

Задача 1 (5 баллов)

Железный купорос ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) широко применяется садоводами и как удобрение, и как фунгицид. С помощью этого вещества производится также дезинфекция деревянных рам в парнике, овощехранилище или погребе.

Определите массу железного купороса и объем воды, которые необходимо взять для приготовления 3 %-ного раствора сульфата железа объемом 2 литра (плотность 1,018 г/мл).

Критерии оценки (допускаются любые другие способы решения)

1. Определение массы конечного раствора $m_{\text{р-ра}} = 1,018 \cdot 2000 = 2036$ г	1
2. Определение массы соли в растворе $m_{\text{с}} = 0,03 \cdot 2036 = 61,08$ г	1
3. Определение массы кристаллогидрата $M((\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})) = 278$ г/моль В 278 г кристаллогидрата содержится 152 г безводной соли, а в X г кристаллогидрата - 61,08 г соли $X = 278 \cdot 61,08 / 152 = 111,7$ г	2
4. Масса воды $m(\text{H}_2\text{O}) = 2036 - 111,7 = 1924,3$ г или 1,924 л	1

Задача 2 (10 баллов)

Соль X при прокаливании до 500 °C разлагается, при этом теряет 24,4% по массе; остаток после прокаливании растворим в воде, образует желтый осадок с раствором нитрата серебра и окрашивает пламя в желтый цвет. Расшифруйте соединение X.

Решение:

Реакция с нитратом серебра и окраска пламени указывают на иодид натрия.	1 балл
Следовательно, X – натриевая соль кислородсодержащей кислоты иода.	1 балл
$\text{NaIO}_n \rightarrow \text{NaI} + n/2 \text{O}_2$ Пусть масса образца 1 г. Составляем пропорцию и решаем $\frac{1}{M(\text{NaIO}_n)} = \frac{1 - 0,244}{M(\text{NaI})}$ $\frac{1}{150 + 16n} = \frac{0,756}{150}$ n=3	1 балл 5 баллов

Реакция с нитратом серебра и окраска пламени указывают на иодид натрия.	1 балл
Следовательно, X – натриевая соль кислородсодержащей кислоты иода.	1 балл
X – иодат натрия NaIO ₃	
2 NaIO ₃ → 2 NaI + 3 O ₂	1 балл
NaI + AgNO ₃ → AgI + NaNO ₃	1 балл

Ответ: X – иодат натрия NaIO₃

Задача 3 (10 баллов)

Газообразный углеводород объемом 22,4 л последовательно ввели в реакции с 1 моль брома на свету, металлическим натрием и 1 моль хлора на свету, при этом получили только одно жидкое монохлорпроизводное. Назовите конечное монохлорпроизводное по систематической номенклатуре и определите его массу, если известно, что исходный углеводород содержит 82,76% углерода по массе. Считайте, что все реакции протекают с количественным (100%) выходом.

Решение:

<p>Определяем молекулярную формулу углеводорода $82,76/12 : 17,24/1$ $2 : 5$ C₂H₅ – простейшая формула</p>	1 балл
<p>Молекулярная формула C₄H₁₀ 2 изомера – бутан и изобутан</p>	1 балл
<p>Реакция радикального хлорирования протекает менее селективно, чем реакция бромирования, поэтому поскольку получили только одно монохлорпроизводное, то продукт реакции Вюрца – симметричный, а исходное соединение – изобутан</p>	2 балла (1 балл при отсутствии аргументов)
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + \text{Br}_2 \xrightarrow{h\nu} \begin{array}{c} \text{Br} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + \text{HBr}$ $2 \begin{array}{c} \text{Br} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} + 2 \text{Na} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} + 2 \text{NaBr}$	1 балл 1 балл

$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2\text{Cl} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} + \text{HCl} $	1 балл
<p>n (изобутана) = 1 моль n (1-хлор-2,2,3,3-тетраметилбутана) = 0,5 моль</p>	1 балл
<p>Масса (1-хлор-2,2,3,3-тетраметилбутана) = $0,5 \cdot 148,5 = 74,25$ г</p>	1 балл
<p>За название 1-хлор-2,2,3,3-тетраметилбутан</p>	1 балл
<p>Ответ: 1-хлор-2,2,3,3-тетраметилбутан, 74,25 г</p>	

Задача 4 (15 баллов)

Предложите способ синтеза 2-бутанола, содержащего один атом дейтерия в положении 1, исходя из любых неорганических реагентов и тяжелой воды. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

Решение и ответ:

Возможная схема синтеза:

- $\text{CaO} + 3\text{C} \rightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}$
- $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{HC}\equiv\text{CH}$
- $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ (катализатор – Ni, Pd или Pt)
- $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{HBr} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$
- $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{NaNH}_2 \rightarrow \text{HC}\equiv\text{CNa} + \text{NH}_3$
- $\text{HC}\equiv\text{CNa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} \rightarrow \text{HC}\equiv\text{CC}_2\text{H}_5 + \text{NaBr}$
- $\text{HC}\equiv\text{CC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (катализатор – Ni, Pd или Pt)
- $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{DBr} \rightarrow \text{DH}_2\text{C}-\text{CHBr}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (по правилу Марковникова)
- $\text{DH}_2\text{C}-\text{CHBr}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{DH}_2\text{C}-\text{CH(OH)}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{NaBr}$
(водный раствор NaOH)
- Получение DBr: $\text{PBr}_5 + 4 \text{D}_2\text{O} = 5 \text{DBr} + \text{D}_3\text{PO}_4$

За верную схему – 15 баллов

За верную схему получения 2-бутанола без дейтериевой метки – 10 баллов

За неуказанные условия реакций или неверно указанные условия реакций – минус 1 балл за каждую.

Задача 5 (10 баллов)

В лаборатории имеются неподписанные склянки с карбидами бора, кальция и алюминия. Предложите метод распознавания этих веществ, используя водный раствор перманганата калия, подкисленный серной кислотой. С помощью предложенного вами метода определите содержимое склянок с карбидом серебра (Ag_2C_2), карбидом бериллия (Be_2C) и карбидом кремния (SiC).

Решение и ответ:

$\text{Al}_4\text{C}_3 + 6 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3 \text{CH}_4 + 2 \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ <p>- выделяется газ, не обесцвечивающий раствор перманганата калия</p>	1 балл
$\text{CaC}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HC}\equiv\text{CH} + \text{CaSO}_4$ <p>- выделяется газ, обесцвечивающий раствор перманганата калия</p>	1 балл
$\text{HC}\equiv\text{CH} + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{CO}_2 + 2\text{MnSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$	2 балла
Карбид бора B_4C не реагирует с водой или раствором перманганата калия.	1 балл
Карбид кремния SiC аналогично B_4C является ковалентным карбидом и не вступает в реакции с водой или раствором перманганата калия.	1 балл
<p>В карбиде бериллия Be_2C С.О. углерода равна -4, следовательно, это метанид</p> $\text{Be}_2\text{C} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{BeSO}_4$ <p>- выделяется газ, не обесцвечивающий раствор перманганата калия</p>	2 балла
<p>В карбиде серебра Ag_2C_2 С.О. углерода равна -1, следовательно, это ацетиленид</p> $\text{Ag}_2\text{C}_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HC}\equiv\text{CH} + 2 \text{Ag}_2\text{SO}_4$ <p>- выделяется газ, обесцвечивающий раствор перманганата калия</p>	2 балла