

**«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.

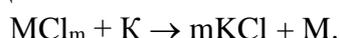
4. Где и почему нашел широкое применение этот металл?

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

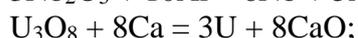
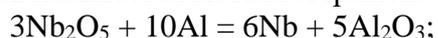
18 – не удовлетворяет условию задачи;

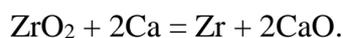
3

27 – М – алюминий.

2.

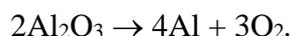
Способ извлечения одних металлов восстановлением другими из их солей или оксидов называется металлотермией.





3.

Алюминий в промышленности получают электролизом  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в расплаве криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ .



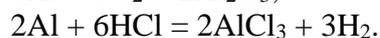
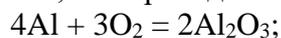
4.

Алюминий широко применяется как конструкционный материал. Основные достоинства алюминия в этом случае – лёгкость, податливость штамповке, коррозионная стойкость (на воздухе алюминий мгновенно покрывается прочной плёнкой  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 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 газированы 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:

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

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

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

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

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

Соотношение количеств элементов в молекуле хлорофилла:

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

Таким образом, формула хлорофилла  $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{N}_4\text{O}_5\text{Mg}$ .

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  $\text{K}_2\text{SO}_3$ , другая часть на окисление  $\text{KNO}_2$ .

Найдем массу прореагировавшего нитрита калия:  $m(\text{KNO}_2) = 5 \cdot 1.05 \cdot 0.005 = 0.02625 \text{ г}$ .

Найдем количество нитрита калия:  $n(\text{KNO}_2) = 0.02625/85 = 0.000309 \text{ моль}$ .

Найдем количество брома, прореагировавшего с нитритом калия:  $n_1(\text{Br}_2) = n(\text{KNO}_2) = 0.000309 \text{ моль}$ .

Найдем общее количество использованного брома:  $n(\text{Br}_2) = 0.01 \cdot 10/160 = 0.000625 \text{ моль}$ .

Найдем количество брома, прореагировавшего с сульфитом калия:  $n_2(\text{Br}_2) = 0.000625 - 0.000309 = 0.000316 \text{ моль}$ .

Найдем количество сульфита калия:  $n(\text{K}_2\text{SO}_3) = n_2(\text{Br}_2) = 0.000316 \text{ моль}$ .

Найдем объем раствора сульфита калия:  $V(\text{K}_2\text{SO}_3) = 0.000316/0.1 = 0.00316 \text{ л} = \mathbf{3.16 \text{ мл}}$ .

#### **Разбалловка**

За 2 уравнения по 5б

10б

За расчет количества  $n(\text{KNO}_2)$ ,  $n(\text{Br}_2)$ ,  $V(\text{K}_2\text{SO}_3)$  по 5б

15б

**Итого 25 баллов**

#### **Задача 9-4**

Твердый кристаллогидрат А ацетата натрия  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  содержит 16.91% металла. При нагревании его выше  $58^\circ\text{C}$  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  $10^\circ\text{C}$  (известно, что теплоемкость воды  $C(\text{H}_2\text{O}_{\text{ж}}) = 4.183 \text{ Дж/г} \cdot \text{град}$ ).

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  $\text{AcONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ :

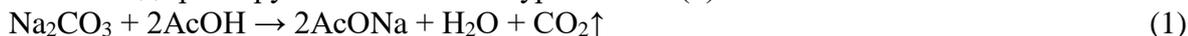
- В имеющихся 5.5176 г уксуса находятся уксусная кислота и растворитель вода.

$n(\text{AcOH})=5.5176\cdot 0.43497/60=0.04$  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  $\text{H}_2\text{O}$  (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**