаст раствору темную окраску. В пробирке с хлоридом видимых изменений не будет.



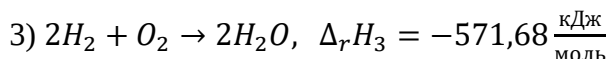
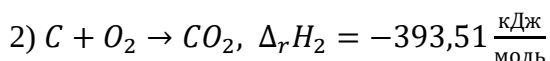
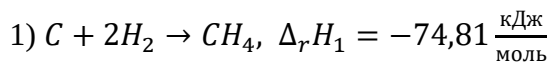
Использовать нитрат серебра для распознавания галогенидов не стоит, так как растворы — разбавленные, и окраска осадков будет едва различима.

Система оценивания:

1	Указано, что без дополнительных реактивов однозначно распознать все растворы нельзя (2 балла); обозначено, что требуется минимум 2 реактива: раствор BaCl_2 в HCl и хлорная вода (2 балла)	4 балла
2	Описано распознавание карбоната и сульфата с помощью раствора BaCl_2 в HCl : выпадение BaSO_4 только из сульфата, выделение CO_2 при действии HCl на карбонат;	6 баллов
3	Описано распознавание Cl^- , Br^- , I^- с помощью хлорной воды: обесцвечивание/без изменений для Cl^- , выделение Br_2 (желтая окраска) из Br^- , выделение I_2 (темная окраска) из I^-	6 баллов
4	Корректно записаны уравнения реакций (4 шт.)	4 балла
	ИТОГО:	20 баллов

Задание №5.

Имеются следующие термодинамические данные.

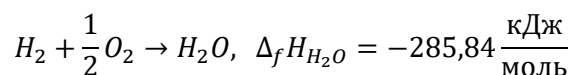


- 1) По имеющимся в задаче данным определите тепловой эффект реакции сгорания метана CH_4 в кислороде до углекислого газа и воды.
- 2) Вычислите, сколько теплоты выделится при сжигании 336 л метана.
- 3) Сколько надо сжечь углерода для получения такого же количества теплоты, что и при сжигании 336 л метана?

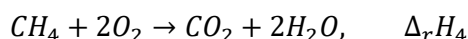
**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии
в Томской области в 2025-2026 учебном году
9 класс**

Решение.

1) Заметим, что уравнения реакций 1 и 2 являются реакциями образования метана и углекислого газа из простых веществ, а значит, их тепловые эффекты являются энтальпиями образования соответствующих веществ. Если уравнение 3 разделить на 2, то получится уравнение образования 1 моль воды.



Запишем уравнение сгорания метана в кислороде.



Применим к данному уравнению 1-ое следствие закона Гесса.

$$\Delta_r H_4 = \Delta_f H_{CO_2} + 2\Delta_f H_{H_2O} - \Delta_f H_{CH_4} = \Delta_r H_2 + 2\Delta_f H_{H_2O} - \Delta_r H_1 = -890,38 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

2) Вычислим количество вещества метана.

$$n(CH_4) = \frac{V(CH_4)}{V_m} = \frac{336}{22,4} = 15 \text{ моль}$$

При сгорании 1 моль метана выделяется 890,38 кДж теплоты. Составим пропорцию.

$$1 - 890,38$$

$$15 - x$$

$$x = 13355,7 \text{ кДж}$$

3) При образовании 1 моль углекислого газа сжигается 1 моль углерода (12 г углерода) и выделяется 393,51 кДж теплоты. Составим пропорцию.

$$12 \text{ г} - 393,51 \text{ кДж}$$

$$x \text{ г} - 13355,7 \text{ кДж}$$

$$x = \frac{12 \cdot 13355,7}{393,51} = 407,3 \text{ г}$$

На получение количества теплоты, рассчитанного в пункте 2, необходимо сжечь 407,3 г углерода.

Система оценивания.

1) Запись искомого уравнения – 1 балл. Идея о том, что тепловые эффекты указанных реакций являются энтальпиями образования или составление линейной комбинации уравнений – 3 балла (оценивается сама попытка составить именно комбинацию). Расчёт теплоты сгорания метана – 3 балла. Итого 7 баллов.

2) Расчёт количества вещества метана – 1 балл. Расчёт искомого количества теплоты – 4 балла. Итого 5 баллов.

3) Расчёт необходимой массы углерода – 3 балла.

Итого 15 баллов за задачу.