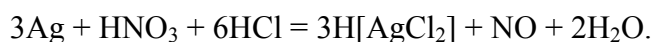


## ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

### Задача 9-1

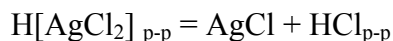
#### Решение (Жиров А. И.)

1. Реакции растворения золота и серебра:



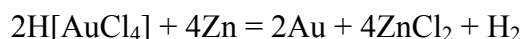
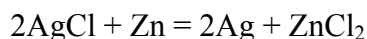
Оптимальное соотношение  $\text{HCl}$  и  $\text{HNO}_3$  соответствует стехиометрическим коэффициентам в уравнениях 1 : 4 для золота и 1 : 6 для серебра.

2. Самый простой способ отделения серебра от золота – разбавить в несколько раз полученный раствор (уменьшить концентрацию хлорид-ионов в несколько раз). При этом будет распадаться менее устойчивый хлоридный комплекс серебра, образующийся при этом хлорид серебра мало растворим в воде и будет выпадать в осадок. Более устойчивый хлоридный комплекс золота остаётся в растворе. Отделить выпавший хлорид серебра и раствор золотохлористоводородной кислоты можно фильтрованием на бумажном фильтре или декантацией раствора с последующей промывкой водой.

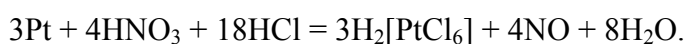


Также можно «мягко», селективно восстановить золото из комплекса.

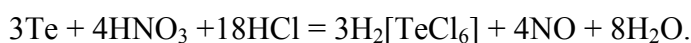
3. Полученные хлориды серебра и золота нужно восстановить до металлов. Общим восстановителем, доступным во времена Ломоносова, может быть металлический цинк:



4. Реакция растворения губчатой платины:



5. Растворение теллура:



Растворение иода:



6. Оптимальный состав «царской водки» для теллура (2 : 9) аналогичен составу, оптимальному для платины, а состав, оптимальный для иода (1 : 4), аналогичен составу, оптимальному для золота. И в первом, и во втором случае совпадают составы хлоридных комплексов для этих элементов (степень окисления центрального атома и его координационное число).

#### Система оценивания:

1. 2 уравнения реакций –  $1,5 \cdot 2 = 3$  балла

Оптимальное соотношение –  $0,5 \cdot 2 = 1$  балл

2. Любое разумное объяснение, подтвержденное уравнением реакции – 2 балла

3. 2 уравнения реакций –  $2 \cdot 2 = 4$  балла

4. Уравнение реакции – 2 балла

5. 2 уравнения реакций –  $2 \cdot 2 = 4$  балла

6. Название металлов (Pt, Au) –  $1 \cdot 2 = 2$  балла

Указание причины сходства – 2 балла

ИТОГО – 20 баллов

### Задача 9-2

#### Решение (Панин Р. В.)

1. По описанию похоже, что **A** – это активный металл, способный взаимодействовать с азотом с образованием нитрида (разлагается водой с выделением резко пахнущего аммиака), а с водой – с выделением водорода. Поэтому целесообразно определить металл исходя из данных об изменении массы при образовании нитрида, учитывая, что металл, вероятнее всего, одно- или двухвалентный.

Вариант 1. **A** – одновалентный металл, тогда  $6A + N_2 = 2A_3N$ . Отсюда

$M(A_3N) / 3M(A) = 1,1065$ , тогда  $M(A) = 43,8$  г/моль – разумных вариантов нет.

Вариант 2. **A** – двухвалентный металл, тогда  $3A + N_2 = A_3N_2$ . Отсюда

$M(A_3N_2) / 3 M(A) = 1,1065$ , тогда  $M(A) = 87,6$  г/моль – подходит стронций.

Тогда **A** = Sr, **B** = NH<sub>3</sub>, **B** = H<sub>2</sub>.

Что касается **Г**, то, учитывая, что при взаимодействии с водой **Г** выделяет в два раза больше водорода, чем стронций, можно предположить, что **Г** – гидрид стронция.

Проверка по молярной массе подтверждает это предположение:

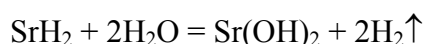
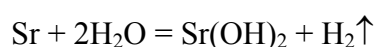
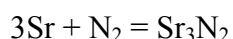
$M(Sr) = 87,6$  г/моль

$M(SrH_2) = 89,6$  г/моль

$\Delta M = 2$  г/моль

$\omega = (2 / 87,6) \cdot 100\% = 2,3 \%$

Тогда уравнения описанных реакций могут быть записаны следующим образом:



2. Объем одного шарика равен  $\frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot (0,8 \text{ дм})^3 = 2,14 \text{ дм}^3 = 2,14 \text{ л}$ .

$v(\text{Sr}) = 44 \text{ г} / 87,6 \text{ г/моль} = 0,5 \text{ моль}$ . По способу Иа-Иа (см. уравнения реакций) из 3 моль стронция получается 2 моль аммиака, т. е.  $v(\text{NH}_3) = 2/3 \cdot 0,5 \text{ моль} = 0,33 \text{ моль}$ , что соответствует объему  $0,33 \cdot 22,4 \text{ л} = 7,39 \text{ л}$ . Таким образом, по способу Иа-Иа можно заполнить  $7,39 \text{ л} / 2,14 \text{ л} = 3,4$ , то есть 3 шарика. По способу Совы из 1 моль стронция выделяется 1 моль водорода, то есть получаем  $v(\text{H}_2) = 0,5 \text{ моль}$  или  $0,5 \cdot 22,4 = 11,2 \text{ л}$ .

Тогда  $11,2 \text{ л} / 2,14 \text{ л} = 5,2$ , то есть 5 шариков.

$v(\text{SrH}_2) = 44 \text{ г} / 89,6 \text{ г/моль} = 0,49 \text{ моль}$ . Очевидно, что объём водорода по способу Кролика будет в 2 раза больше, то есть  $0,98 \text{ моль}$  или  $0,98 \cdot 22,4 = 21,95 \text{ л}$ .

В этом случае  $21,95 \text{ л} / 2,14 \text{ л} = 10,2$ , то есть 10 шариков.

**3.** На воздухе стронций покрыт оксидной пленкой. Поэтому на первом этапе – пока происходит растворение пленки по уравнению  $\text{SrO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Sr}(\text{OH})_2$  – выделение водорода практически не протекает. Затем, когда поверхность металла очистится от оксида, реакция, напротив, протекает очень бурно. По мере протекания реакции и накопления малорастворимого гидроксида стронция в растворе, скорость выделения водорода снова падает, так как частицы стронция покрываются малорастворимым гидроксидом стронция, а также карбонатом, если вода не была очищена от  $\text{CO}_2$ .

**4.** Молекула аммиака имеет форму тригональной пирамиды. Правильным ответом считается любое разумное объяснение (например, через понятие гибридизации, Гиллеспи и т. д.)

**5.** Вследствие высокой химической активности стронций нужно хранить в закрытом сосуде под слоем инертной жидкости (керосин, петролейный эфир, углеводороды и т. п.)

#### **Система оценивания:**

**1.** За установление вещества **А** 3 балла, и по одному за установление веществ **Б**, **В**, **Г** – всего 6 баллов. За 4 уравнения реакций –  $1 \cdot 4 = 4$  балла. Всего 10 баллов.

**2.** По 2 за расчет числа шариков по каждому способу – всего 6 баллов.

**3.** За особенности реакции стронция с водой – 2 балла.

**4.** За форму молекулы аммиака – 1 балл.

**5.** За условия хранения стронция – 1 балл

**ИТОГО – 20 баллов**

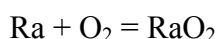
### Задача 9-3

#### Решение (Жиров А. И.)

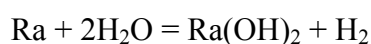
1. Количество хлорида радия, взятого для электролиза, составляет  $0,1 : 297 = 3,37 \cdot 10^{-4}$  моль, тогда в 1 л амальгамы будет находиться  $3,37 \cdot 10^{-4} / 0,0005 = 0,67$  моль/л (молярная концентрация  $\text{RaCl}_2$ ).

Мольная доля радия в амальгаме составляет  $3,37 \cdot 10^{-4} / (3,37 \cdot 10^{-4} + 0,5 \cdot 13,546 / 200,6) = 0,00988$ , или 0,988%.

2. Амальгама радия (а точнее, радий в составе амальгамы) будет взаимодействовать с кислородом воздуха с образованием (как и в случае с барием) пероксида:



Или с парами воды (или с жидкой водой) с образованием гидроксида:



3. Температура кипения ртути  $T_{\text{кип.}} = 357^\circ\text{C}$ . Ртуть испаряется, остается твердый (при этой температуре) радий.

4. Количество гидроксида радия равно количеству хлорида –  $3,37 \cdot 10^{-4}$  моль. Молярная концентрация гидроксид ионов составит  $3,37 \cdot 10^{-4} \cdot 2 / 0,25 = 2,70 \cdot 10^{-3}$  моль/л.  $\text{pOH} = 2,57$ ,  $\text{pH} = 14 - 2,57 = 11,43$ .

#### Система оценивания:

1. молярная концентрация хлорида радия – 3 балла, мольная доля радия – 3 балла. Всего 6 баллов.
2. 2 уравнения по 2 балла = 4 балла.
3. 2 балла.
4. 8 баллов.

ИТОГО – 20 баллов

### Задача 9-4

#### Решение (Дроздов А. А.)

1. Способность вещества X растворяться в кислотах и щелочах, а также его внешний вид (серебристо-белые палочки) наводит на мысль, что это амфотерный металл. Таким образом, можно предположить, что продукт его растворения в кислоте представляет собой соль. Осадок Y – это средний карбонат, не содержащий воды (так как не меняет массу при хранении в эксикаторе над оксидом фосфора). Причем, это карбонат двухвалентного металла. Это следует из того, что вещество, полученное из растворимого в воде сульфата,

нерастворимо в воде. Карбонаты одновалентных металлов либо растворимы в воде (щелочные металлы), либо имеют малорастворимый сульфат (серебро). А вот карбонаты большинства трехвалентных металлов в водной среде не существуют из-за полного гидролиза. Таким образом, формула вещества **Y** может быть записана:  $\text{MeCO}_3$ .

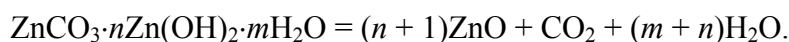
$$\omega(\text{O}) = \frac{48}{60 + M} = 0,384.$$

$M(\text{Me}) = 65$ . Это цинк (вещество **X**). Формула вещества **Y** –  $\text{ZnCO}_3$ .

Вещество **Z**, по-видимому, представляет собой основной карбонат цинка, содержащий кристаллизационную воду  $\text{ZnCO}_3 \cdot n\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ .

$$\omega(\text{O}) = \frac{48 + 32n + 16m}{125 + 99n + 18m} = 0,384.$$

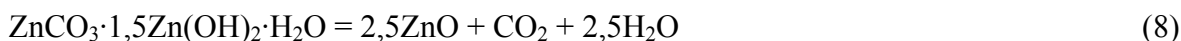
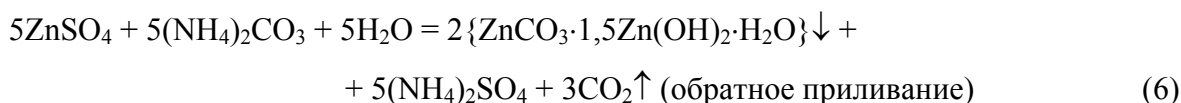
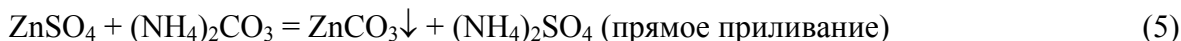
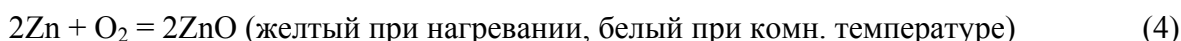
При нагревании вещество разлагается:



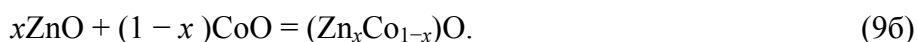
$$\Delta m = \frac{44 + 18(n + m)}{125 + 99n + 18m} = 0,305.$$

Решая систему уравнений, получаем  $n = 1,5$ ;  $m = 1$ . Формула вещества **Z**  $\text{ZnCO}_3 \cdot 1,5\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , или  $\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6(\text{H}_2\text{O})_2$ .

Уравнения реакций:



**2.** Продукт прокаливания карбоната – это оксид цинка. Если его смочить раствором нитрата кобальта и нагреть, то образуется твердый раствор двух оксидов – цинка и кобальта, так называемая Ринманова зелень:



Препараты ринмановой зелени представляют собой смешанные кристаллы  $\text{ZnO} \cdot \text{CoO}$ .

Препараты зеленого цвета с меньшим содержанием кобальта (до  $\approx 30\%$   $\text{CoO}$ ) состоят из твердого раствора  $\text{CoO}$  в  $\text{ZnO}$  (решетка типа вюрцита).

3. Особо чистый цинк в кислотах растворяется очень медленно. Взаимодействие цинка с кислотой происходит на особых активных центрах поверхности металла. В качестве них часто выступают атомы и кластеры менее активных металлов. Это позволяет «разделить в пространстве» реакции окисления (переход цинка в раствор в виде ионов – протекает на поверхности цинка) и восстановления (выделение водорода протекает на кластерах менее активных металлов, например, меди). Общеизвестно, что добавление солей меди при проведении реакции цинка с кислотами существенно ускоряет реакцию, это заметно по увеличению скорости выделения водорода.

**Система оценивания:**

1. Определение X, Y, Z –  $3 \cdot 3 = 9$  баллов. за 8 уравнений реакций –  $1 \cdot 8 = 8$  баллов. Всего 17 баллов.
2. 2 балла.
3. За качественную оценку суммарной скорости – 0,5 балла. За объяснение – 0,5 балла. Всего 1 балл.

ИТОГО – 20 баллов

**Задача 9-5**

**Решение (Каргов С. И.)**

1. Нормальное атмосферное давление равно  $101.3 \text{ кПа} = 101300 \text{ Н/м}^2$ , т. е. на каждый квадратный метр поверхности Земли атмосфера давит с силой  $F = 101300 \text{ Н}$ . Эта сила равна

$$F = m \cdot g,$$

где  $m$  – масса столба воздуха над каждым квадратным метром поверхности,  $g$  – ускорение свободного падения. Отсюда

$$m = \frac{F}{g} = \frac{101300}{9.81} = 10326 \text{ кг},$$

что составляет

$$n = \frac{10326}{0.029} = 3.56 \cdot 10^5 \text{ моль}.$$

Площадь поверхности Земли равна

$$S = 4\pi r^2 = 4 \cdot 3.14 \cdot 6371000^2 = 5.1 \cdot 10^{14} \text{ м}^2.$$

Следовательно, общее число молекул воздуха в атмосфере Земли равно

$$N_0 = n \cdot S \cdot N_A = 1.1 \cdot 10^{44}.$$

2. Число молекул в каждом вдохе при температуре тела ( $37^\circ\text{C}$ ) равно

$$N_1 = \frac{pVN_A}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.5 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{8.31 \cdot 310} = 1.2 \cdot 10^{22}.$$

3. Число молекул, выдохнутых Ломоносовым в течение всей жизни, равно

$$N_2 = N_1 \cdot 54 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 15 = 5.0 \cdot 10^{30}.$$

4. Число молекул, побывавших в лёгких у Ломоносова, в каждом нашем вдохе:

$$N_3 = N_1 \cdot \frac{N_2}{N_0} = 5.5 \cdot 10^8.$$

5. Допущения, сделанные при расчёте:

- а). Предполагаем, что выдохнутые молекулы равномерно распределяются в атмосфере.
- б). Предполагаем, что выдохнутые молекулы остаются в атмосфере, а не расходятся в различных природных и промышленных процессах.

**Система оценивания:**

1. 6 баллов
2. 2 балла
3. 4 балла
4. 4 балла
5. 4 балла (по 2 за каждое допущение)

ИТОГО 20 баллов