

## Муниципальный этап ВСОШ по ХИМИИ.

### 11 класс

#### Задача 1. 10 баллов

Смесь оксида железа (II) и железной окалины, в которой соотношение атомов железа и кислорода равно 5:6, обработали концентрированной серной кислотой. Газ, полученный в ходе реакции, пропустили через раствор гидроксида натрия и получили 104 г 10% раствора кислой соли. Определите массовую железной окалины в исходной смеси.

Решение и критерии оценки

$2\text{FeO} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ (1)	1
$2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 10\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{SO}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$ (2)	1
$\text{SO}_2 + \text{NaOH} = \text{NaHSO}_3$ (3)	1
$n(\text{SO}_2) = n(\text{NaHSO}_3) = 104 \cdot 0,1 / 104 = 0,1$ моль = $n(\text{S})$	1
Определение количества железа и кислорода в исходных оксидах: $n(\text{Fe}) = n(\text{O}) = x = n(\text{FeO});$ $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = y; n(\text{Fe}) = 3y, n(\text{O}) = 4y$	2
Определение $x$ и $y$ : $(x + 3y) / (x + 4y) = 5/6$ ; $x = 2y$ Количество оксида серы, образовавшегося в реакциях (1) и (2): $n(\text{SO}_2)_{(1)} = 1/2 n(\text{FeO}) = 1/2x$ моль; $n(\text{SO}_2)_{(2)} = 1/2 n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 1/2y$ моль $1/2(x + y) = 0,1$ моль, $x = 0,033$ моль; $y = 0,067$ моль	2
Определение массы оксидов и массовой доли окалины: $m(\text{FeO}) = 0,033 \cdot 72 = 2,38$ г $m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,067 \cdot 232 = 15,54$ г $\omega(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 15,54 / (15,54 + 2,38) = 0,8671; 86,71\%$	2

#### Задача 2. 5 баллов

Оксидирование (воронение) черных металлов применяется как для декоративной отделки, так и защиты изделий от атмосферной коррозии. Одним из способов нанесения защитного слоя железной окалины является обработка стали щелочно-нитратным электролитом. Процесс образования защитной пленки включает в себя две стадии, первая из которых аналогична ржавлению железа во влажном воздухе.

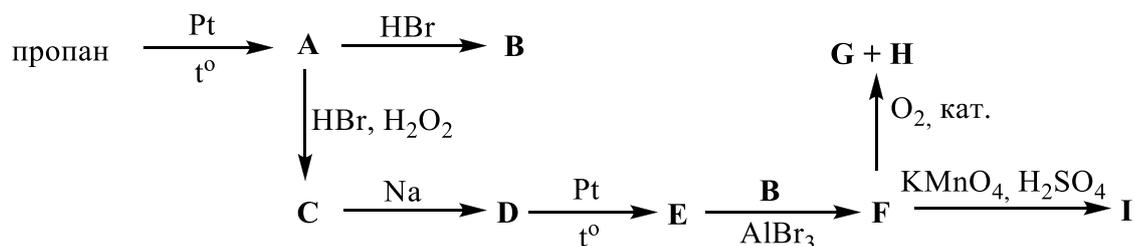
Напишите уравнения реакций, отвечающих указанным стадиям. Рассчитайте минимальную массу нитрата натрия в растворе, необходимую для формирования на поверхности стальной пластины площадью  $100 \text{ см}^2$  (учтены обе стороны пластины) слоя окалины толщиной 200 мкм, если плотность  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  составляет  $5,12 \text{ г/см}^3$ .

Решение и критерии оценки

$2\text{Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_2$ (1)	1
$12\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{NaNO}_3 = 4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{NH}_3 + \text{NaOH} + 10\text{H}_2\text{O}$ (2)	2
Определение массы и количества окарины: $m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = S \cdot L \cdot d = 100\text{cm}^2 \cdot 200 \cdot 10^{-4}\text{cm} \cdot 5,12\text{г/см}^3 = 10,24\text{г}$ $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 10,24\text{г} / 232\text{г} \cdot \text{моль}^{-1} = 0,044\text{ моль}$	1
Определение массы и количества нитрата натрия: $n(\text{NaNO}_3) = 1/4 n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 0,044/4 = 0,011\text{ моль}$ $m(\text{NaNO}_3) = 0,011 \cdot 85 = 0,94\text{ г}$	1

### Задача 3. 10 баллов

Расшифруйте цепочку превращений. Напишите уравнения реакций и структурные формулы соединений **A-I**.



Решение и критерии оценки:

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow[t^\circ]{\text{Pt}} \text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2$	0,5 – уравнение 0,5 – структура А
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HBr} \longrightarrow \text{CH}_3-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	0,5 – уравнение 0,5 – структура В
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HBr} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_2} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$	1 – уравнение 0,5 – структура С
$2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} + 2\text{Na} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + 2\text{NaBr}$	0,5 – уравнение 0,5 – структура D
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow[t^\circ]{\text{Pt}} \text{C}_6\text{H}_6 + 4\text{H}_2$	0,5 – уравнение 0,5 – структура E
$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{CH}_3-\underset{\text{Br}}{\text{CH}}-\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{AlBr}_3} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + \text{HBr}$	0,5 – уравнение 0,5 – структура F
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 + \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	1 – уравнение 0,5 – структура G 0,5 – структура H

$  \begin{array}{c}  \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\    \\  \text{C}_6\text{H}_5 \\  \text{5}  \end{array}  + 18 \text{KMnO}_4 + 27 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow  \begin{array}{c}  \text{O} \quad \text{OH} \\  \parallel \quad   \\  \text{C} \\    \\  \text{C}_6\text{H}_5 \\  \text{I}  \end{array}  + 10 \text{CO}_2 + 18 \text{MnSO}_4 + 9 \text{K}_2\text{SO}_4 + 42 \text{H}_2\text{O}  $	1 – уравнение 0,5 – структура I
Итого	10 баллов

#### Задача 4. 10 баллов

Алканы, циклоалканы, алкены и алкины с одинаковым числом углеродных атомов близки по физическим свойствам. Предложите, как можно различить пропан, циклопропан, пропен и пропин, используя водный раствор перманганата калия, бромную воду, серную кислоту и аммиачный раствор гидроксида серебра. Реакции можно проводить как при комнатной температуре, так и при нагревании. Опишите ход эксперимента и наблюдаемые явления. Напишите все возможные уравнения реакций.

Решение и критерии оценки:

<p><b>KMnO<sub>4</sub></b>  Пропан и циклопропан не реагируют.  Пропен реагирует и в нейтральной (наблюдается обесцвечивание раствора и образование коричневого осадка), и в кислой среде (наблюдается обесцвечивание раствора):</p> $3\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH}$ <p><math>5\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + 10\text{KMnO}_4 + 15\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CH}_3\text{COOH} + 5\text{CO}_2 + 10\text{MnSO}_4 + 5\text{K}_2\text{SO}_4 + 20\text{H}_2\text{O}</math> (при нагревании)</p> <p>Алкины начинают окисляться в более жестких условиях, чем алкены (наблюдается обесцвечивание раствора):</p> $5\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH} + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CH}_3\text{COOH} + 5\text{CO}_2 + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$ (при нагревании)	По 2 балла за реакцию, всего 6 баллов
<p><b>Br<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O</b>  Пропан не реагирует с бромной водой  Циклопропан, пропен и пропин присоединяют бром (наблюдается обесцвечивание раствора):</p> $  \begin{array}{c}  \triangle \\  + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}  \end{array}  $ $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHBr}-\text{CH}_2\text{Br}$ $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH} + 2 \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CBr}_2-\text{CHBr}_2$	По 1 баллу за реакцию, всего 3 балла
<p><b>Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>OH</b>  Реагирует только пропин (наблюдается образование бесцветного осадка):</p> $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH} + \text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CAg} \downarrow + 2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	1 балл
Итого	10 баллов

### Задача 5. 15 баллов

Известно, что амфотерные гидроксиды растворяются как в кислотах, так и в щелочах. Например, гидроксид алюминия взаимодействует с гидроксидом калия в растворе с образованием тетрагидроксоалюмината калия. Вам необходимо использовать эту информации при решении следующей задачи:

«Для приготовления насыщенного раствора хлорида алюминия взяли 72,45 г шестиводного хлорида алюминия (растворимость хлорида алюминия безводного составляет 44,38 г в 100 г воды). К полученному раствору добавили 150 г воды и 47 г оксида калия и наблюдали образование осадка. После отделения осадка фильтрованием, к фильтрату прилили 219 г раствора соляной кислоты и получили раствор, в котором массовая доля остатка кислоты составила 1,38 %. Рассчитайте массовую долю соляной кислоты в исходном растворе».

Решение и критерии оценки:	Баллы
$M(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 241,5 \text{ г/моль}$ , $M(\text{AlCl}_3) = 133,5 \text{ г/моль}$ $M(\text{K}_2\text{O}) = 94 \text{ г/моль}$ , $M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$ , $M(\text{Al}(\text{OH})_3) = 78 \text{ г/моль}$	
$n(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 72,45 : 241,5 = 0,3 \text{ моль}$ $n(\text{AlCl}_3) = n(\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = \mathbf{0,3 \text{ моль}}$ $m(\text{AlCl}_3) = 0,3 \cdot 133,5 = 40,05 \text{ г}$ содержится в насыщенном растворе	2
По растворимости рассчитаем массу насыщенного раствора 44,38 г соли - 144,38 г насыщ. раствора 40,05 г соли - x г насыщ. раствора Откуда $x = 130,29 \text{ г}$ насыщенного раствора	1
Рассчитаем количество моль KOH: $n(\text{K}_2\text{O}) = 47 : 94 = 0,5 \text{ моль}$ $\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2 \text{ KOH}$ , $n(\text{KOH}) = 2n(\text{K}_2\text{O}) = \mathbf{1 \text{ моль}}$	3
$\text{AlCl}_3 + 3\text{KOH} = \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{KCl}$ , $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KOH} = \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ По соотношению моль $\text{AlCl}_3$ и KOH образуется в растворе $n(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,2 \text{ моль}$ в осадке; $m(\text{Al}(\text{OH})_3) \downarrow = 0,2 \cdot 78 = 15,6 \text{ г}$ $n(\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0,1 \text{ моль}$ в растворе	4
$\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 4\text{HCl} = \text{KCl} + \text{AlCl}_3 + 4\text{H}_2\text{O}$ $n(\text{HCl})$ на реакцию $= 4n(\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0,4 \text{ моль}$ $m(\text{HCl})$ на реакцию $= 0,4 \cdot 36,5 = 14,6 \text{ г}$	2
Масса остатка кислоты x (г). масса итогового раствора: $m(\text{итогов. р-ра}) = m(\text{насыщ. р-ра}) + m(\text{K}_2\text{O}) + m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{р-ра HCl}) - m(\text{Al}(\text{OH})_3) \downarrow = 130,29 + 47 + 150 + 219 - 15,6 = 530,69 \text{ г}$ $\omega(\text{остатка HCl}) = x : m(\text{итогов. р-ра})$ $0,0138 = x : 530,69$ $x = 7,32 \text{ г}$ остаток HCl	2
$\omega(\text{исх. HCl}) = m(\text{исх. HCl}) : m(\text{исх. р-ра}) = (14,6 + 7,32) : 219 = 0,100$ или 10,0 %	1
Итого	15