

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

Задания и критерии оценивания

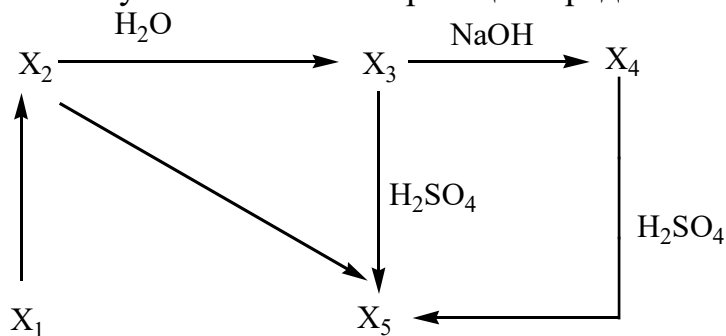
Общие указания: если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов или иного обоснования, не засчитывается.

Задание 1. Что реагирует с водой?

При взаимодействии некоторого газа с водой образуются фтороводород и кислород. Определите формулу газа, если известно, что один объём неизвестного газа образует при взаимодействии с водой один объём кислорода. Дайте название этому газу. Какие газы дают такие же продукты реакции при взаимодействии с водой? Запишите уравнения возможных реакций.

Задание 2. Превращения элемента и его соединений

Простое вещество X_1 – это серебристо-белый металл, широко используемый в технике. При взаимодействии X_1 с жёлтым порошком простого вещества Y образуется соединение X_2 , содержащее 64,0 % элемента Y . Вещество X_2 поместили в воду, при этом наблюдалось выпадение белого осадка X_3 и выделение неприятно пахнущего газа Y_1 . Осадок отфильтровали и разделили на две части. К первой части прилили раствор серной кислоты, осадок растворился, и образовался раствор вещества X_5 . Вторую часть осадка растворили в щёлочи и получили раствор вещества X_4 . Затем к полученному раствору по каплям добавили серную кислоту. Все описанные реакции представлены на схеме:



- 1) Определите все неизвестные вещества и запишите уравнения реакций.
- 2) Опишите, что происходило при добавлении серной кислоты по каплям.
- 3) Предложите способ получения вещества X_5 из вещества X_2 .
- 4) Среди веществ, упомянутых в задаче, найдите кислоту и основание, которые не вступают друг с другом в реакцию нейтрализации.

Задание 3. Расчёт состава раствора

Через 110 мл известковой воды (насыщенный раствор гидроксида кальция, плотность 1,01 г/мл) пропустили углекислый газ. При этом выпало 0,1 г осадка, а полученный раствор не давал окрашивания с фенолфталеином. Какой объём углекислого газа, измеренный при н. у., был пропущен через раствор? Найдите массовую долю растворённого вещества в полученном растворе. Растворимость гидроксида кальция в воде составляет 0,16 г в 100 г воды при 20 °С.

Задание 4. Фторирующий газ

Вещество **X** – химически активный газ, который используют для фторирования различных веществ. Это довольно тяжёлый газ, его плотность по водороду равна 54. **X** реагирует с водой и щелочами, причём эти реакции протекают без изменения степеней окисления элементов. При нагревании **X** разлагается на два вещества – простое и сложное, при этом степень окисления меняет только один элемент.



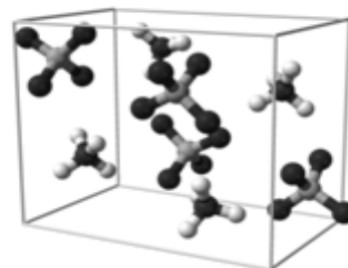
1. Определите формулу **X**.

2. Найдите плотность **X** при комнатной температуре и нормальном атмосферном давлении, если плотность воздуха при этих условиях равна 1,2 г/л.

3. Напишите уравнения трёх перечисленных реакций.

Задание 5. Окислитель ракетного топлива

Неорганическая соль **A** является очень сильным окислителем и входит в состав твёрдых ракетных топлив. Она состоит из четырёх элементов-неметаллов (один из них – азот, 11,9 % по массе) и представляет собой бесцветные кристаллы, растворимые в воде. При действии щёлочи на раствор **A** появляется резкий запах и выделяется газ **B**, который легче воздуха и окрашивает влажную лакмусовую бумажку в синий цвет. При нагревании соль **A** разлагается со взрывом, одним из продуктов разложения является жёлто-зелёный газ **B**, который тяжелее воздуха в 2,45 раза. Установите формулы веществ **A–B**, ответ подтвердите расчётом. Напишите уравнение реакции **A** со щёлочью и возможное уравнение разложения **A**.

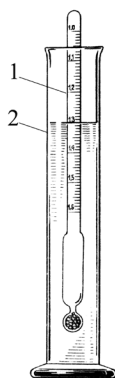


Кристаллическая
структура **A**

Задание 6. Определение солей по плотности раствора

Перед юными химиками была поставлена задача идентифицировать выданные соли: хлорид натрия, хлорид калия, сульфат натрия и сульфат калия. Однако учитель выдал юным исследователям не четыре, а пять образцов (пронумерованы цифрами 1–5), которые представляли собой кристаллические порошки белого цвета.

Для решения поставленной задачи был предложен следующий способ. На весах отмерили по 10 г каждого образца, которые перенесли в стаканы, содержащие 90 мл дистиллированной воды, и перемешали до полного растворения солей. Затем плотность полученных растворов была измерена с помощью ареометров (см. рисунок).

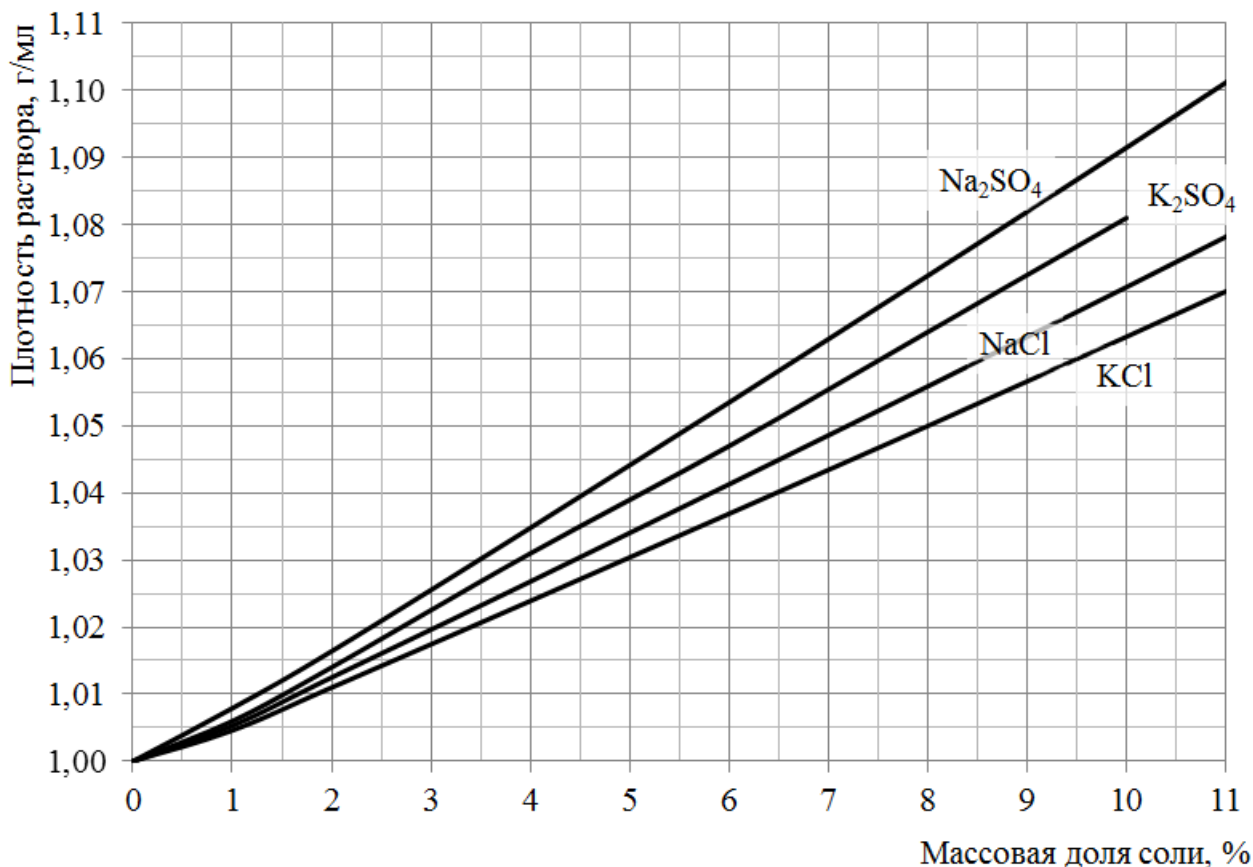


Измерение плотности раствора с помощью
ареометра: 1 – ареометр; 2 – цилиндр
с исследуемой жидкостью

Измеренные значения плотностей полученных растворов приведены в таблице.

№ образца	1	2	3	4	5
Плотность раствора, г/мл	1,063	1,071	1,081	1,092	1,038

Графики зависимости плотности растворов от массовой доли солей приведены на рисунке.



С помощью дополнительных исследований было установлено, что растворы, приготовленные из образцов 4 и 5, имели одинаковый качественный состав.

1. Каковы массовые доли солей в растворах, приготовленных из образцов 1–4? Известно, что эти образцы представляют собой безводные соли.
2. Определите, какие соли выданы в качестве образцов для исследования под номерами 1–5.
3. Предложите возможное объяснение того, что растворы, приготовленные из образцов 4 и 5, имели разную плотность.
4. Определите состав вещества, выданного в качестве образца № 5.
5. Предложите альтернативный способ идентификации выданных веществ. Возможно использование дополнительных реактивов.

Решения и критерии оценивания олимпиадных заданий

В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.

Задание 1. Что реагирует с водой?

Решение и критерии оценивания:

Так как в состав продуктов реакции входят элементы Н, F и О, в состав неизвестного газа могут входить те же элементы. Возможные варианты:

а) F₂, б) OF₂, в) O₂F₂, г) HF **2 балла**

Вариант с HF не подходит, так как фтороводород не реагирует с водой.

Возможные уравнения реакций:

а) $2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2$ **2 балла**

б) $OF_2 + H_2O = 2HF + O_2$ **2 балла**

в) $2O_2F_2 + 2H_2O = 4HF + 3O_2$ **2 балла**

Из приведённых уравнений только уравнение (б) удовлетворяет условию задачи.

Название газа – фторид кислорода(II). **2 балла**

Всего за задачу – 10 баллов.

Задание 2. Превращения элемента и его соединений

Решение и критерии оценивания:

1) X₁ – Al

X₂ – Al₂S₃ ($\omega(S) = 96 / 150 = 0,64 = 64\%$)

X₃ – Al(OH)₃

X₄ – Na[Al(OH)₄] (принимается любая разумная запись алюмината)

X₅ – Al₂(SO₄)₃

Y – S

Y₁ – H₂S **7 веществ по 0,5 балла** **3,5 балла**

Уравнения реакций:

$2Al + 3S = Al_2S_3$

$Al_2S_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$

$Al(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4]$

$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$ **4 реакции по 0,5 балла** **2 балла**

2) При добавлении серной кислоты по каплям сначала образуется гидроксид алюминия, который затем растворяется в избытке кислоты:

$2Na[Al(OH)_4] + H_2SO_4 = 2Al(OH)_3 + Na_2SO_4 + 2H_2O$

$2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O$

или суммарно

$2Na[Al(OH)_4] + 4H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + Na_2SO_4 + 8H_2O$ **2,5 балла**

3) X₂ → X₅: $Al_2S_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2S$ **1 балла**

4) В реакцию нейтрализации не вступают Al(OH)₃ и H₂S. **1 балл**

Всего за задачу – 10 баллов.

Задание 3. Расчёт состава раствора

Решение:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 110 \cdot 1,01 = 111,1 \text{ г}$$

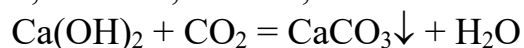
$$\omega(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,16 / (0,16 + 100) = 0,0016$$

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 111,1 \cdot 0,0016 = 0,1775 \text{ г}$$

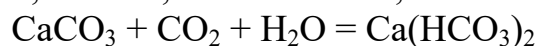
$$\nu(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,1775 / 74 = 0,0024 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{CaCO}_3) = 0,1 / 100 = 0,001 \text{ моль}$$

$$0,0024 \quad 0,0024 \quad 0,0024$$



$$0,0014 \quad 0,0014 \quad 0,0014$$



Так как полученный раствор имеет нейтральную или слабокислую реакцию среды, то гидроксид кальция прореагировал полностью.

$$\nu(\text{CO}_2) = 0,0024 + 0,0014 = 0,0038 \text{ моль}$$

$$V(\text{CO}_2) = 0,0038 \cdot 22,4 = 0,085 \text{ л}$$

$$m(\text{CO}_2) = 0,0038 \cdot 44 = 0,1672 \text{ г}$$

$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 0,0014 \cdot 162 = 0,2268 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра}) = m_{\text{р-ра}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) + m(\text{CO}_2) - m(\text{CaCO}_3) = 111,1 + 0,1672 - 0,1 = 111,17 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 0,2268 / 111,17 = 0,00204, \text{ или } 0,204 \text{ \%}.$$

Критерии оценивания:

Уравнения реакций $2 \times 1,5$

3 балла

Расчёт объёма углекислого газа

3 балла

Расчёт массовой доли гидрокарбоната кальция

4 балла

(расчёт без учёта выпавшего в осадок CaCO_3 – 2 балла)

Всего за задачу – 10 баллов.

Задание 4. Фторирующий газ

Решение и критерии оценивания:

1. Судя по модели, молекула **X** содержит 4 атома фтора.

$$M(\text{ЭF}_4) = 54 \cdot 2 = 108 \text{ г/моль. } M(\text{Э}) = 108 - 4 \cdot 19 = 32 \text{ г/моль, Э} - \text{S.}$$

Формула **X** – SF_4

2 балла

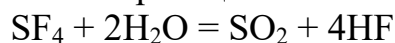
(из них – 1 балл за ЭF_4 или за молярную массу 108 г/моль)

2. Относительная плотность по воздуху: $D_{\text{возд.}}(\text{SF}_4) = 108 / 29 = 3,72$.

$$\rho(\text{SF}_4) = 1,2 \cdot 3,72 = 4,47 \text{ г/л.}$$

2 балла

3. Уравнения реакций:



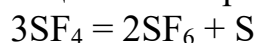
2 балла

(принимаются также реакции с образованием SOF_2 или H_2SO_3)



2 балла

(если в щелочной среде выделяется SO_2 или HF – 0 баллов)



2 балла

Всего за задачу – 10 баллов.

Задание 5. Окислитель ракетного топлива

Решение:

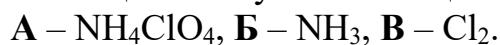
Реакция соли со щёлочью говорит о том, что **A** – соль аммония. Число элементов в **A** и его окислительные свойства позволяют предположить, что анион соли содержит кислород и неметалл в высокой степени окисления. Низкое содержание азота свидетельствует о том, что в анионе атомов азота нет.

Для определения формулы **A** используем массовую долю азота. Пусть формула соли – NH_4X , тогда

$$M(\text{NH}_4\text{X}) = 14 / 0,119 = 117,6 \text{ г/моль, } M(\text{X}) = 117,6 - 18 = 99,6 \text{ г/ моль,}$$

что соответствует перхлорат-иону ClO_4^- .

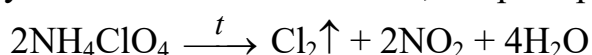
Наличие хлора в анионе подтверждается выделением газа **B**, который представляет собой молекулярный хлор Cl_2 ($D_{\text{возд.}} = 71/29 = 2,45$). Газ **B**, окрашивающий лакмус в синий цвет, – аммиак NH_3 .



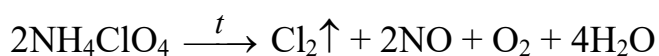
Уравнение реакции со щёлочью:



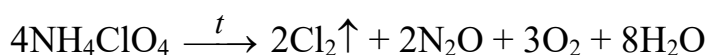
Реакция разложения протекает по нескольким направлениям, поэтому возможны различные уравнения. Принимается любое уравнение, в котором образуется Cl_2 и окисляется N^{-3} , например:



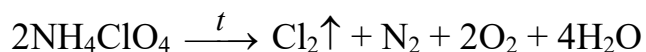
или



или



или



(Не засчитываются уравнения, в которых наряду с Cl_2 образуются NH_3 или H_2 .)

Критерии оценивания:

Формулы веществ	3×2	6 баллов
Уравнение реакции со щёлочью		1 балл
Уравнение разложения		3 балла
Всего за задачу – 10 баллов.		

Задание 6. Определение солей по плотности раствора

Решение и система оценивания:

1. Исходя из того, что образцы 1–4 – безводные соли, их массы в каждом случае были равны 10 г, массовые доли во всех четырёх растворах были одинаковыми:

$$\omega = \frac{10 \text{ г}}{90 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} + 10 \text{ г}} = 0,1 = 10 \% \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

2. Используя приведённые графики и учитывая, что массовые доли солей в растворах, приготовленных из образцов 1–4, равны 10 %, получаем:

1 – KCl ; 2 – NaCl ; 3 – K_2SO_4 ; 4 и 5 – Na_2SO_4 . **5 баллов**

3. Очевидно, образец 4 является безводным сульфатом натрия, а образец 5 – кристаллогидратом. В этом случае растворы будут иметь одинаковый качественный состав, а массовая доля Na_2SO_4 в растворе, приготовленном из кристаллогидрата, будет ниже, чем в растворе, приготовленном из безводной соли. **1 балл**

4. Если принять, что образец 5 – кристаллогидрат $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, то количество вещества во взятой навеске массой 10 г равно

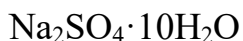
$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{10}{142 + 18x}$$

Тогда массовая доля Na_2SO_4 в растворе

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{\frac{10}{142 + 18x} \cdot 142}{90 + 10} = \frac{14,2}{142 + 18x}$$

По графику плотности 1,038 г/мл соответствует массовая доля сульфата натрия ~4,4 %. Получаем уравнение:

$$\frac{14,2}{142 + 18x} = 0,044$$
$$x \approx 10$$



Принимается также ответ $x = 11$, при котором получается близкое значение массовой доли соли в растворе (4,2 %). **1 балл**

5. Один из возможных вариантов идентификации выданных веществ представлен в виде таблицы.

	NaCl	KCl	Na₂SO₄	Na₂SO₄·10H₂O	K₂SO₄
Проба на окрашивание пламени	Пламя принимает жёлтую окраску	Пламя принимает фиолетовую окраску	Пламя принимает жёлтую окраску	Пламя принимает жёлтую окраску	Пламя принимает фиолетовую окраску
Раствор BaCl ₂	Изменений не наблюдается	Изменений не наблюдается	Выпадает осадок белого цвета	Выпадает осадок белого цвета	Выпадает осадок белого цвета
Нагревание кристаллического вещества	—	—	Изменений не наблюдается	При незначительном нагревании плавится (вернее, растворяется в кристаллизационной воде), выделяются пары воды	Изменений не наблюдается

2 балла за любое верное решение

Всего за задачу – 10 баллов.