

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников  
по химии  
2024 -2025 учебный год  
9 класс  
Максимальный балл – 100 баллов**

**Задание 9.1.** (максимум 20 баллов)

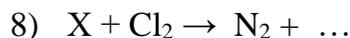
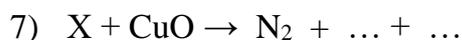
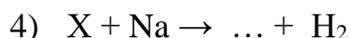
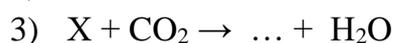
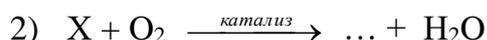
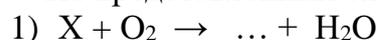
Не так давно, ещё каких-то сто лет назад у каждой уважающей себя дамы был при себе флакончик с нюхательной солью. Они использовали её, чтобы не упасть в обморок, когда становилось душно.

Вопросы

1. Предложите состав нюхательной соли, считая, что это индивидуальное соединение, выделяющее газ (X) с резким запахом. Ответ аргументируйте. Дайте название данного соединения. Напишите уравнение реакции получения из этого соединения газа с резким запахом.

2. Предложите способ получения этого соединения из природных минералов.

3. На представленных схемах приведены превращения вещества X:



4. Определите массовую долю всех протонов в молекуле вещества X.

5. Запишите уравнения всех химических реакций.

**Критерии оценивания**

Содержание правильного ответа	Баллы
X - NH <sub>3</sub> (аммиак)	2 балла
Нюхательная соль – (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> – карбонат аммония или NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> – гидрокарбонат аммония	2 балла
При нагревании протекает реакция разложения с выделением аммиака и образуются безвредные вещества $NH_4HCO_3 = NH_3\uparrow + CO_2\uparrow + H_2O$	2 балла
Карбонат аммония можно получить при нагревании смеси хлорида аммония (нашатырь) и избытка карбоната кальция (мел, известняк) с конденсацией образующихся газообразных продуктов $CaCO_3 + 2NH_4Cl = CaCl_2 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O$	2 балла
$W_{\text{(протонов)}} = 10/17 = 0,588 (58,8\%)$	2 балла

Содержание правильного ответа	Баллы
1) $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 2) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 = 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ 3) $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 = (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ 4) $2\text{NH}_3 + 2\text{Na} = 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2$ 5) $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S} = (\text{NH}_4)_2\text{S}$ возможно $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S} = \text{NH}_4\text{HS}$ 6) $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$ 7) $2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} = \text{N}_2 + 3\text{Cu} + 3\text{H}_2\text{O}$ 8) $2\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = \text{N}_2 + 6\text{HCl}$ возможно $8\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 = \text{N}_2 + 6\text{NH}_4\text{Cl}$ 9) $4\text{NH}_3 + 6\text{NO} = 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 10) $2\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O}_2 = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	За каждое уравнение 1 балл  Всего – 10 баллов
<b>ИТОГО</b>	<b>20 баллов</b>

### Задание 9.2. (максимум 20 баллов)

Смесь хлората и нитрата калия массой 6,49 г с каталитической добавкой оксида марганца (IV) нагрели до полного прекращения выделения газа. Этот газ пропустили через трубку с нагретой медью. Образовавшееся вещество обработали 53,1 мл 19,6 %-ного раствора серной кислоты (плотность 1,13 г/мл). Для нейтрализации оставшейся кислоты потребовалось 25 мл раствора гидроксида калия с концентрацией 1,6 моль/л. Рассчитайте массовые доли солей в исходной смеси и объём газа (н.у.), выделившегося при нагревании.

### Критерии оценивания

Содержание ответа	Баллы
Записаны уравнения химических реакций: 1) $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ $M(\text{KClO}_3) = 122,5 \text{ г/моль}$ 2) $2\text{KNO}_3 = 2\text{KNO}_2 + \text{O}_2$ $M(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль}$ 3) $2\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{CuO}$ 4) $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ 5) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	5 баллов
Рассчитано количество вещества гидроксида калия: $n(\text{KOH}) = 1,6 \cdot 0,025 = 0,04 \text{ моль}$	1 балл
Рассчитано количество вещества серной кислоты исходной, на реакцию с KOH и израсходованной на реакцию с CuO: $n(\text{H}_2\text{SO}_4_{\text{исх.}}) = 53,1 \cdot 1,13 \cdot 0,196 / 98 = 0,12 \text{ моль}$ $n(\text{H}_2\text{SO}_4_{\text{прореаг.}}) = 0,5n(\text{KOH}) = 0,02 \text{ моль}$ $n(\text{H}_2\text{SO}_4_{\text{ост.}}) = 0,12 - 0,02 = 0,1 \text{ моль}$	3 балла
Рассчитано количество вещества оксида меди (II): $n(\text{CuO}) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,1 \text{ моль}$	1 балл
Рассчитано количество вещества меди: $n(\text{Cu}) = n(\text{CuO}) = 0,1 \text{ моль}$	1 балл
Рассчитано количество вещества кислорода по уравнению (3): $n(\text{O}_2) = 1/2n(\text{CuO}) = 0,05 \text{ моль}$	1 балл
Пусть $n(\text{KClO}_3) = x \text{ моль}; \quad n(\text{KNO}_3) = y \text{ моль};$ $122,5x + 101 y = 6,49$	1 балл

Содержание ответа	Баллы
<p>Рассчитаны количества вещества кислорода, полученного в результате реакций 1 и 2:  <math>n(\text{O}_2 \text{ по ур.1}) = 1,5n(\text{KClO}_3) = 1,5x</math> моль;  <math>n(\text{O}_2 \text{ по ур.2}) = 0,5n(\text{KNO}_3) = 0,5y</math> моль;  <math>1,5x + 0,5y = 0,05</math></p>	3 балла
<p>Составлена и решена система уравнений:  <math display="block">\begin{cases} 122,5x + 101y = 6,49 \\ 1,5x + 0,5y = 0,05 \end{cases}</math> Решая, получаем: <math>x = 0,02</math> моль, <math>y = 0,04</math> моль.</p>	2 балла
<p>Рассчитаны массы исходных солей и их массовые доли:  <math>m(\text{KClO}_3) = 122,5 \cdot 0,02 = 2,45</math> г  <math>m(\text{KNO}_3) = 101 \cdot 0,04 = 4,04</math> г  <math>\omega(\text{KClO}_3) = 2,45/6,49 = 0,3775</math>, или 37,75%  <math>\omega(\text{KNO}_3) = 4,04/6,49 = 0,6225</math>, или 62,25%</p>	2 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>20 баллов</b>

### Задание 9.3.

Оксид серы (IV), полученный при полном сжигании 358,4 литра  $\text{H}_2\text{S}$  (н.у.), пропустили через 3,5 л 25%-го раствора  $\text{NaOH}$  (плотность раствора 1,28 г/мл).

1. Установите формулы образовавшихся солей (обоснуйте).
2. Найдите массовые доли солей в полученном растворе (в %).
3. Какая реакция (при кипячении) будет протекать при добавлении порошка серы к полученному раствору?
4. Написать все уравнения реакций, о которых идет речь в задаче.
5. Растворы, полученные до и после добавления серы, можно применять для очистки воздуха от хлора. Запишите уравнения протекающих реакций (обезвреживание хлора), если учесть, что в полученных растворах не осталось щёлочи.

### Критерии оценивания

Содержание ответа	Баллы
<p>1. Найдены количества моль сероводорода и гидроксида калия  <math>n(\text{H}_2\text{S}) = n(\text{SO}_2) = 358,4/22,4 = 16</math> моль  <math>n(\text{NaOH}) = (3500 \cdot 1,28 \cdot 0,25)/40 = 28</math> моль</p>	2 балла
<p>2. Так как количество щелочи больше количества сероводорода, но превышает менее, чем в 2 раза, делаем вывод о наличии в растворе 2-х солей – сульфита и гидросульфита натрия</p>	2 балла
<p>3. Найдены количества солей любым способом  <math>\text{NaOH} + \text{SO}_2 = \text{NaHSO}_3</math> (1)  <math>2\text{NaOH} + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}</math> (2)  <math>n(\text{NaOH})_1 = x</math>, <math>n(\text{SO}_2) = x</math>, <math>n(\text{NaHSO}_3) = x</math>  <math>n(\text{NaOH})_2 = 2y</math>, <math>n(\text{SO}_2) = y</math>, <math>n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = y</math>  Составлена система уравнений  <math display="block">\begin{cases} x + y = 16 \\ x + 2y = 28 \end{cases}</math> <math display="block">\begin{cases} y = 12 \\ x = 4 \end{cases}</math> ИЛИ  <math>\text{NaOH} + \text{SO}_2 = \text{NaHSO}_3</math> (1)  <math>\text{NaHSO}_3 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}</math> (2)</p>	6 баллов

Содержание ответа	Баллы
После первой реакции: $n(\text{NaHSO}_3)_1 = n(\text{SO}_2) = 16$ моль $n(\text{NaOH})_{\text{ост}} = 28 - 16 = 12$ моль Во вторую реакцию вступило 12 моль $\text{NaHSO}_3$ из 16 и образовалось 12 моль $\text{Na}_2\text{SO}_3$ и осталось 4 моль $\text{NaHSO}_3$ $n(\text{NaHSO}_3) = 4$ моль $n(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 12$ моль	
4. Определены массы солей $m(\text{NaHSO}_3) = 4 \cdot 104 = 416$ г $m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 12 \cdot 126 = 1512$ г	2 балла
5. Найдена масса раствора $m(\text{SO}_2) = 16 \cdot 64 = 1024$ г $m_{\text{р-ра}} = m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) + m(\text{SO}_2) = 3500 \cdot 1,28 + 1024 = 5504$ г	1 балл
6. Найдены массовые доли солей $w(\text{NaHSO}_3) = 416/5504 = 0,0756$ (7,56%) $w(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 1512/5504 = 0,2747$ (27,47%)	1 балл
7. Записаны реакции, протекающие при добавлении серы (при кипячении) $2\text{NaHSO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	2 балла
8. Записаны уравнения реакций с хлором $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$ или $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Cl}_2 + 5\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{HCl} + 2\text{NaCl}$ Допускается и иная запись продуктов реакции, а именно: сульфат натрия + серная кислота + хлороводород. Такая схема справедлива при высоких концентрациях хлора в воздухе. Следует учитывать (как правильную!) и иную схему: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{S} + 2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$	4 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>20 баллов</b>

#### Задание 9.4.

Элемент X играет важнейшую роль в процессах жизнедеятельности всех живых организмов. Соединения этого элемента составляют существенную часть костной ткани и зубной эмали человека. Среди продуктов питания по содержанию X наиболее богата рыба. Этот элемент входит в состав многих минеральных удобрений. Одна из аллотропных модификаций элемента X - простое вещество А, масса одной молекулы которого равна  $2,06 \cdot 10^{-22}$  г.

Для получения вещества А в промышленности минерал, содержащий вещество Б, нагревают при высокой температуре ( $\sim 1500^\circ\text{C}$ ) со смесью угля и песка. Образующиеся пары вещества А конденсируют под слоем воды в виде воскообразной массы со слегка желтоватым оттенком.

Вещество А горит на воздухе с образованием оксида В, окисляется азотной кислотой с образованием вещества Д и вступает в реакцию диспропорционирования со щелочами с образованием соли и газа Г. При горении газа В также продуктом является вещество Д.

#### Вопросы

1. Определить элемент X, вещества А, Б, В, Г, Д. Написать формулы и названия веществ.

2. Подтвердить расчетами формулу вещества А. Дать название данной аллотропной модификации. Назовите еще 2 аллотропные модификации элемента Х. Какое строение у разных аллотропных модификаций фосфора?
3. Написать все уравнения реакций, о которых идет речь в задаче.

### Критерии оценивания

Содержание ответа	Баллы
1. Определены элемент Х и все вещества Х – Р, А – Р <sub>4</sub> (белый фосфор), Б – Са <sub>3</sub> (РО <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (фосфат кальция), В – Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> (оксид фосфора (V)), Г – РН <sub>3</sub> (фосфин); Д - Н <sub>3</sub> РО <sub>4</sub> (ортофосфорная кислота)	6 баллов за формулы + 3 балла за названия Всего: 9 баллов
2. Найдена молярная масса А $M(A) = 2,06 \cdot 10^{-22} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 124$ г/моль, что соответствует молярной массе Р <sub>4</sub>	3 балла
3. Приведены названия аллотропных соединений и строение Р <sub>4</sub> – белый фосфор, молекулярное строение Красный фосфор, черный фосфор – атомное строение	3 балла
3. Приведены уравнения реакций $2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10C = 6CaSiO_3 + P_4 + 10CO\uparrow$ (1) $P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$ (2) $P + 5HNO_3 = 5NO_2\uparrow + H_3PO_4 + H_2O$ или (3) $3P + 5HNO_3 + 2H_2O = 5NO\uparrow + 3H_3PO_4$ $4P + 3KOH + 3H_2O = PH_3\uparrow + 3KH_2PO_2$ (4) $PH_3\uparrow + 2O_2 = H_3PO_4$ (5)	5 баллов
<b>ИТОГО</b>	<b>20 баллов</b>

### Задание 9.5. (мысленный эксперимент)(максимум 20 баллов)

Уважаемые школьники! Представьте, что вы имеете смесь порошков: оксида меди (II), оксида алюминия и платины. Данную смесь необходимо разделить и выделить каждое вещество в чистом виде.

#### Вопросы.

- Предложите схему разделения и выделения в чистом виде химическими методами компонентов смеси. Подтвердите уравнениями реакций.
- Запишите уравнения реакций, которые протекают при добавлении к оксиду меди (II) раствора серной кислоты до полного растворения этого оксида, а после добавление к полученному раствору иодида калия (раствор).

### Критерии оценивания

Содержание ответа	Баллы
1. Обрабатываем смесь избытком раствором щелочи $Al_2O_3 + 2KOH + 3H_2O = 2K[Al(OH)_4]$	3 балла
2. Образовавшийся раствор тетрагидроксоалюмината калия отделяют и пропускают один из газов (CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> ) $2K[Al(OH)_4] + CO_2 = 2Al(OH)_3\downarrow + K_2CO_3 + 2H_2O$	3 балла
3. Выпавший осадок отделяют и прокаливают $2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O\uparrow$	3 балла
4. Оставшуюся смесь порошков оксида меди и платины обрабатывают азотной кислотой. Оксид меди растворяется $CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$	3 балла

5. Отделяют осадок, содержащий порошок платины	1 балл
6. Раствор, содержащий нитрат меди, упаривают и прокаливают $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$	3 балла
7. Приведены уравнения реакций, которые протекают при добавлении к оксиду меди (II) раствора серной кислоты и добавления к полученному раствору иодида калия $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{CuSO}_4 + 4\text{KI} = 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2\downarrow + 2\text{CuI}\downarrow$	4 балла
ИТОГО	<b>20 баллов</b>