

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ. 2022-2023 уч. г. МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 класс

Общие указания: если в задаче требуются расчеты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведенный без расчетов или иного обоснования, не засчитывается.

11 класс

Задание 1

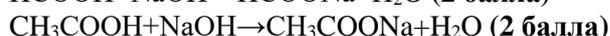
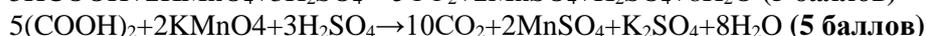
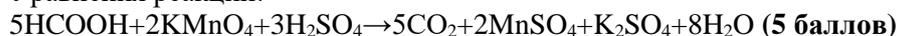
Смесь трех карбоновых кислот – CH_2O_2 , $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ – массой 69,6 г растворили в воде и приготовленный раствор разделили на две равные части. При полном окислении первой части подкисленным раствором перманганата калия выделилось 11,2 л (н.у.) газа. Для нейтрализации второй части смеси было израсходовано 400 г 14%-ного раствора едкого натра.

- 1) Назовите кислоты.
- 2) Запишите уравнения протекающих реакций.
- 3) Рассчитайте массовую долю кислоты состава $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ в смеси.

Решение, критерии оценивания:

- 1) CH_2O_2 – муравьиная кислота (2 балла); $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ – уксусная (2 балла); $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ – щавелевая (3 балла).

- 2) Уравнения реакции:



- 3) Пусть в смеси $\nu(\text{HCOOH}) = x$ моль, $\nu(\text{CH}_3\text{COOH}) = y$ моль, $\nu((\text{COOH})_2) = z$ моль,
Количество CO_2 : по уравнению (1): $\nu(\text{CO}_2) = x$ моль; по уравнению (2): $\nu(\text{CO}_2) = 2z$ моль;
следовательно, $\nu(\text{CO}_2)$ общее = $x + 2z = 11,2/22,4 = 0,5$ моль
Количество NaOH : $\nu(\text{NaOH}) = 0,07 \cdot 400/40 = 0,7$ моль. По уравнению (1): $\nu(\text{NaOH}) = x$ моль; по уравнению (2): $\nu(\text{NaOH}) = y$ моль; по уравнению (3) $\nu(\text{NaOH}) = 2z$ моль; $\nu(\text{NaOH})$ общее = $x + y + 2z = 0,7$ моль

$$\text{Получаем: } \begin{cases} x + 2z = 0,5 \\ x + y + 2z = 0,7 \end{cases}$$

$$y = 0,2 \text{ моль}$$

Массовая доля уксусной кислоты в смеси: $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,2 \cdot 60 = 12$ г, $\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 12/34,8 = 34,5\%$ (5 баллов)

Всего за задание: 29 баллов

Задание 2

Определите реагирующие вещества и составьте уравнения реакций по их правым частям (все вещества указаны с коэффициентами в уравнении реакции):

- 1) $\dots + \dots \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2$
- 2) $\dots + \dots \rightarrow \text{MnBr}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) $\dots + \dots \rightarrow 2\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 4) $\dots + \dots \rightarrow \text{CuSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
- 5) $\dots + \dots \rightarrow 4\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 24\text{NO}_2 + 3\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$

Решение, критерии оценивания:

- 1) $\text{BaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2$ (3 балла)
- 2) $\text{MnO}_2 + 4\text{HBr} \rightarrow \text{MnBr}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (3 балла)
- 3) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow 2\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ (3 балла)
- 4) $\text{CuS} + 4\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ (3 балла)
- 5) $\text{Al}_4\text{C}_3 + 36\text{HNO}_3 \rightarrow 4\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 24\text{NO}_2 + 3\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$ (3 балла)

Всего за задание: 15 баллов

Задание 3

К 10 г. насыщенного при 30 °С раствора сульфата меди(II) добавили необходимое количество раствора гидроксида натрия. Выпавший осадок отфильтровали и прокалили. Масса твёрдого остатка после прокаливания составила 1 г.

- 1) Вычислите растворимость сульфата меди (II) (в граммах на 100 грамм воды) при 30 °С.
- 2) Какую массу медного купороса и какой объём воды необходимо взять для приготовления 10 г. насыщенного при 30 °С раствора сульфата меди(II)

Решение, критерии оценивания:

- 1) $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$. (2 балла) $\text{Cu}(\text{OH})_2 = \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$. (2 балла) Количество вещества оксида меди $1/80 = 0,0125$ моль. Тогда столько же моль сульфата меди в растворе или это составляет $0,0125 \cdot 160 = 2$ г. Тогда растворимость составляет 2 г в 8 г воды или 25 г / 100 г воды. (3 балла).
- 2) Масса медного купороса $(2:160) \cdot 250 \approx 3$ г. (3 балла) Объём воды около 7 мл. (3 балла)

Всего за задание: 13 баллов

Задание 4

«Сплав натрия с калием с массовой долей калия ... % имеет температуру плавления $-12,8$ °С и находится в жидком состоянии в очень широком интервале температур. Он имеет высокий коэффициент теплопередачи и не взаимодействует с большинством конструкционных материалов ни при обычных, ни при повышенных температурах. По этим причинам он применяется в атомной энергетике в качестве ...» (Н.Л. Глинка «Общая химия». М.: «Химия». 1983 г).

- 1) Определите массовую долю калия в сплаве, если при растворении 1,01 г его в воде получено 100 г раствора, содержащего 0,03 моль гидроксид ионов.
- 2) Сколько атомов калия приходится на 1 атом натрия в этом сплаве?
- 3) В качестве чего применяется этот сплав в атомной энергетике?

Решение, критерии оценивания:

- 1) $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$. (3 балла) $2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{H}_2$. (3 балла)
Пусть в сплаве будет x моль натрия и y моль калия. Тогда в растворе образуется x моль гидроксид-ионов по первой реакции и y моль – по второй. Составим систему двух уравнений $23x + 39y = 1,01$ и $x + y = 0,03$. (4 балла)
Решив её получаем $y = 0,02$. Тогда масса калия $0,02 \cdot 39 = 0,78$ г и массовая доля калия составит $0,78/1,01 = 0,772 = 77,2$ %. (2 балла)
- 2) $N(\text{K}):N(\text{Na}) = (77,2/39): (22,8/23) = 2:1 - \text{K}_2\text{Na}$ (3 балла)
- 3) В качестве теплоносителя (4 балла)

Всего за задание: 19 баллов

Задание 5

В 1886 году французский химик Анри Муассан сумел выделить фтор электролизом смеси жидкого безводного фтороводорода и гидродифторида калия. Учитывая высокую реакционную способность фтора, Муассан проводил электролиз в аппаратуре, изготовленной из платины. При этом каждый грамм полученного фтора «съедал» до 6 грамм платины. Позднее Муассан стал использовать значительно более дешёвый медный электролизёр, который оказался более устойчив к разрушительному действию фтора.

- 1) Запишите уравнение реакции получения фтора по методу Муассана. Какой электрод играет роль окислителя, а какой восстановителя в этом процессе?
- 2) Зачем Муассан добавлял гидродифторид калия к фтороводороду при проведении электролиза? К какому классу солей принадлежит это вещество? Каково его строение?
- 3) Почему медный электролизёр оказался более устойчив к разрушительному действию фтора?
- 4) Запишите уравнение реакции платины с фтором. Рассчитайте, каков был выход фтора, получаемого Муассаном в платиновом электролизёре?

Решение, критерии оценивания:

- 5) $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$; $2\text{F}^- - 2\text{e} = \text{F}_2$ (3 балла) Восстановитель – катод, окислитель – анод (2 балла)
- 6) Чистый фтороводород практически не проводит электрический ток, гидродифторид калия в жидком фтороводороде диссоциирует значительно лучше и обеспечивает высокую электропроводность системы. (3 балла) Гидродифторид калия - кислая соль. (3 балла) Ионная кристаллическая решётка; межатомные водородные связи внутри аниона: $\text{K}^+[\text{F}---\text{H}---\text{F}]^-$. (5 баллов)
- 7) Аналогично оксидным пленкам на некоторых металлах образуются защитные фторидные пленки (медь, никель). (3 балла)

8) $\text{Pt} + 2\text{F}_2 \rightarrow \text{PtF}_4$ Масса «съеденного» фтора составляла $2 \cdot (6:195) \cdot 38 = 2,33$ г. Тогда выход фтора в платиновом электролизере составлял 30% (5 баллов)

Всего за задание: 24 балла

Всего за работу 100 баллов