

**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ». Химия.
ОЧНЫЙ ФИНАЛЬНЫЙ ТУР 2020/21**

Время на выполнение заданий – 180 минут.

9 класс

Задача 9-1

Некоторый серебристый металл был впервые получен в первой четверти XIX века. В то время стоимость этого металла была значительно больше стоимости золота. Впоследствии благодаря разработке более экономических методов получения, этот металл нашел широкое применение в промышленности и быту.

Обсуждаемый металл при обычных условиях является достаточно устойчивым, но в некоторых случаях его химическая активность значительно изменяется. Так, например, нагревание пластинки этого металла вплоть до температуры плавления на воздухе не приводит к его сгоранию, но если ее поверхность обработать ртутью, через некоторое время во влажном воздухе она превратится в мелкий порошок серого цвета. Такая же пластинка быстро растворяется в водном растворе соляной кислоты, однако если перед этим ее выдержать некоторое время в концентрированной азотной кислоте, она перестает взаимодействовать с соляной кислотой.

1. Установите природу этого металла, если известно, что при взаимодействии 13.35 г его хлорида с калием образуется 2.35 г металла. Ответ подтвердите необходимыми расчетами и уравнением реакции. При вычислении учтите, что указанная реакция протекает с выходом 87%. (При решении задачи молярные массы округляйте до целых значений).

2. Как в производстве называется описанный выше способ получения металлов? Какие еще металлы можно выделить аналогичным способом? Приведите три примера. Напишите уравнения реакции.

3. Каким методом получают этот металл в наше время? Напишите уравнения химических реакций.

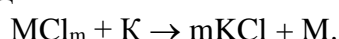
4. Где и почему нашел широкое применение этот металл?

5. Объясните, благодаря чему происходит резкое изменение реакционной способности металла в приведенных примерах. Напишите уравнения реакций, о которых говорится во втором абзаце условия.

Решение

1.

Обозначим указанный в условии металл через М, тогда формулу его хлорида в общем виде можно записать MCl_m , где m – валентность металла. Запишем уравнение реакции хлорида металла с калием:



Из уравнения реакции с учетом выхода реакции можно записать:

$n(MCl_m) = n(M)/0.87$, где $n(MCl_m)$ – количество вещества хлорида металла MCl_m , а $n(M)$ – количество вещества металла. Если обозначим молярную массу М через x г/моль, то получим следующее уравнение.

$$13.35/(x+35.5m) = 2.35/(x \cdot 0.87).$$

Решая это уравнение для $m=3$ получаем $x = 27$ г/моль

m

x

1

9 – не удовлетворяет условию задачи;

2

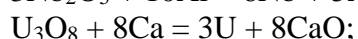
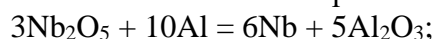
18 – не удовлетворяет условию задачи;

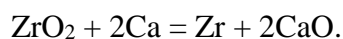
3

27 – М – алюминий.

2.

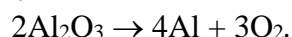
Способ извлечения одних металлов восстановлением другими из их солей или оксидов называется металлотермией.





3.

Алюминий в промышленности получают электролизом Al_2O_3 в расплаве криолита Na_3AlF_6 .



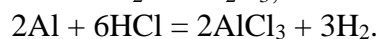
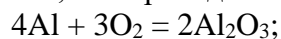
4.

Алюминий широко применяется как конструкционный материал. Основные достоинства алюминия в этом случае – лёгкость, податливость штамповке, коррозионная стойкость (на воздухе алюминий мгновенно покрывается прочной плёнкой Al_2O_3 , которая препятствует его дальнейшему окислению), высокая теплопроводность, неядовитость его соединений. В частности, эти свойства сделали алюминий чрезвычайно популярным при производстве кухонной посуды, алюминиевой фольги в пищевой промышленности и для упаковки.

5.

Поверхность металлического алюминия покрыта тонким слоем оксидной пленки, которая предотвращает его самопроизвольное окисление под действием кислорода воздуха.

Ртуть, образуя амальгаму с алюминием, разрушает эту пленку на поверхности алюминия, что приводит к его быстрой коррозии:



Концентрированная азотная кислота, наоборот, увеличивает толщину оксидной пленки и делает ее более плотной, что делает пластинку устойчивой к действию растворов кислот.

Разбалловка:

За установление природы металла (расчеты + правильный ответ)	5+5=	10б
За название способа выделения металлов и три примера	2+3=	5б
За указание современного способа получения металла и реакцию	1+2=	3б
За указание и объяснение областей применения металла	2+1=	3б
За объяснения изменения свойств металла и уравнения реакции	2+2=	4б

Итого 25 баллов

Задача 9-2

Хлорофилл – важный пигмент, который обуславливает зеленую окраску листьев растений. При сжигании 89.2 мг хлорофилла в избытке кислорода образуется четыре вещества: 242 мг газа, который используют для газирования напитков, 64.8 мг жидкости, которая является основой этих напитков, 5.60 мг газа, которого больше всего в земной атмосфере и 4.00 мг белого порошка, который является оксидом легкого широко используемого металла, содержание которого в земной коре составляет около 2.3%.

1. О каких веществах идет речь?

2. Вычислите формулу хлорофилла, учитывая, что его молекула содержит только один атом металла.

3. Напишите уравнение реакции горения хлорофилла.

Решение

1.

Напитки газифицируют углекислым газом, основой напитков является вода, самый распространенный газ в атмосфере – азот, а белый порошок – это оксид магния.

2.

Определим количества образованных веществ и массы элементов в молекуле хлорофилла:

$$n(\text{CO}_2) = 242 \text{ мг}/44 \text{ г/моль} = 5.5 \text{ ммоль}; n(\text{C}) = 5.5 \text{ ммоль}; m(\text{C}) = 5.5 \cdot 12 = 66 \text{ мг}.$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 64.8 \text{ мг}/18 \text{ г/моль} = 3.6 \text{ ммоль}; n(\text{H}) = 7.2 \text{ ммоль}; m(\text{H}) = 7.2 \cdot 1 = 7.2 \text{ мг}.$$

$$n(\text{N}_2) = 5.6 \text{ мг}/28 \text{ г/моль} = 0.2 \text{ ммоль}; n(\text{N}) = 0.4 \text{ ммоль}; m(\text{N}) = 0.4 \cdot 14 = 5.6 \text{ мг}.$$

$$n(\text{MgO}) = 4.0 \text{ мг}/40 \text{ г/моль} = 0.1 \text{ ммоль}; n(\text{Mg}) = 0.1 \text{ ммоль}; m(\text{Mg}) = 0.1 \cdot 24 = 2.4 \text{ мг}.$$

$m(O) = 89.2 - 66 - 7.2 - 5.6 - 2.4 = 8$ мг; $n(O) = 8/16 = 0.5$ ммоль.

Соотношение количеств элементов в молекуле хлорофилла:

$n(C) : n(H) : n(N) : n(O) : n(Mg) = 5.5 : 7.2 : 0.4 : 0.5 : 0.1 = 55 : 72 : 4 : 5 : 1$.

Таким образом, формула хлорофилла $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$.

3.



Разбалловка:

За указание веществ по 2 б

2·4 = 8 б

За установление формулы

12б

За уравнение реакции

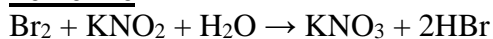
5 б

Итого 25 баллов

Задача 9-3

К раствору сульфита калия с концентрацией 0.1 моль/л прибавили 10 мл водного раствора брома с концентрацией 10г/л. К полученному желтому раствору по каплям добавляли 0.5%-ный раствор нитрита калия (плотность 1.05 г/мл) до полного исчезновения окраски. Всего добавили 5 мл раствора. Вычислите объем исходного раствора сульфита натрия. Составьте уравнения реакций.

Решение



Часть брома пошла на окисление K_2SO_3 , другая часть на окисление KNO_2 .

Найдем массу прореагировавшего нитрита калия: $m(KNO_2) = 5 \cdot 1.05 \cdot 0.005 = 0.02625$ г.

Найдем количество нитрита калия: $n(KNO_2) = 0.02625/85 = 0.000309$ моль.

Найдем количество брома, прореагировавшего с нитритом калия: $n_1(Br_2) = n(KNO_2) = 0.000309$ моль.

Найдем общее количество использованного брома: $n(Br_2) = 0.01 \cdot 10/160 = 0.000625$ моль.

Найдем количество брома, прореагировавшего с сульфитом калия: $n_2(Br_2) = 0.000625 - 0.000309 = 0.000316$ моль.

Найдем количество сульфита калия: $n(K_2SO_3) = n_2(Br_2) = 0.000316$ моль.

Найдем объем раствора сульфита калия: $V(K_2SO_3) = 0.000316/0.1 = 0.00316$ л = **3.16**мл.

Разбалловка

За 2 уравнения по 5б

10б

За расчет количества $n(KNO_2)$, $n(Br_2)$, $V(K_2SO_3)$ по 5б

15б

Итого 25 баллов

Задача 9-4

Твердый кристаллогидрат А ацетата натрия $CH_3COONa \cdot nH_2O$ содержит 16.91% металла. При нагревании его выше 58°C он плавится. Будучи медленно охлажденным в покое до комнатной температуры, он остается жидким, но дальше при энергичном перемешивании стеклянной палочкой быстро затвердевает и разогревается. Такой опыт имеет название «химическая грелка».

1. Определите формулу кристаллогидрата А.

2. Что происходит с веществом в момент затвердевания расплава, откуда берется энергия экзотермического процесса?

3. Вычислите количество теплоты, выделяющееся в данном процессе (в Дж на 1 моль вещества А), если в опыте с 27.2г А выделившаяся теплота достаточна для нагревания 180г воды на 10°C (известно, что теплоемкость воды $C(H_2O_{ж}) = 4.183$ Дж/г·град.

4. Имеются 4 таблетки соды (по 1.060г безводного карбоната натрия в каждой), 4 таблетки

безводного ацетата натрия (по 0.5000г). Сколько каких таблеток нужно прибавить к 5.5176г 43.497%-ного водного раствора уксусной кислоты, чтобы после перемешивания полученной смеси при нагревании с последующим охлаждением до комнатной температуры сразу получить чистый кристаллогидрат А нужного состава? Напишите уравнение протекающей реакции.

Решение

1. Используем общую формулу кристаллогидрата $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ или $\text{AcONa}\cdot n\text{H}_2\text{O}$.
Найдем $\omega(\text{Na})=23/(82+18n)=0.1691$. $82+18n=136$. $n=3$. Формула **$\text{AcONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$** .

2. Во время затвердевания **пересыщенного** раствора ацетата натрия происходит **кристаллизация $\text{AcONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$** и выделяется энергия за счет **образования прочной кристаллической решетки**.

3. Найдем $n(\text{AcONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O})=27.2/136=0.2$ моль. Найдем выделившееся Q по теплоемкости воды. $Q=C(\text{H}_2\text{O})\cdot m(\text{H}_2\text{O})\cdot \Delta T=4.183\cdot 180\cdot 10=7529.4$ Дж. Найдем мольную энтальпию кристаллизации $\text{AcONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$. $Q(\text{крист. AcONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O})=7529.4/n(\text{AcONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O})=7529.4/0.2=37647$ Дж/моль = **37.647 кДж/моль**.

4. Определим количества веществ в трех компонентах для синтеза $\text{AcONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$:

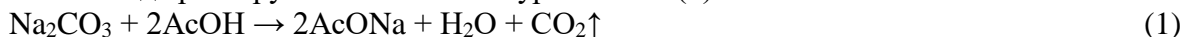
- В имеющихся 5.5176 г уксуса находятся уксусная кислота и растворитель вода.

$n(\text{AcOH})=5.5176\cdot 0.43497/60=0.04$ моль, $n(\text{H}_2\text{O})=5.5176\cdot (1-0.43497)/18=0.1732$ моль.

- В 1 таблетке соды $n(\text{Na}_2\text{CO}_3)=1.06/106=0.01$ моль.

- В 1 таблетке ацетата $n(\text{AcONa})=0.5/82=0.0061$ моль.

Сода реагирует с кислотой по уравнению (1):



На реакцию с 0.04 моль AcOH требуется 0.02 моль соды, следовательно надо взять **2 таблетки соды**.

В результате реакции по уравнению (1) получатся AcONa 0.04 моль и H_2O (0.02 моль).

Суммарное количество воды получится $n(\text{H}_2\text{O})=0.1732+0.02=0.1932$ моль

Для образования тригидрата $\text{AcONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ из этого количества воды потребуется

$n(\text{AcONa})=0.1932/3=0.0644$ моль. По уравнению (1) уже выделилось 0.04 моль, значит пока не хватает 0.0244 моль AcONa. Такое количество содержится ровно в **4 таблетках ацетата**.

Разбалловка

За формулу кристаллогидрата $\text{AcONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	66
За объяснение причины выделения теплоты	36
За расчет $Q=7529.4$ Дж и $Q_{\text{крист}}=37.647$ кДж/моль по 36	66
За уравнение реакции	36
За определение количества таблеток соды (2 шт.)	36
За определение количества таблеток ацетата натрия (4 шт.)	46

Итого 25 баллов