

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

Задание 1

Элементы **X**, **Y** и **Z** относятся к одной группе периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева.

Самый легкий из них **X** в виде простого вещества при н.у. является газом без цвета и запаха. На его основе можно получить ряд бинарных соединений: **A**, **B** (содержат только элементы **X** и **кислород**) и **E**, **H**, **I** (содержат только элементы **X** и **водород**).

Вещество **A** образуется при взаимодействии простых веществ под действием электрического разряда (1).

Вещество **B** образуется при взаимодействии вещества **A** и кислорода (2).

При растворении **B** в растворе гидроксида натрия образуются соли **C** и **D** (3), соответствующие кислотам **C_к** (неустойчива в чистом виде) и **D_к**.

Вещество **E** – бесцветный газ с резким запахом, важный продукт химической промышленности, для получения которого используют катализатор на основе железа (4).

При взаимодействии **E** с кислотами **C_к** и **D_к** образуются соли **F** и **G** соответственно (5 и 6).

Одним из продуктов окисления (**E**) гипохлоритом натрия является бесцветная жидкость **H**, которая входит в состав ракетного топлива (7).

Вещество **I** – бинарное соединение, обладающее окислительными свойствами, окрашивающее лакмусовую бумажку в красный цвет, в котором массовая доля элемента **X** составляет 97,67%. При взаимодействии **E** и **I** образуется ионное соединение **J** (8).

Элемент **Y** при н.у. образует твердое вещество и имеет 4 основных аллотропных модификации. Элемент **Y** входит в состав бинарного вещества **K**, являющегося бесцветным газом с запахом гнилой рыбы.

При сжигании газа **K** образуется вещество **L** (9), которое можно также получить взаимодействием простого вещества, образованным элементом **Y**, и азотной кислоты (10).

Элемент **Z** является металлом, который был открыт алхимиками в Средние века. Первое упоминание о нем в химической литературе относится к 15 веку, только долгое время его считали разновидностью олова, свинца или сурьмы. Его название якобы происходит от немецкого словосочетания, которое в переводе означает «белая масса».

Определите элементы **X**, **Y**, **Z**.

Определите формулы соединений **A** – **L**. Приведите расчет для определения формулы вещества **I**.

Напишите уравнения реакций 1 – 10.

Напишите уравнения реакций разложения солей **F** и **G** (11,12).

Решение задания № 1

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
X – азот (N) Y – фосфор (P) Z – висмут (Bi)	3 балла
A - NO B – NO ₂ C – NaNO ₂ D – NaNO ₃ E – NH ₃ F – NH ₄ NO ₂ G - NH ₄ NO ₃ H – NH ₂ NH ₂ J – NH ₄ N ₃ K – PH ₃ L – H ₃ PO ₄	1 балл (A и B = 0,1 балла; остальные по 0,1 балла за формулу)
Уравнения реакций: (1) $N_2 + O_2 \Rightarrow 2NO$ (2) $2NO + O_2 \Rightarrow 2NO_2$ (3) $2NO_2 + 2NaOH \Rightarrow NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$ (4) $N_2 + 3H_2 \Rightarrow 2NH_3$ (5) $NH_3 + HNO_2 \Rightarrow NH_4NO_2$ (6) $NH_3 + HNO_3 \Rightarrow NH_4NO_3$ (7) $2NH_3 + NaClO \Rightarrow NH_2NH_2 + NaCl + H_2O$ (8) $NH_3 + HN_3 \Rightarrow NH_4N_3$ (9) $PH_3 + 2O_2 \Rightarrow H_3PO_4$ (10) $P + 5HNO_3 \Rightarrow H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$ (11) $NH_4NO_2 \Rightarrow N_2 + 2H_2O$ (12) $NH_4NO_3 \Rightarrow N_2O + 2H_2O$	6 баллов (по 0,5 балла за уравнение реакции с коэффициентами)
Определение вещества I: $N : H = \frac{97,67}{14} : \frac{2,33}{1} = 6,98 : 2,33 = 3 : 1$ Вещество: HN ₃	1 балл
Итого	11 баллов

Задание 2

Старинную монету, состоящую из меди и серебра в соотношении 3:1 по массе, растворили в концентрированной азотной кислоте. При этом выделилось 9,968 л газа (н.у.). Какова была масса монеты?

Решение задания №2

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Уравнения реакций: (1) $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$ (2) $Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + NO_2 + H_2O$	2 балла

$n(\text{NO}_2) = 9,968 : 22,4 = 0,445$ моль	1 балл
Пусть $n(\text{Cu}) = x$ моль и $m(\text{Cu}) = 64x$ г, а $n(\text{Ag}) = y$ моль и $m(\text{Ag}) = 108y$ г. Тогда $n(\text{NO}_2) = 2x$ моль (1), а $n(\text{NO}_2) = y$ моль (2) $2x + y = 0,445$	1 балл
Соотношение атомов в монете: $\frac{64x}{108y} = \frac{3}{1}$ $x = 5,0625y$	1 балл
Количество вещества металлов в монете (решим систему): $\begin{cases} 2x + y = 0,445 \\ x = 5,0625y \end{cases}$ $y = 0,04$ моль $x = 5,0625 \cdot 0,04 = 0,2025$ (моль)	1 балл
Массы металлов в монете: $m(\text{Cu}) = 64 \cdot 0,2025 = 12,96$ (г) $m(\text{Ag}) = 108 \cdot 0,04 = 4,32$ (г) Масса монеты: $m = 12,96 + 4,32 = 17,28$ (г) Ответ: 17,28 (г)	1 балл
Итого	7 баллов

Задание 3

При сжигании 4,45 г органического вещества в избытке кислорода образовалось 3,15 г воды и 5,32 л (н.у.) газовой смеси, объем которой после пропускания через избыток раствора щелочи уменьшился до 1,96 л (н.у.). Определите молекулярную формулу вещества, если известно, что оно содержит азот, и плотность по водороду оставшейся газовой смеси равна 15,43. Предложите структурные формулы двух соединений с данной молекулярной формулой, являющиеся межклассовыми изомерами.

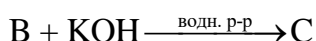
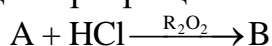
Решение задания №3

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Исходя из условия задачи, органическое вещество содержит углерод, водород, кислород, азот. Обозначим его формулу как $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_p$ Схема реакции горения: $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_p + \text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2 + [\text{O}_2]$	
Количество вещества углерода: $V(\text{CO}_2)_{\text{поглощенного}} = 5,32 - 1,96 = 3,36$ л $n(\text{CO}_2) = 3,36 : 22,4 = 0,15$ моль $n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,15$ моль $m(\text{C}) = 12 \cdot 0,15 = 1,8$ г	1 балл
Количество вещества водорода:	1 балл

$n(\text{H}_2\text{O}) = 3,15 : 18 = 0,175 \text{ моль}$ $n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 0,175 = 0,35 \text{ моль}$ $m(\text{H}) = 1 \cdot 0,35 = 0,35 \text{ г}$		
Оставшаяся смесь газов ($\text{N}_2 + \text{O}_2$): $M(\text{N}_2 + \text{O}_2) = 15,43 \cdot 2 = 30,84 \text{ г/моль}$ $n(\text{N}_2 + \text{O}_2) = 1,96 : 22,4 = 0,0875 \text{ моль}$ Пусть $n(\text{N}_2) = x \text{ моль}$, а $n(\text{O}_2) = y \text{ моль}$ Тогда $m(\text{N}_2) = 28x \text{ г}$, а $m(\text{O}_2) = 32y \text{ г}$ $\begin{cases} x + y = 0,0875 \\ 28x + 32y = 30,86 \cdot 0,0875 \end{cases}$ $x = 0,0249375 \text{ моль}$ $y = 0,0625625 \text{ моль}$		2 балла
Количество вещества азота: $n(\text{N}) = 2n(\text{N}_2) = 2 \cdot 0,0249375 = 0,049875 \text{ моль}$ $m(\text{N}) = 14 \cdot 0,049875 = 0,69825 \text{ г}$		1 балл
Количество вещества кислорода: $m(\text{O}) = 4,45 - (1,8 + 0,35 + 0,69825) = 1,60175 \text{ г}$ $n(\text{O}) = 1,60175 : 16 = 0,1 \text{ моль}$		1 балл
$\text{C} : \text{H} : \text{O} : \text{N} = 0,15 : 0,35 : 0,1 : 0,049875 = 3 : 7 : 2 : 1$ $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$ молекулярная формула		1 балл
Нитропропан $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NO}_2$ $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{NO}_2}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	Аланин $\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	1 балл (по 0,5 балла за формулу и название)
Итого		8 баллов

Задание 4

Непредельный углеводород **А**, при нормальных условиях представляющий собой газ, вступает в следующие превращения:



Молекулярная масса **С** составляет 60 г/моль.

1. Приведите структурные формулы веществ **А – Е** и назовите их по номенклатуре ИЮПАК.

2. Составьте уравнения реакций в соответствии со схемами.

3. Напишите уравнения реакций окисления вещества **А** перманганатом калия в кислой (H_2SO_4) и щелочной (KOH) среде.

Решение задания №4

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<p>Вещество А – непредельный углеводород, значит в результате присоединения к его молекуле хлороводорода и последующего гидролиза в щелочной среде образуется одноатомный спирт. Молекулярная масса вещества С будет складываться из молекулярных масс радикала C_nH_{2n+1} и OH-группы.</p> $60 = 12n + 2n + 1 + 17$ $14n = 42$ $n = 3$ <p>C_3H_6 – вещество А</p>	1,5 балла
<p>Определены вещества и</p> <p>А – пропен $CH_3-CH=CH_2$</p> <p>В – 1-хлорпропан $CH_3-CH_2-CH_2Cl$</p> <p>С – пропанол-1 $CH_3-CH_2-CH_2OH$</p> <p>Д – 2-хлорпропан $CH_3-CH_2Cl-CH_3$</p> <p>Е – 2,3-диметилбутан $CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3$</p>	2,5 балла (по 0,5 балла за структурную формулу и название вещества)
<p>Составлены уравнения реакций в соответствии со схемой:</p> $CH_2=CH-CH_3 \text{ (A)} + HCl \Rightarrow ClCH_2-CH_2-CH_3 \text{ (B)}$ $ClCH_2-CH_2-CH_3 + KOH \Rightarrow KCl + CH_2(OH)-CH_2-CH_3 \text{ (C)}$ $CH_2(OH)-CH_2-CH_3 \Rightarrow CH_2=CH-CH_3 + H_2O$ $CH_2=CH-CH_3 + HCl \Rightarrow CH_3-CHCl-CH_3 \text{ (D)}$ $2 CH_3-CHCl-CH_3 + 2Na \Rightarrow 2NaCl + CH_3-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_3 \text{ (E)}$	5 баллов (по 1 баллу за каждое уравнение реакции)
<p>Составлены уравнения реакций окисления вещества А:</p> <p>- перманганатом калия в кислой (H_2SO_4) среде:</p> $CH_3CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \Rightarrow CH_3COOH + CO_2 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 4H_2O$ <p>- щелочной (KOH) среде:</p> $CH_3CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 2KOH \Rightarrow CH_3CH(OH)CH_2OH + 2K_2MnO_4$	2 балла (по 1 баллу за каждое уравнение реакции)
Итого	11 баллов

Задание 5

Газ, полученный при обжиге 32,6 г смеси сульфида цинка и сульфида железа (II), пропустили через 181,8 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,1 г/мл, в результате чего было получено 200 мл раствора с молярной концентрацией кислой соли 0,5 моль/л. Определите массовые доли сульфидов в исходной смеси.

Решение задания № 5

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Уравнения реакций: (1) $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 = 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2$ (2) $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2$ (3) $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} + [\text{SO}_2]$ (4) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHSO}_3 + [\text{Na}_2\text{SO}_3]$	2 балла (по 0,5 балла за уравнение реакции с коэффициентами)
Пусть $n(\text{ZnS}) = x$ моль, а $n(\text{FeS}) = y$ моль, Тогда $m(\text{ZnS}) = 97x$ моль, а $m(\text{FeS}) = 88y$ моль $97x + 88y = 32,6$	1 балл
Расчет по NaOH: $m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) = 181,8 \cdot 1,1 = 199,98$ г $m(\text{NaOH}) = 199,98 \cdot 0,12 = 24$ г $n(\text{NaOH}) = \frac{24}{40} = 0,6$ моль	1 балл
По уравнениям 1 и 2: (1) $n(\text{SO}_2) = n(\text{ZnS}) = x$ моль (2) $n(\text{SO}_2) = n(\text{FeS}) = y$ моль $n(\text{SO}_2)_{\text{было}} = x + y$ (моль)	1 балл
По уравнениям 3 и 4: (3) $n(\text{SO}_2)_{\text{прореагир}} = \frac{1}{2} n(\text{NaOH}) = \frac{1}{2} \cdot 0,6 = 0,3$ моль $n(\text{SO}_2)_{\text{осталось}} = x + y - 0,3$ (моль) $n(\text{Na}_2\text{SO}_3)_{\text{образ}} = n(\text{SO}_2) = 0,3$ моль (4) $n(\text{SO}_2)_{\text{прореагир}} = n(\text{Na}_2\text{SO}_3)_{\text{прореагир}} = x + y - 0,3$ (моль) $n(\text{NaHSO}_3)_{\text{образ}} = 2 n(\text{SO}_2) = 2x + 2y - 0,6$ (моль)	1 балл
Количество вещества NaHSO_3 : $n(\text{NaHSO}_3) = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1$ моль $2x + 2y - 0,6 = 0,1$ Система уравнений: $\begin{cases} 2x + 2y - 0,6 = 0,1 \\ 97x + 88y = 32,6 \end{cases}$ $x = 0,2$ моль $y = 0,15$ моль	1 балл
Массовые доли сульфидов в исходной смеси: $m(\text{ZnS}) = 97 \cdot 0,2 = 19,4$ г $\omega(\text{ZnS}) = \frac{19,4}{32,6} \cdot 100\% = 59,51\%$	1 балл

$m(\text{FeS}) = 88 \cdot 0,15 = 13,2 \text{ г}$ $\omega(\text{ZnS}) = \frac{13,2}{32,6} \cdot 100\% = 40,49\%$	
Итого	8 баллов

Задание 6 (реальный эксперимент)

В четырех пробирках без этикеток находятся водные растворы: хлорида железа (III), хлорида меди (II), хлорида железа (II), хлорида бария, хлорида никеля (II). С помощью одного реактива определите, какое вещество находится в каждой пробирке. Укажите признаки, по которым Вы провели идентификацию. Приведите уравнения реакций в молекулярном и сокращенном ионном виде.

Решение задания № 6

Содержание верного ответа и указания к оцениванию						Баллы
Выбор реагента: NaOH						1 балл (по 0,2 балла за каждый признак) + 0,5 балла за выбор вещества
Признаки реакций:						
Вещества	FeCl ₃	CuCl ₂	FeCl ₂	BaCl ₂	NiCl ₂	
NaOH	+ Осадок бурого цвета	+ Голубой студенистый осадок	+ Осадок серо-зеленого цвета	- Нет видимых изменений	+ Осадок зеленого цвета	
Вещества в пробирках определены верно						2,5 балла (по 0,5 балла за вещество)
<u>Уравнения реакций:</u> 1). FeCl ₃ + 3NaOH = Fe(OH) ₃ + 3NaCl Fe ³⁺ + 3OH ⁻ = Fe(OH) ₃ 2). FeCl ₂ + 2NaOH = Fe(OH) ₂ + 2NaCl Fe ²⁺ + 2OH ⁻ = Fe(OH) ₂ 3). CuCl ₂ + 2NaOH = Cu(OH) ₂ + 2NaCl Cu ²⁺ + 2OH ⁻ = Cu(OH) ₂ 4). NiCl ₂ + 2NaOH = Ni(OH) ₂ + 2NaCl Ni ²⁺ + 2OH ⁻ = Ni(OH) ₂						4 баллов (по 0,5 балла за молекулярное и сокращенное ионное уравнение)
Итого						8 баллов

Итого: 11 + 7 + 8 + 11 + 8 + 8 = 53 балла