

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2019/2020 учебного года**

**Комплект заданий для учащихся 9 класса
КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

Задание 1. Некоторый элемент образует с кислородом газообразный оксид, массовая доля кислорода в котором 50%, а его плотность по воздуху равна 2,207. Этот же элемент образует с водородом летучее водородное соединение с массовой долей водорода 5,88%. Для реакции было взято $18 \cdot 10^{20}$ молекул оксида и $24 \cdot 10^{20}$ молекул летучего водородного соединения. На основании условий задачи:

- 1) Определите формулы оксида и летучего водородного соединения, используя все приведенные данные.
- 2) Запишите уравнение реакции. Расставьте коэффициенты методом электронного баланса. Укажите окислитель и восстановитель.
- 3) Рассчитайте, сколько грамм твердого вещества образовалось в результате реакции.

Ответы к заданию 1

№	Ответ	баллы
1	$M(\text{оксида}) = 29 \cdot D_{\text{возд}} = 29 \cdot 2,207 = 64 \text{ г/моль}$	1
	Посчитаем число атомов кислорода в составе оксида $n(\text{O}) = \frac{\omega(\text{O}) \cdot M_{\text{соед}}}{M_{\text{O}} \cdot 100\%} = \frac{50 \cdot 64}{16 \cdot 100} = 2$	1
	Общая формула оксида: ЭO_2	1
	$M(\text{Э}) = 64 - 32 = 32 \text{ г/моль}$. Значит Э – это сера	1
	Формула оксида SO_2	1
	Рассчитаем число моль атомов водорода и серы в составе летучего водородного соединения Пусть масса вещества равна 100 г. Тогда $m(\text{H}) = 5,88 \text{ г}$ и $m(\text{S}) = 100 - 5,88 = 94,12 \text{ г}$	1
	Найдем количество вещества каждого элемента: $n(\text{H}) = 5,88 \text{ г} / 1 \text{ г/моль} = 5,88 \text{ моль}$ $n(\text{S}) = 94,12 \text{ г} / 32 \text{ г/моль} = 2,94 \text{ моль}$	1
	Составим пропорцию: $n(\text{H}) : n(\text{S}) = 5,88 : 2,94$ Поделим на наименьшее 2,94 $n(\text{H}) : n(\text{S}) = 2 : 1$	1
	Формула водородного соединения: H_2S	1
2	Записано уравнение реакции: $\text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{S} = 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$	2
	$\text{S}^{+4} + 4\text{e} \rightarrow \text{S}^0 \quad \quad 1$ $\text{S}^{-2} - 2\text{e} \rightarrow \text{S}^0 \quad \quad 2$	2
	$\text{S}^{+4} (\text{SO}_2)$ - окислитель $\text{S}^{-2} (\text{H}_2\text{S})$ - восстановитель	2
3	$n(\text{SO}_2) = N/\text{Na} = 18 \cdot 10^{20} / 6 \cdot 10^{23} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$	1
	$n(\text{H}_2\text{S}) = N/\text{Na} = 24 \cdot 10^{20} / 6 \cdot 10^{23} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$	1
	$n(\text{SO}_2) : n(\text{H}_2\text{S}) = 1 : 2$, значит H_2S взят в недостатке	1
	$n(\text{S}) = 3 \cdot n(\text{H}_2\text{S}) / 2 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$	1
	$m(\text{S}) = 6 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 0,192 \text{ г}$	1
	Итого	20

		баллов
<p>Задание 2. Растворимость при 20⁰С нитрата щелочноземельного металла (соли 1), который окрашивает пламя в желто-зеленый цвет, составляет 4,17 г на 100 г воды. Растворимость при 20⁰С сульфата щелочного металла (соли 2), который окрашивает пламя в фиолетовый цвет, составляет 6,4 г на 100г воды. Приготовили при 20⁰С по 500г насыщенного раствора каждой соли. Слили 184,7 мл (плотность 1,06г/мл) раствора соли 1 и 53,7 мл (плотность 1,08г/мл) раствора соли 2. На основании условий задачи:</p>		
<p>1) Определите состав соли 1 и соли 2.</p>		
<p>2) Рассчитайте массу каждой соли, необходимую для приготовления 500 г насыщенного при 20⁰С раствора.</p>		
<p>3) Запишите уравнение реакции в молекулярном виде. Составьте полное и сокращенное ионные уравнения.</p>		
<p>4)Рассчитайте массовую долю нитрата щелочного металла в растворе после реакции.</p>		
<p>Ответы к заданию 2</p>		
№	Ответ	баллы
1	Окрашивают пламя в желто-зеленый цвет соли бария. Значит, нитрат щелочноземельного металла (соли 1) – Ba(NO ₃) ₂	1
	Окрашивают пламя в фиолетовый цвет соли калия. Значит, сульфат щелочного металла (соли 2) – K ₂ SO ₄	1
2	Рассчитано, какая масса каждой соли необходима для приготовления 500г насыщенного раствора ω = (m*(Ba(NO ₃) ₂) / m _{p-ра}) = 4,17/104,17 = 0,04 m*(Ba(NO ₃) ₂) = Растворимость нитрата бария в г m _{p-ра} = Растворимость нитрата бария в г +100 г воды	1
	m(Ba(NO ₃) ₂) = m _{p-ра} · ω = 500 · 0,04 = 20г	1
	ω = (m*(K ₂ SO ₄) / m _{p-ра}) = 6,4/106,4 = 0,06 m*(K ₂ SO ₄) = Растворимость сульфата калия в г m _{p-ра} = Растворимость сульфата калия в г +100 г воды	1
3	m(K ₂ SO ₄) = m _{p-ра} · ω = 500 · 0,06 = 30г	1
	Ba(NO ₃) ₂ + K ₂ SO ₄ = BaSO ₄ ↓ + 2KNO ₃	1
	Ba ²⁺ + 2NO ₃ ⁻ + 2K ⁺ + SO ₄ ²⁻ = BaSO ₄ ↓ + 2K ⁺ + 2NO ₃ ⁻	1
4	Ba ²⁺ + SO ₄ ²⁻ = BaSO ₄ ↓	1
	m(Ba(NO ₃) ₂) _{p-p} = ρ · V = 1,06 · 184,7 = 195,8г	1
	m(Ba(NO ₃) ₂) = m _{p-ра} · ω = 195,8 · 0,04 = 7,83г	1
	n(Ba(NO ₃) ₂) = 7,83/261 = 0,03 моль	1
	m(K ₂ SO ₄) _{p-p} = ρ · V = 1,08 · 53,7 = 58г	1
	m(K ₂ SO ₄) = m _{p-ра} · ω = 58 · 0,06 = 3,48г	1
	n(K ₂ SO ₄) = 3,48/174 = 0,02 моль	1
	Указано: Ba(NO ₃) ₂ – избыток; K ₂ SO ₄ недостаток	1
	n(KNO ₃) = 2 n(K ₂ SO ₄) = 0,04 моль m(KNO ₃) = 0,04 · 101 = 4,04г	1
	n(BaSO ₄) = n(K ₂ SO ₄) = 0,02 моль m(BaSO ₄) = 0,02 · 233 = 4,66 г	1
	m _{p-ра} = 195,8 + 58 - 4,66 = 249,14 г	1
ω = (m(KNO ₃) / m _{p-ра}) · 100% = 4,04/249,14 · 100% = 1,62%	1	
	Итого	20 баллов

Примечание: расчет в вопросе 2 можно произвести без вычисления массовых долей солей (ω) в насыщенных растворах, используя пропорции. Однако, ответы должны совпадать:

$$m_{(\text{Ba}(\text{NO}_3)_2)} = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega = 500 \cdot 0,04 = 20 \text{ г} \quad \text{и}$$

$$m_{(\text{K}_2\text{SO}_4)} = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega = 500 \cdot 0,06 = 30 \text{ г}$$

В этом случае за 2 этап также ставится суммарно 4 балла

Задание 3. При сгорании фосфора с образованием высшего оксида выделилось 514,5 кДж теплоты. Полученный оксид растворили в воде. Образовавшийся раствор полностью прореагировал с 2,455 л 2%-ной известковой воды (плотность 1,055 г/мл). На основании условий задания:

- 1) Напишите термохимическое уравнение горения фосфора, если известно, что при сгорании 1 моль фосфора выделяется 735 кДж теплоты.
- 2) На основании расчетов определите формулу образовавшегося соединения, если известно, что в результате последней реакции образуется вещество с техническим названием «преципитат». Это кристаллогидрат с массовой долей воды 20,93%. Приведите химическое название преципитата. Напишите уравнения остальных описанных реакций с учетом образования преципитата.
- 3) Укажите область применения преципитата.
- 4) Изобразите структурные формулы безводной соли, образующей преципитат и оксида фосфора (V).

Ответы к заданию 3

№	Ответ	баллы
1	Записано термохимическое уравнение реакции горения фосфора с целыми или дробными коэффициентами $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5 + 2940 \text{ кДж}$ или $\text{P} + 5/4 \text{ O}_2 = 1/2 \text{ P}_2\text{O}_5 + 735 \text{ кДж}$ или $2\text{P} + 5/2 \text{ O}_2 = \text{P}_2\text{O}_5 + 1470 \text{ кДж}$	2
2	$\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_3\text{PO}_4$	1
	Рассчитано число моль фосфора, вступившего в реакцию горения 1 моль P - 735 кДж n моль P – 514,5 кДж $n_{(\text{P})} = 514,5/735 = 0,7 \text{ моль}$	2
	$n_{(\text{P}_2\text{O}_5)} = 1/2 n_{(\text{P})} = 0,35 \text{ моль}$	1
	$n_{(\text{H}_3\text{PO}_4)} = 2n_{(\text{P}_2\text{O}_5)} = 0,7 \text{ моль}$	1
	$m_{(\text{Ca}(\text{OH})_2) \text{ р-р}} = \rho \cdot V = 1,055 \cdot 2455 = 2590 \text{ г}$	1
	$m_{(\text{Ca}(\text{OH})_2)} = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega = 2590 \cdot 0,02 = 51,8 \text{ г}$	1
	$n_{(\text{Ca}(\text{OH})_2)} = 51,8/74 = 0,7 \text{ моль}$	1
	$n_{(\text{H}_3\text{PO}_4)} : n_{(\text{Ca}(\text{OH})_2)} = 1:1$, значит, образуется соль кислая - CaHPO_4	1
	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaHPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1
	Установлена формула преципитата с учетом массовой доли воды в нем $\text{CaHPO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ $0,2093 = \frac{18x}{136+18x}$	1
	$28,4648 + 3,7674x = 18x$ $28,4648 = 14,2326x$ $x = 2$	2
	Формула преципитата $\text{CaHPO}_4 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$, значит, реакция образования	1

	<p>преципитата должна быть записана так $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaHPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Химическое название: гидрофосфат кальция двухводный</p>	
3	<p>Преципитат представляет собой высококонцентрированное фосфорное удобрение, а также используется как подкормка для с/х животных</p>	1
4		2
	Итого	20 баллов

Задание 4. Нефелиновый концентрат имеет состав $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Нефелин нагрели до температуры 1000°C в присутствии карбоната кальция с образованием «спека» - смеси солей в твердом виде. При этом получили силикат кальция и метаалюминаты калия и натрия. Спек размолотили и растворили в воде. Нерастворимая соль осталась в виде осадка (1), а соли натрия и калия превратились в тетрагидроксоалюминаты. Осадок (1) отделили и через оставшийся раствор пропустили избыток углекислого газа до получения осадка (2). При этом натрий и калий образовали соответствующие кислые соли, которые потом обработали избытком раствора едкого натра. Осадок (2) отделили, высушили и прокалили.

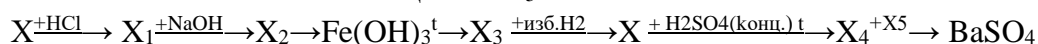
1. Напишите уравнения всех описанных реакций
2. Где может быть использован осадок (1) ?
3. Какой металл, каким способом и в каких условиях может быть получен из продукта прокаливания осадка (2)? Приведите историческое название продукта прокаливания осадка (2)
4. Какое тривиальное название имеют соли, полученные при обработке конечного раствора избытком едкого натра?
5. Нефелиновый концентрат может содержать в качестве примеси оксид железа (III). Напишите уравнения дополнительных реакций, которые будут протекать при прокаливании такого нефелина.

Ответы к заданию 4

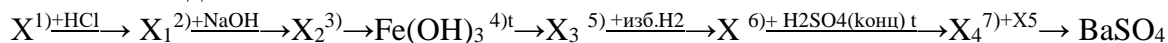
№	Ответ	баллы
1	$\text{Na}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 = 2\text{NaAlO}_2$	1
	$\text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3 = 2\text{KAlO}_2$	1
	$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ $\text{CaO} + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3$ или $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 = \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$	2
	$\text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$	1

	$KAlO_2 + 2H_2O = K[Al(OH)_4]$	1
	$K[Al(OH)_4] + CO_2 = Al(OH)_3 + KHCO_3$	1
	$Na[Al(OH)_4] + CO_2 = Al(OH)_3 + NaHCO_3$	1
	$NaHCO_3 + NaOH = Na_2CO_3$	1
	$2KHCO_3 + 2NaOH = Na_2CO_3 + K_2CO_3 + 2H_2O$	1
	$2Al(OH)_3 \xrightarrow{t} Al_2O_3 + 3H_2O$	1
2	Осадок 1 - это $CaSiO_3$. Он может быть использован при получении цемента	1
3	Металл, который может быть получен из продукта прокаливания осадка 2 – это алюминий	1
	Его получают электролизом раствора оксида в расплавленном криолите $2 Al_2O_3 \xrightarrow{Na_3AlF_6} 4Al + 3O_2$	2
	Название Al_2O_3 - глинозем	1
4	Из конечного раствора после обработки гидроксидом натрия путем разделения могут быть получены сода Na_2CO_3 и поташ K_2CO_3	2
5	$Na_2O + Fe_2O_3 = 2NaFeO_2$	1
	$K_2O + Fe_2O_3 = 2KFeO_2$	1
	Итого	20 баллов

Задание 5. Осуществить цепочку превращений. Написать уравнения реакций, указать их тип. Для реакций ионного обмена составить полное и сокращенное ионные уравнения. Для ОВР расставить коэффициенты методом электронного баланса, указать окислитель и восстановитель. Укажите вещество X_5 .



Ответы к заданию 5



№	Ответ	баллы
1	$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$	1
	Тип реакции – замещения (ОВР)	1
	$\begin{array}{l} Fe^0 - 2e \rightarrow Fe^{+2} \quad \quad 1 \\ 2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \quad \quad 1 \\ Fe^0 - \text{восстановитель} \\ H^+ (HCl) - \text{окислитель} \end{array}$	1
2	$FeCl_2 + 2NaOH = Fe(OH)_2 \downarrow + 2 NaCl$	1
	Тип реакции – реакция ионного обмена	1
	$\begin{array}{l} Fe^{2+} + 2Cl^- + 2Na^+ + 2OH^- = Fe(OH)_2 \downarrow + 2Na^+ + 2Cl^- \\ Fe^{2+} + 2OH^- = Fe(OH)_2 \downarrow \end{array}$	1
3	$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$ Может быть другой окислитель	1
	Тип реакции – ОВР	1
	$\begin{array}{l} Fe^{+2} - 1e \rightarrow Fe^{+3} \quad \quad 4 \\ O_2^0 + 4e \rightarrow 2O^{-2} \quad \quad 1 \\ Fe^{+2} - \text{восстановитель} \\ O_2^0 - \text{окислитель} \end{array}$	1
4	$2Fe(OH)_3 \xrightarrow{t} Fe_2O_3 + 3H_2O$	1
	Тип реакции – реакция разложения	1
5	$Fe_2O_3 + 3H_2 = 2Fe + 3H_2O$	1
	Тип реакции – замещения (ОВР)	1

	$\begin{array}{l} \text{Fe}^{+3} + 3\text{e} \rightarrow \text{Fe}^0 \quad \quad 2 \\ \text{H}_2 - 2\text{e} \rightarrow 2\text{H}^+ \quad \quad 3 \\ \text{Fe}^{+3} - \text{окислитель} \\ \text{H}_2 - \text{восстановитель} \end{array}$	1
6	$2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{k})} \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	1
	Тип реакции – ОВР	
	$\begin{array}{l} 2\text{Fe}^0 - 6\text{e} \rightarrow 2\text{Fe}^{+3} \quad \quad 1 \\ \text{S}^{+6} + 2\text{e} \rightarrow \text{S}^{+4} \quad \quad 3 \\ \text{S}^{+6} - \text{окислитель} \\ \text{Fe}^0 - \text{восстановитель} \end{array}$	1
7	Вещество X ₅ – любая растворимая соль бария, например хлорид бария	1
	Тип реакции – реакция ионного обмена	1
	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{BaCl}_2 = 2\text{FeCl}_3 + 3\text{BaSO}_4$	1
	$\begin{array}{l} 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-} + 3\text{Ba}^{2+} + 6\text{Cl}^- = 2\text{Fe}^{3+} + 6\text{Cl}^- + 3\text{BaSO}_4 \\ \text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4 \end{array}$	1
	Итого	20 баллов