

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

Задание 1

В вашем распоряжении имеются концентрированная серная кислота, железо, вода, гидроксид калия. Получите из этих веществ шесть разных солей. Напишите уравнения реакций. Назовите полученные соли и разделите их на группы.

Решение задания № 1

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<p><u>Возможные уравнения реакций:</u></p> <p>1) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KOH} = \text{KHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$,</p> <p>2) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$,</p> <p>3) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{разб})} = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$,</p> <p>4) $2\text{Fe} + 6\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})} = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$,</p> <p>5) $\text{FeSO}_{4(\text{p-p})} + \text{K}_2\text{SO}_{4(\text{p-p})} + 6\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,</p> <p>6) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{p-p}) + \text{K}_2\text{SO}_{4(\text{p-p})} + 12\text{H}_2\text{O} = 2\text{KFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.</p> <p>Принимаются к рассмотрению реакции гидролиза солей и электролиза с железным электродом.</p> <p>$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$,</p> <p>$\text{Fe}_{(\text{анод})} + 2\text{KOH}_{(\text{p-p})} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{FeO}_4 + 3\text{H}_2$</p>	6 баллов (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)
<p><u>Названия веществ:</u></p> <p>KHSO_4 – гидросульфат калия, K_2SO_4 – сульфат калия, FeSO_4 – сульфат железа (II), $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ – сульфат железа (III), $\text{K}_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ – сульфат калия-железа (II), $\text{KFe}(\text{SO}_4)_2$ – сульфат калия-железа (III), $\text{Fe}(\text{OH})\text{SO}_4$ – сульфат гидроксиджелеза (III), K_2FeO_4 – феррат калия</p>	3 балла (по 0,5 балла за название каждого вещества)
<p>Комментарий: среди полученных солей могут встретиться соли средние, кислые, основные, двойные и т. д.</p>	1 балл
Итого	10 баллов

Задание 2

Некоторый сплав из алюминия и магния массой 8,85 г растворили в 84,75 мл раствора соляной кислоты с массовой долей хлороводорода 36,5 % и плотностью 1,18 г/мл. Выделилось 9,52 л газа (н. у.). К полученному раствору добавили 486 мл раствора гидроксида калия с массовой долей щёлочи 11 % и плотностью 1,1 г/мл. Выпавший осадок удалили. Определите массовые доли веществ в конечном растворе. Растворимость гидроксида магния в воде пренебречь.

Решение задания № 2

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<p><u>Уравнения реакций:</u></p> <p>(1) $\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$,</p> <p>(2) $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$,</p> <p>(3) $\text{HCl} + \text{KOH} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$,</p> <p>(4) $\text{MgCl}_2 + 2\text{KOH} = 2\text{KCl} + \text{Mg}(\text{OH})_2$,</p> <p>(5) $\text{AlCl}_3 + 3\text{KOH} = \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{KCl}$,</p> <p>(6) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{KOH} = \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$</p>	<p>3 балла (по 0,5 балла за уравнение реакции с коэффициентами)</p>
<p>Расчёт количества вещества и массы известных веществ:</p> <p>$m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 84,75\text{мл} \cdot 1,18 \text{ г/мл} = 100 \text{ г}$,</p> <p>$m_{\text{рв}}(\text{HCl}) = \frac{36,5\% \cdot 100\text{г}}{100\%} = 36,5 \text{ г}$,</p> <p>$n(\text{HCl}) = \frac{36,5\text{г}}{36,5\text{г/моль}} = 1 \text{ моль}$,</p> <p>$n(\text{H}_2) = \frac{9,52\text{л}}{22,4\text{л}} = 0,425 \text{ моль}$,</p> <p>$m(\text{H}_2) = 0,425 \text{ моль} \cdot 2 \text{ г/моль} = 0,85 \text{ г}$,</p> <p>$m_{\text{р-ра}}(\text{KOH}) = 486\text{мл} \cdot 1,1 \text{ г/мл} = 534,6 \text{ г}$,</p> <p>$m_{\text{рв}}(\text{KOH}) = \frac{11\% \cdot 534,6\text{г}}{100\%} = 58,8 \text{ г}$,</p> <p>$n(\text{KOH}) = \frac{58,8\text{г}}{56\text{г/моль}} = 1,05 \text{ моль}$</p>	<p>1 балл</p>
<p>Определение количественного состава смеси металлов:</p> <p>пусть $n(\text{Mg}) = x \text{ моль}$, $n(\text{Al}) = y \text{ моль}$.</p> <p>Тогда $m(\text{Mg}) = 24x \text{ г}$, $m(\text{Al}) = 27y \text{ г}$.</p> <p>По уравнению р-ции (1):</p> <p>$n(\text{H}_2) = n(\text{Mg}) = x \text{ моль}$.</p> <p>По уравнению р-ции (2):</p> <p>$n(\text{H}_2) = 3/2n(\text{Al}) = 1,5y \text{ моль}$.</p> <p>Система уравнений:</p> $\begin{cases} x + 1,5y = 0,425 \\ 24x + 27y = 8,85 \end{cases}$ <p>$x = 0,2 \text{ моль}$ ($n \text{ Mg}$); $y = 0,15 \text{ моль}$ ($n \text{ Al}$).</p> <p>Таким образом, $n(\text{MgCl}_2) = n \text{ Mg} = 0,2 \text{ моль}$ (1), $n(\text{AlCl}_3) = n \text{ Al} = 0,15 \text{ моль}$ (2)</p>	<p>2 балла</p>
<p>Расчёты по расходу соляной кислоты:</p> <p>по уравнению р-ции (1):</p> <p>$n_{\text{изр}}(\text{HCl}) = 2n(\text{Mg}) = 2 \cdot 0,2 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$.</p> <p>По уравнению р-ции (2):</p> <p>$n_{\text{изр}}(\text{HCl}) = 3n(\text{Al}) = 3 \cdot 0,15 = 0,45 \text{ моль}$,</p> <p>$n_{\text{изр}} \text{ общее}(\text{HCl}) = 0,4 + 0,45 = 0,85 \text{ моль}$.</p> <p>Пошло на р-цию (3):</p> <p>$n(\text{HCl}) = 1 - 0,85 = 0,15 \text{ моль}$</p>	<p>1 балл</p>
<p>Расчёты по хлориду калия:</p>	<p>1 балл</p>

<p>по уравнению р-ции (3): $n(\text{KCl}) = n(\text{HCl}) = 0,15 \text{ моль}$. По уравнению р-ции (4): $n(\text{KCl}) = 2n(\text{MgCl}_2) = 2 \cdot 0,2 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$. По уравнению р-ции (5): $n(\text{KCl}) = 3n(\text{AlCl}_3) = 3 \cdot 0,15 \text{ моль} = 0,45 \text{ моль}$, $n_{\text{общее}}(\text{KCl}) = 0,15 + 0,4 + 0,45 = 1 \text{ моль}$, $m(\text{KCl}) = 1 \text{ моль} \cdot 74,5 \text{ г/моль} = 74,5 \text{ г}$</p>	
<p>Расчёты по гидроксиду калия: по уравнению р-ции (3): $n(\text{KOH}) = n(\text{HCl}) = 0,15 \text{ моль}$. По уравнению р-ции (4): $n(\text{KOH}) = 2n(\text{MgCl}_2) = 2 \cdot 0,2 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль}$. По уравнению р-ции (5): $n(\text{KOH}) = 3n(\text{AlCl}_3) = 3 \cdot 0,15 \text{ моль} = 0,45 \text{ моль}$. Таким образом, на реакцию (6) $n(\text{KOH}) = 1 - 0,15 - 0,4 - 0,45 = 0,05 \text{ моль}$</p>	1 балл
<p>Расчёты по осадкам: по уравнению р-ции (4): $n(\text{Mg}(\text{OH})_2) = n(\text{MgCl}_2) = 0,2 \text{ моль}$, $m(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 0,2 \text{ моль} \cdot 58 \text{ г/моль} = 11,6 \text{ г}$. По уравнению р-ции (5): $n(\text{Al}(\text{OH})_3) = n(\text{AlCl}_3) = 0,15 \text{ моль}$. По уравнению р-ции (6): $n_{\text{изр}}(\text{Al}(\text{OH})_3) = n_{\text{обр}}(\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = n_{\text{изр}}(\text{KOH}) = 0,05 \text{ моль}$, $n_{\text{ост}}(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,15 - 0,05 = 0,1 \text{ моль}$, $m(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,1 \text{ моль} \cdot 78 \text{ г/моль} = 7,8 \text{ г}$</p>	1 балл
<p>Расчёт массы конечного раствора и массовых долей веществ в конечном растворе: $m_{\text{р-ра}} = 8,85 + 100 - 0,85 + 534,6 - 11,6 - 7,8 = 623,2 \text{ (г)}$, $\omega(\text{KCl}) = \frac{74,5\text{г}}{623,2\text{г}} \cdot 100 \% = 11,95 \%$, $\omega(\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = \frac{6,7\text{г}}{623,2\text{г}} \cdot 100 \% = 1,08 \%$. Ответ: $\omega(\text{KCl}) = 11,95 \%$, $\omega(\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 1,08 \%$</p>	1 балл
Итого	11 баллов

Задание 3

Последовательная обработка смеси двух спиртов бромоводородом, твёрдой щёлочью при нагревании, снова бромоводородом и далее натрием привела к получению смеси трёх углеводородов, один из которых изобутан. Смесь каких спиртов можно брать в эту последовательность превращений? Напишите уравнения соответствующих реакций.

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

Решение задания № 3

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<p><u>Уравнения реакций</u></p> <p>Вариант 1 (смесь метанола и пропанола-1)</p> $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HBr} \longrightarrow \text{CH}_3\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{HBr} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{Br} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{NaBr}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HBr} \longrightarrow \text{CH}_3\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{HBr} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array}$ <p>Вариант 2 (смесь метанола и пропанола-2)</p> $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HBr} \longrightarrow \text{CH}_3\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array} + \text{HBr} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{Br} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{NaBr}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{OH} + \text{HBr} \longrightarrow \text{CH}_3\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{HBr} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array}$	<p>6 баллов (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)</p>
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \\ \\ \text{Br} \end{array} + \text{CH}_3\text{Br} + \text{Na} \longrightarrow \begin{array}{l} \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \\ \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}-\text{CH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} \end{array} + \text{NaBr}$	<p>2 балла</p>
<p>Итого</p>	<p>8 баллов</p>

Задание 4

Для полной нейтрализации 53,2 г смеси двух алифатических двухосновных карбоновых кислот массой, различающихся по составу только на один атом углерода, потребовалось 200 г 20%-ного раствора гидроксида натрия. Установите молекулярную и структурную формулы этих кислот и их массовые доли в исходной смеси. Назовите вещества.

Решение задания № 4

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
Уравнение реакции: HOOC-R-COOH + 2 NaOH → NaOOC-R-COONa + 2H ₂ O	1 балл
Расчёт количества вещества реагирующих веществ: $m_{\text{рв}}(\text{NaOH}) = \frac{20\% \cdot 200\text{г}}{100\%} = 40\text{ г},$ $n(\text{NaOH}) = \frac{40\text{г}}{40\text{г/моль}} = 1\text{ моль}.$ По уравнению реакции суммарное количество двухосновных кислот в 2 раза меньше, т. е. 0,5 моль	1 балл
Определение молекулярных формул кислот Кислота 1: C _n H _{2n-2} O ₄ . Кислота 2: C _{n+1} H _{2n-2} O ₄ . Примем: n (C _n H _{2n-2} O ₄) = x моль, n (C _{n+1} H _{2n-2} O ₄) = y моль. Тогда: m (C _n H _{2n-2} O ₄) = (14n + 62)x г, m (C _{n+1} H _{2n-2} O ₄) = (14n + 74)y г. Система уравнений: $\begin{cases} x + y = 0,5 \\ (14n + 62)x + (14n + 74)y = 53,2 \end{cases}$ $\begin{cases} x + y = 0,5 \\ 7n - 12x = 15,2 \end{cases}$ При x = 0, n = 2,17. При x = 0,5, n = 3,03; n – целое число, n = 3. Кислота 1: C ₃ H ₄ O ₄ . Кислота 2: C ₄ H ₄ O ₄	3 балла
Кислота 1: C ₃ H ₄ O ₄ – малоновая кислота. Кислота 2: C ₄ H ₄ O ₄ – фумаровая кислота (малеиновая кислота)	1 балл
Кислота 1: HOOC-CH ₂ -COOH. Кислота 2: C ₄ H ₄ O ₄ – HOOC-CH=CH-COOH	1 балл
Расчёт количества вещества каждой кислоты в растворе: $\begin{cases} x + y = 0,5 \\ 104x + 116y = 53,2 \end{cases}$ x = 0,4 моль, y = 0,1 моль	1 балл
Расчёт массовой доли каждой кислоты в растворе: m (C ₃ H ₄ O ₄) = 0,4 моль · 104 г/моль = 41,6 г, ор.в. (C ₃ H ₄ O ₄) = $\frac{41,6\text{ г}}{53,2\text{ г}} \cdot 100\% = 78,2\%$, ор.в. (C ₄ H ₄ O ₄) = 100% - 78,2% = 21,8%. Ответ: ор.в. (C ₃ H ₄ O ₄) = 78,2%; ор.в. (C ₄ H ₄ O ₄) = 21,8%	2 балла
Итого	10 баллов

Задание 5

Соединение А – соль, представляющая собой белый порошок, хорошо растворимый в воде. Окрашивает пламя горелки в жёлтый цвет. Добавление к её раствору раствора хлорида бария вызывает выпадение белого осадка, растворимого в соляной кислоте. Добавление раствора нитрата свинца к раствору исходной соли приводит к образованию белого осадка, который не переходит в раствор при действии концентрированной азотной кислоты. Если исходную соль прокалить без доступа воздуха и полученный остаток растворить в воде, то в этом случае при добавлении к раствору хлорида бария выпадает белый осадок, нерастворимый в кислотах. А если к раствору добавить нитрат свинца, образуется серый осадок, который под действием пероксида водорода превращается в осадок белого цвета. Приведите формулу исходного вещества А, назовите его. Напишите уравнения перечисленных реакций.

Решение задания № 5

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
<u>Уравнения реакций:</u> $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_3 + 2\text{NaCl}$, $\text{BaSO}_3 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} = [\text{Pb}(\text{OH})_2\text{SO}_3] + 2\text{NaNO}_3$, $\text{PbSO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{PbSO}_4 + 2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, $4\text{Na}_2\text{SO}_3 = \text{Na}_2\text{S} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$, $\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = \text{PbS} + \text{PbSO}_4 + 4\text{NaNO}_3$, $\text{PbS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 = \text{PbSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$	8 баллов (по 1 баллу за уравнение реакции с коэффициентами)
Вещество А – сульфит натрия Na_2SO_3	1 балл
Итого	9 баллов

Задание 6

В Вашем распоряжении имеются растворы следующих веществ: нитрат меди (II), хлорид алюминия, карбонат калия, гидроксид натрия, хлороводородная кислота, а также необходимое количество чистых пробирок.

Осуществите описанные ниже превращения. Приведите уравнения реакций в молекулярном и сокращённом ионном виде.

1. В пробирку с раствором соли X добавили небольшое количество раствора вещества Y. В результате реакции наблюдали образование осадка белого цвета, который растворился при добавлении раствора вещества Y.
2. В пробирку с раствором вещества X добавили раствор соли Y. В результате реакции образовался студенистый осадок голубого цвета.
3. В пробирку с раствором сильного электролита X добавили раствор другого сильного электролита Y. В результате выпал белый осадок и выделился бесцветный газ.

Решение задания № 6

Содержание верного ответа и указания к оцениванию	Баллы
(1) $\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} = 3\text{NaCl} + \text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, $\text{Al}^{3+} + 4\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_4^-$, (2) $2\text{NaOH} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{NaNO}_3 + \text{Cu}(\text{OH})_2$, $2\text{OH}^- + \text{Cu}^{2+} = \text{Cu}(\text{OH})_2$, (3) $2\text{AlCl}_3 + 3\text{K}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2 + 6\text{KCl}$, $2\text{Al}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CO}_2$	4 балла (по 1 баллу за молекулярное и сокращенное ионное уравнения реакции с коэффициентами)
Итого	4 балла

Всего: 10 + 11 + 8 + 10 + 9 + 4 = 52 балла