

Всероссийская олимпиада школьников по химии
Муниципальный этап (решение)
10-й класс

Задание 1

Разделение смеси оксидов алюминия и цинка на индивидуальные соединения проводилось по следующей схеме.

Смесь оксидов была сплавлена с избытком твёрдого гидроксида натрия. Полученный сплав растворили в воде, затем обработали 20%-ной серной кислотой. К образовавшемуся раствору добавили избыток раствора аммиака. Выпавший при этом осадок **X** отделили. В оставшийся аммиачный раствор пропустили ток сероводорода, при этом выпал осадок **Y**. Напишите уравнения всех реакций, определите состав **X** и **Y**. Предложите способы получения из **X** и **Y** безводного хлорида алюминия и металлического цинка.

Решение задания № 1

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Сплавление: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH}_{\text{тв}} = 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{ZnO} + 2\text{NaOH}_{\text{тв}} = \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	13 баллов (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)
Растворение в воде (в присутствии щёлочи): $\text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ $\text{Na}_2\text{ZnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$	
Обработка 20%-ной серной кислотой: $2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	
Добавление избытка раствора аммиака: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ $\text{ZnSO}_4 + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	
Пропускание сероводорода: $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{S} = \text{ZnS} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{S}$	
Получение безводного хлорида алюминия: $2\text{Al}(\text{OH})_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}$	
Получение металлического цинка: $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 = 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$ $\text{ZnO} + \text{C} = \text{Zn} + \text{CO}$	
$\text{Al}(\text{OH})_3$ – осадок X , ZnS – осадок Y	1 балл (по 0,5 балла за формулу)
Итого	14 баллов

Задание 2

Смесь изомерных дихлорэтанов нагрели со спиртовым раствором щёлочи. Выделившийся газ пропустили в аммиачный раствор оксида серебра, при этом выпало 9,6 г осадка. При обработке такого же количества исходной смеси водным раствором щёлочи получена смесь, при действии на которую аммиачного раствора оксида серебра выпало 6,48 г осадка. Определите массу исходной смеси и мольную долю каждого компонента в ней.

Решение задания № 2

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Дихлорэтаны: CH_3CHCl_2 и $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$	1 балл
Уравнения реакций: (1) $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 + 2\text{KOH}_{\text{сп}} \Rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ (2) $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl} + 2\text{KOH}_{\text{сп}} \Rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ (3) $\text{C}_2\text{H}_2 + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \Rightarrow \text{C}_2\text{Ag}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NH}_3$ (4) $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl} + 2\text{KOH}_{\text{водн}} \Rightarrow \text{HOCH}_2 - \text{CH}_2\text{OH} + 2\text{KCl}$ (5) $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 + 2\text{KOH}_{\text{водн}} \Rightarrow \text{CH}_3\text{CH}=\text{O} + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ (6) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \Rightarrow 2\text{Ag} + \text{CH}_3\text{COONH}_4 + \text{H}_2\text{O} + 3\text{NH}_3$	6 баллов (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)
$n \text{C}_2\text{Ag}_2 = \frac{9,6}{240} = 0,04$ (моль), $n \text{Ag} = \frac{6,48}{108} = 0,06$ (моль)	1 балл
По уравнениям 1–3: $n_{\text{общ}} \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 = n \text{C}_2\text{H}_2 = n \text{C}_2\text{Ag}_2 = 0,04$ (моль). Масса исходной смеси дихлорэтанов: $m_{\text{общ}} = 0,04 \cdot 99 = 3,96$ (г)	1 балл
По уравнениям 4–6: $n \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 = n \text{CH}_3\text{CH}=\text{O} = \frac{1}{2} n \text{Ag} = \frac{0,06}{2} = 0,03$ (моль), $n \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl} = 0,04 - 0,03 = 0,01$ (моль)	1 балл
$x \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 = 0,03/0,04 \cdot 100 \% = 75 \%$, $x \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl} = 0,01/0,04 \cdot 100 \% = 25 \%$. Ответ: $m_{\text{общ}} = 3,96$ г, $x \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 = 75 \%$, $x \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl} = 25 \%$	1 балл
Итого	11 баллов

Задание 3

При окислении смеси двух изомерных ароматических углеводородов раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты образовалось 11,2 л CO_2 (н. у.), 24,4 г бензойной кислоты и 16,6 г терефталевой (бензол-1,4-дикарбоновой) кислоты.

1. Установите строение исходных углеводородов и рассчитайте их массы в исходной смеси.

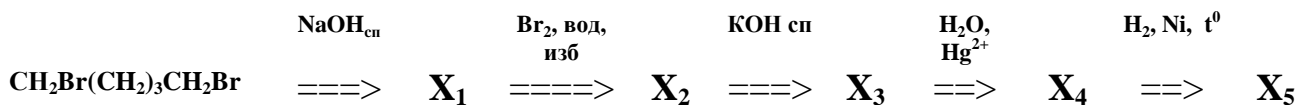
2. Напишите уравнения окислительно-восстановительных реакций.

Решение задания № 3

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
$n(\text{CO}_2) = 11,2 : 22,4 = 0,5$ (моль), $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 24,4 : 122 = 0,2$ (моль), $n(\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2) = 16,6 : 166 = 0,1$ (моль)	1,5 балла
$0,2$ моль H_2SO_4 , $0,2$ моль KMnO_4 $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$ $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ + $(n-7) \text{CO}_2$ 1 моль $\hspace{10em}$ 1 моль $(n-7)$ моль	1 балл
$0,1$ моль H_2SO_4 , $0,1$ моль KMnO_4 $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$ $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$ + $(n-8) \text{CO}_2$ 1 моль $\hspace{10em}$ 1 моль $(n-8)$ моль	1 балл
$0,2 \cdot (n-7) + 0,1 \cdot (n-8) = 0,5$ $0,2n - 1,4 + 0,1n - 0,8 = 0,5$ $0,3n = 2,7$ $n = 9$ C_9H_{12} $M(\text{C}_9\text{H}_{12}) = 120$ г/моль	1,5 балла
$5(\text{C}_6\text{H}_5)\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + 18\text{KMnO}_4 + 27\text{H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow 5 \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + 10\text{CO}_2 + 18\text{MnSO}_4 + 9\text{K}_2\text{SO}_4 + 42\text{H}_2\text{O}$ $5\text{CH}_3(\text{C}_6\text{H}_4)\text{C}_2\text{H}_5 + 18\text{KMnO}_4 + 27\text{H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow 5\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2 + 5\text{CO}_2 + 18\text{MnSO}_4 + 9\text{K}_2\text{SO}_4 + 42\text{H}_2\text{O}$	2 балла (по 1 баллу за каждое уравнение)
$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)_2) = 120 \cdot 0,2 = 24$ (г) $m(\text{CH}_3(\text{C}_6\text{H}_4)\text{C}_2\text{H}_5) = 120 \cdot 0,1 = 12$ (г)	1 балл
Итого	8 баллов

Задание 4

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ, указывайте преимущественно образующиеся продукты.

Назовите все органические вещества, представленные в цепочке.

Решение задания № 4

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Уравнения реакций: 1) $\text{CH}_2\text{Br}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{Br} + 2\text{NaOH}_{\text{cn}} \Rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{NaBr} + 2\text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{Br}_2 \Rightarrow \text{CH}_2\text{BrCHBr}-\text{CH}_2-\text{CHBrCH}_2\text{Br}$ 3) $\text{CH}_2\text{BrCHBr}-\text{CH}_2-\text{CHBrCH}_2\text{Br} + 4\text{KOH}_{\text{cn}} \Rightarrow \text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH} + 4\text{KBr} + 4\text{H}_2\text{O}$ 4) $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH} + 2\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_3$ 5) $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_3 + \text{H}_2 \Rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$	5 баллов (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)
Названия веществ: $\text{CH}_2\text{Br}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{Br}$ – 1,5-дибромпентан X_1 – пентадиен-1,4 X_2 – 1,2,4,5 - тетрабромпентан X_3 – пентадиин – 1,4 X_4 – пентандион – 2,4 X_5 – пентандиол-2,4	3 балла (по 0,5 балла за название каждого вещества)
Итого	8 баллов

Задание 5

При обработке 17,4 г смеси меди, железа и алюминия концентрированной азотной кислотой выделилось 4,48 л газа, а при действии на ту же смесь соляной кислотой – 8,96 л газа (н. у.). Определите процентный состав смеси металлов.

Решение задания № 5

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Уравнения возможных реакций: $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (реакция 1), $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$ (реакция 2), $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ (реакция 3)	3 балла
Проведём расчёты по уравнению реакции 1. Вычислим количество вещества газа, образовавшегося в реакции 1: $n(\text{NO}_2) = \frac{V(\text{NO}_2)}{V_m} = \frac{44,8}{22,4} = 0,2 \text{ (моль)}.$ Количество вещества и массу меди, вступившей в реакцию 1: $n(\text{Cu}) = \frac{1}{2} n(\text{NO}_2) = \frac{1}{2} \cdot 0,2 = 0,1 \text{ (моль)},$ $m(\text{Cu}) = 0,1 \cdot 64 = 6,4 \text{ (г)}.$ Масса смеси железа и алюминия составляет: $m(\text{Fe} + \text{Al}) = 17,4 - 6,4 = 11 \text{ (г)}$	2 балла
Проведём расчёты по уравнениям реакций 2 и 3 (газы). Вычислим количество вещества газа водорода, выделившегося в результате двух реакций: $n(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{8,96}{22,4} = 0,4 \text{ (моль)}.$ Примем $n(\text{H}_2)_{2 \text{ реакция}} = x$ моль, тогда $n(\text{H}_2)_{3 \text{ реакция}} = (0,4 - x)$ моль. Обозначим: $m(\text{Al}) = y$ г, а $m(\text{Fe}) = z$ (г). Тогда по уравнению 2: $m(\text{Al}) = 54x/3 = 18x$ (г). По уравнению 3: $m(\text{Fe}) = 56 \cdot (0,4 - x) = 22,4 - 56x$ (г). $18x + (22,4 - 56x) = 11,$ $x = 0,3 \text{ (моль)}$ $n(\text{H}_2)_{2 \text{ реакция}}$ $n(\text{H}_2)_{3 \text{ реакция}} = (0,4 - x) = 0,4 - 0,3 = 0,1 \text{ (моль)}$	2 балла
Проведём расчёты по уравнениям реакций 2 и 3 (металлы). Вычислим количества вещества и массу каждого металла в смеси. По уравнению реакции 2: $n(\text{Al}) = \frac{2}{3} n(\text{H}_2) = \frac{2}{3} \cdot 0,3 = 0,2 \text{ (моль)},$ $m(\text{Al}) = 0,2 \cdot 27 = 5,4 \text{ (г)}.$ По уравнению реакции 3: $n(\text{Fe}) = n(\text{H}_2) = 0,1 \text{ (моль)},$ $m(\text{Fe}) = 0,1 \cdot 56 = 5,6 \text{ (г)}$	1 балл
Вычислим массовую долю каждого металла в смеси:	1 балл

$\omega(\text{Cu}) = \frac{m_{\text{ч.в.}}}{m_{\text{смеси}}} \cdot 100\% = \frac{6,4}{17,4} \cdot 100\% = 36,8\%$ $\omega(\text{Al}) = \frac{m_{\text{ч.в.}}}{m_{\text{смеси}}} \cdot 100\% = \frac{5,4}{17,4} \cdot 100\% = 31,0\%$ $\omega(\text{Fe}) = \frac{m_{\text{ч.в.}}}{m_{\text{смеси}}} \cdot 100\% = \frac{5,6}{17,4} \cdot 100\% = 32,2\%$ <p>Ответ: $\omega(\text{Cu}) = 36,8\%$, $\omega(\text{Al}) = 31,0\%$, $\omega(\text{Fe}) = 32,2\%$</p>	
Итого	9 баллов

Задание 6 (реальный эксперимент)

В трёх пронумерованных пробирках находятся растворы нитрата серебра, нитрата цинка и нитрата магния. С помощью одного реагента определите, какое вещество находится в каждой пробирке. Укажите признаки, по которым Вы провели идентификацию. Приведите уравнения реакций в молекулярном и сокращённом ионном виде.

Решение задания № 6

Содержание верного ответа и указания к оцениванию				Баллы
Выбор реагента: KOH				1 балл (по 0,25 балла за выбор реагента и каждый признак)
Признаки реакций				
Вещества	AgNO ₃	Mg(NO ₃) ₂	Zn(NO ₃) ₂	
KOH	+ Выпадает осадок бурого цвета	+ Выпадает белый осадок	+ Выпадает белый осадок, который растворяется в избытке щёлочи	
Вещества в пробирках определены верно				3 балла
Уравнения реакций: 1) Zn(NO ₃) ₂ + 2KOH = Zn(OH) ₂ + 2KNO ₃ Zn ²⁺ + 2OH ⁻ = Zn(OH) ₂ 2) Zn(OH) ₂ + 2NaOH = Na ₂ [Zn(OH) ₄] Zn(OH) ₂ + 2OH ⁻ = [Zn(OH) ₄] ²⁻ 3) Mg(NO ₃) ₂ + 2KOH = Mg(OH) ₂ + 2KNO ₃ Mg ²⁺ + 2OH ⁻ = Mg(OH) ₂ 4) 2AgNO ₃ + 2KOH = Ag ₂ O↓ + 2KNO ₃ + H ₂ O 2Ag ⁺ + 2OH ⁻ = Ag ₂ O↓ + H ₂ O				4 балла (по 0,5 балла за молекулярное и сокращённое ионное уравнение)
Итого				8 баллов

Итого: 14 + 11 + 8 + 8 + 9 + 8 = 58 баллов.