

Всероссийская олимпиада школьников по химии
Муниципальный этап (решение)
9 класс

Задание 1.

- 1) Предложите формулы трех оксидов металлов, каждый из которых способен взаимодействовать с двумя остальными. Приведите уравнения соответствующих химических реакций. Укажите условия их протекания. Назовите образующиеся соединения.
- 2) Каждое из четырех веществ, одно из которых является кислотой, одно – основанием и два – солями, способно взаимодействовать с тремя остальными. Предложите формулы таких веществ. Приведите уравнения соответствующих химических реакций. Укажите условия их протекания. Назовите образующиеся соединения.
- 3) Каждое из четырех веществ, одно из которых является простым веществом, два – кислотами и одно – основанием, способно взаимодействовать с тремя остальными. Предложите формулы таких веществ. Приведите уравнения соответствующих химических реакций. Укажите условия их протекания. Назовите образующиеся соединения.

Решение задания № 1

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<u>Уравнения реакций:</u> <u>Вопрос 1</u> Три оксида металлов: основной, амфотерный и кислотный, например, CaO, Al_2O_3, CrO_3 1) $\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \Rightarrow \text{Ca}(\text{AlO}_2)_2$ 2) $\text{CaO} + \text{CrO}_3 \Rightarrow \text{CaCrO}_4$ 3) $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{CrO}_3 \Rightarrow \text{Al}_2(\text{CrO}_4)_3$ <u>Вопрос 2</u> Один из вариантов ответа: кислота H_2SO_4, основание NaOH, соли NaHCO_3, AlCl_3 1) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \Rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaHCO}_3 \Rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$ 3) $3\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} + 2\text{AlCl}_{3(\text{тв})} \Rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{HCl}$ 4) $\text{NaOH} + \text{NaHCO}_3 \Rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 5) $3\text{NaOH} + \text{AlCl}_3 \Rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$ 6) $3\text{NaHCO}_3 + \text{AlCl}_3 \Rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl} + 3\text{CO}_2$ <u>Вопрос 3</u> Один из вариантов ответа: простое вещество Cl_2, основание NaOH, кислота H_2SO_3 и H_2S 1) $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \Rightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$	15 баллов (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)

3) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{S} \Rightarrow \text{S} + 2\text{HCl}$ 4) $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_3 \Rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ 5) $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{S} \Rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ 6) $\text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{S} \Rightarrow 3\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	
Итого	15 баллов

Задание 2

Метан (CH_4) составляет главную часть природного газа, используемого в качестве топлива. Ацетилен (C_2H_2) широко применяется для сварки и резки металлов. При горении ацетилена в кислороде температура пламени достигает 2800°C . Это значительно более высокая температура, чем при сгорании водорода или метана в кислороде.

Вычислите массовые доли метана и ацетилена в смеси, если известно, что в этой смеси соотношение общего числа атомов углерода к общему числу атомов водорода составляет 2:3. Приведите уравнения реакций горения метана и ацетилена в кислороде.

Решение задания № 2

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Уравнения реакций: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \Rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	2 балла
Расчет количества вещества компонентов смеси: Пусть $n(\text{CH}_4) = x$ моль, а $n(\text{C}_2\text{H}_2) = y$ моль Тогда для CH_4 $n(\text{C}) = x$ моль, а $n(\text{H}) = 4x$ моль, для C_2H_2 $n(\text{C}) = 2y$ моль, а $n(\text{H}) = 2y$ моль Соотношение C : H $\frac{x+2y}{4x+2y} = \frac{2}{3}$ $2y = 5x$ $y = 2,5x$	2 балла
Расчет общей массы смеси: $m(\text{CH}_4) = 16x$ (г) $m(\text{C}_2\text{H}_2) = 26y = 26 \cdot 2,5x = 65x$ (г) $m(\text{смеси}) = 16x + 65x = 81x$ (г)	1 балл
Расчет массовых долей газов в смеси: $\omega(\text{CH}_4) = \frac{16x}{81x} \cdot 100\% = 19,75\%$ $\omega(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{65x}{81x} \cdot 100\% = 80,25\%$	1 балл
Итого	6 баллов

Задание 3

Смесь железных и цинковых опилок массой 23,75 г обработали 219,3 мл 19,6%-ного раствора серной кислоты с плотностью 1,14 г/мл. Для нейтрализации избытка кислоты потребовалось 100 мл раствора гидрокарбоната калия с концентрацией 2,0 моль/л. Определите массовые доли металлов в исходной смеси и объем газа (н.у.), выделившегося при растворении металлов.

Решение задания № 3

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<u>Уравнения реакций:</u> (1) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$ (2) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$ (3) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KHCO}_3 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$	2 балла (по 0,5 балла за ур-я 1 и 2, 1 балл за ур-е 3)
Расчет количества веществ серной кислоты и гидрокарбоната калия: $n(\text{KHCO}_3) = 0,100 \cdot 2 = 0,2$ моль $m_{\text{р-ра}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 219,3 \cdot 1,14 = 250$ г $m_{\text{рв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{19,6\% \cdot 250 \text{ г}}{100\%} = 49$ г $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{49}{98} = 0,5$ моль	2 балла
Расчет по серной кислоте: Р-ция (3): $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} n(\text{KHCO}_3) = \frac{1}{2} \cdot 0,2 = 0,1$ моль Р-ции (1 и 2): $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 - 0,1 = 0,4$ моль	1 балл
Расчет количества вещества металлов в смеси: Пусть $n(\text{Fe}) - x$ моль, а $n(\text{Zn}) - y$ моль Тогда $m(\text{Fe}) - 56x$ г, а $m(\text{Zn}) - 65y$ г $56x + 65y = 23,75$ Р-ция (1): $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{Fe}) - x$ моль Р-ция (2): $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{Zn}) - y$ моль $x + y = 0,4$ Система уравнений: $\begin{cases} 56x + 65y = 23,75 \\ x + y = 0,4 \end{cases}$ $y = 0,15$ моль $x = 0,4 - 0,15 = 0,25$ моль	2 балла
Расчет массы и массовой доли в смеси каждого металла: $m(\text{Fe}) = 56 \cdot 0,25 = 14$ г $m(\text{Zn}) = 65 \cdot 0,15 = 9,75$ г $\omega(\text{Fe}) = \frac{14}{23,75} = 0,5895$ (58,95%)	1 балл

$\omega(\text{Zn}) = \frac{9,75}{23,75} = 0,4105 (41,05\%)$	
Расчет по водороду: Р-ция (1): $n(\text{H}_2) = n(\text{Fe}) = 0,25$ моль Р-ция (2): $n(\text{H}_2) = n(\text{Zn}) = 0,15$ моль $n(\text{H}_2) = 0,25 + 0,15 = 0,4$ моль $V(\text{H}_2) = 0,4 \cdot 22,4 = 8,96$ л	1 балл
Итого	9 баллов

Задание 4.

Элементы **X**, **Y** и **Z** расположены в одном периоде Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. Элемент **X** образует простое вещество **A** - порошок лимонно-желтого цвета, элемент **Y** - желто-зеленый газ **B**, элемент **Z** - воскообразное вещество **C** белого цвета с желтоватым отливом, причем $M(\text{B}) : M(\text{C}) : M(\text{A}) = 1 : 1,7465 : 3,6056$.

Вещества **A**, **B**, **C** растворяются в горячем 40% растворе гидроксида калия (реакции 1-3), при этом растворение **C** сопровождается выделением бесцветного ядовитого газа, а в растворе образуется соль кислоты **D**. При взаимодействии **B** и **C** в зависимости от соотношения могут образоваться два бинарных соединения (реакции 4 и 5), при обработке которых раствором гидроксида калия образуются соли кислот **E** и **F**, соответственно (реакции 6 и 7). При сплавлении **A** и **C** образуется сложная смесь бинарных соединений, среди которых преобладает **G** зеленого цвета с массовой долей более тяжелого элемента 43,64%, используемое в производстве спичек.

1. Определите элементы **X**, **Y**, **Z**. Расположите данные элементы в порядке увеличения радиусов их атомов.

2. Определите простые вещества **A**, **B**, **C**, ответ подтвердите расчетом.

3. Приведите молекулярные формулы кислот **D**, **E**, **F**. Назовите их.

4. Запишите уравнения реакций 1-7.

5. Рассчитайте брутто-формулу вещества **G**. Какая реакция протекает при поджигании спички, если осуществляется взаимодействие между **G** и одним из продуктов реакции 2? Запишите соответствующее уравнение.

Решение задания № 4

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Элементы: X = S (сера), Y = Cl (хлор), Z = P (фосфор) В порядке увеличения радиусов атомов: $\text{Cl} < \text{S} < \text{P}$	2 балла (по 0,5 балла за символ элемента, 0,5 балла за правильную последовательность)
Простые вещества:	1,5 балла

$A = S_8$ $B = Cl_2$ $C = P_4$ Хлор существует только в виде молекулы Cl_2 (газ желто-зеленого цвета). Сера и фосфор образуют несколько аллотропных модификаций $M(B) : M(C) : M(A) = 1 : 1,7465 : 3,6056$ $M(B) = 71$ г/моль $M(A) = 71 \cdot 3,6056 = 256$ г/моль Вещество А - S_8 (порошок лимонно-желтого цвета) $M(C) = 71 \cdot 1,7465 = 124$ г/моль Вещество С - P_4 (воскообразное вещество белого цвета с желтоватым отливом)	(по 0,5 балла за формулу с учетом приведенного расчета)
Уравнения реакций: (1) $3S_8 + 48KOH = 16K_2S + 8K_2SO_3 + 24H_2O$ или $3S + 6KOH = 2K_2S + K_2SO_3 + 3H_2O$ (2) $3Cl_2 + 6KOH = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$ (3) $P_4 + 3KOH + 3H_2O = PH_3\uparrow + 3KH_2PO_2$ (4) $P_4 + 6Cl_2 = 4PCl_3$ (или $2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$) (5) $P_4 + 10Cl_2 = 4PCl_5$ (или $2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$) (6) $PCl_3 + 5KOH = K_2HPO_3 + 3KCl + 2H_2O$ (7) $PCl_5 + 8KOH = K_3PO_4 + 5KCl + 4H_2O$	5 баллов (по 0,5 балла за ур-я 1,2,4,5; по 1 баллу за ур-я 3,6,7)
Кислоты: D – H_3PO_2 (фосфорноватистая кислота) E – H_3PO_3 (фосфористая кислота) F – H_3PO_4 (фосфорная кислота)	1,5 балла (по 0,5 балла за формулу и название)
При взаимодействии серы с фосфором могут образоваться различные сульфиды фосфора. Общая формула: P_xS_y $x : y = \frac{56,36}{31} : \frac{43,64}{32} = 1,818 : 1,364 = 1,333 : 1 = 4 : 3$ G – P_4S_3	1 балл
Продуктом реакции 2, используемым в производстве спичек, является бертолетова соль (хлорат калия) $KClO_3$. При поджигании спички протекает реакция: $3P_4S_3 + 16KClO_3 = 6P_2O_5 + 9SO_2 + 16KCl$	1 балл
Итого	12 баллов

Задание 5 (эксперимент)

В пробирках без этикеток находятся растворы веществ: гидроксид калия, хлорида меди (II), хлорида бария, сульфата меди (II). Распознайте, в какой пробирке находится каждое вещество, не используя других реактивов. Составьте план-схему распознавания этих веществ. Укажите признаки реакций. Напишите необходимые уравнения реакций в молекулярном и сокращенном ионном виде.

Решение задания № 5

Содержание верного ответа и указания к оцениванию					Баллы
План-схема распознавания веществ:					2 балла, из них 0,5 балла за составление таблицы или словесное описание алгоритма рассуждений + 1,5 балла за признаки реакций (по 0,5 балла за каждый признак)
	BaCl ₂	KOH	CuSO ₄	CuCl ₂	
BaCl ₂	-	-	+ Осадок белого цвета	-	
KOH	-	-	+ Осадок голубой студенистый	+ Осадок голубой студенистый	
CuSO ₄	+ Осадок белого цвета	+ Осадок голубой студенистый	-	-	
CuCl ₂	-	+ Осадок голубой студенистый	-	-	
Правильное определение вещества в пробирке					4 балла (по 1 баллу за вещество)
Уравнения реакций: 1. BaCl ₂ + CuSO ₄ = BaSO ₄ + CuCl ₂ Ba ²⁺ + SO ₄ ²⁻ = BaSO ₄ ↓ 2. 2KOH + CuSO ₄ = Cu(OH) ₂ + K ₂ SO ₄ Cu ²⁺ + 2OH ⁻ = Cu(OH) ₂ ↓ 3. 2KOH + CuCl ₂ = Cu(OH) ₂ + 2KCl Cu ²⁺ + 2OH ⁻ = Cu(OH) ₂ ↓					3 балла (по 0,5 балла за молекулярное и 0,5 балла за сокращенное ионное уравнение)
Итого					9 баллов

Всего: 15 + 6 + 9 + 12 + 9 = 51 балл