

Решение олимпиадных задач
Муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников
2023/24 уч.гг
Иркутская область
9 класс

Задача 9-1

В пяти пробирках находятся растворы следующих солей: нитратов алюминия, железа (III) и калия; йодида кальция и карбоната натрия. Задача – распознать эти вещества, не пользуясь другими растворами. Составьте таблицу попарных взаимодействий реагентов, продемонстрируйте ход решения, запишите все уравнения реакций и приведите аналитические признаки реакций. (20 баллов)

РЕШЕНИЕ

Соли	Бесцв р-р Al(NO ₃) ₃	Желт. р-р Fe(NO ₃) ₃	Бесцв р-р KNO ₃	Бесцв р-р CaI ₂	Бесцв р-р Na ₂ CO ₃
Al(NO ₃) ₃	-	-	-	-	Al(OH) ₃ ↓ + CO ₂ гидролиз
Fe(NO ₃) ₃	-	-	-	FeI ₂ + I ₂ бурый р-р. из-за I ₂	Fe(OH) ₃ ↓ + CO ₂ бурый ос.
KNO ₃	-	-	-	-	-
CaI ₂	-	FeI ₂ + I ₂ бурый р-р. из-за I ₂	-	-	CaCO ₃ ↓ бел.
Na ₂ CO ₃	Al(OH) ₃ ↓ + CO ₂ гидролиз	Fe(OH) ₃ ↓ + CO ₂ бурый ос.	-	CaCO ₃ ↓ бел	-

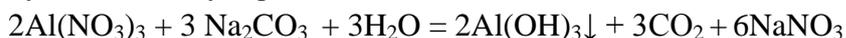
4 балла за составление таблицы

Последовательно добавляем каждый из реагентов к порциям оставшихся солей:

1. Только в случае, если взять раствор KNO₃, в растворах оставшихся солей ничего не наблюдается

2 балла

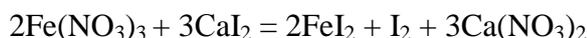
2. В случае, если взят раствор соли Al(NO₃)₃, только в одной пробирке образуется белый, студенистый, пузырчатый осадок:



3 балла

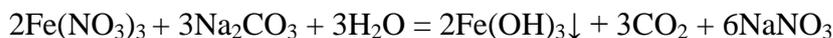
Итог – распознали Al(NO₃)₃ и Na₂CO₃

В случае, если взят раствор Fe(NO₃)₃, то в двух пробирках наблюдаются видимые эффекты:



3 балла

Раствор бурого цвета за счет I₂.

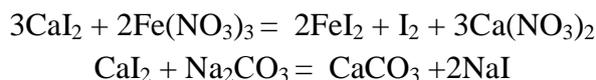


3 балла

Идет гидролиз, образуется бурый, пузырчатый осадок.

Распознали: $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, CaI_2 и Na_2CO_3 .

3. В случае, если взят раствор CaI_2 , то в двух пробирках наблюдаем видимые эффекты:



2 балла

Распознали: CaI_2 , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, и Na_2CO_3 .

4. В случае, если взят раствор Na_2CO_3 , то в трех пробирках наблюдаем видимые эффекты:

- а) белый, студенистый, пузырчатый осадок: $\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{CO}_2$ 1 балл
б) бурый, пузырчатый осадок: $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + \text{CO}_2$ 1 балл
в) молочно-белый осадок: $\text{CaCO}_3\downarrow$ 1 балл

Распознали: Na_2CO_3 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, CaI_2 и $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$

Итого

20 баллов

Задача 9-2

На раствор, содержащий равные массы соляной и серной кислот подействовали избытком порошка карбоната натрия. При этом выделилось 1,68 л газа (н.у.). Какая масса осадка образуется, если на такую же смесь подействовать избытком раствора хлорида бария? (20 баллов)

Решение.

Реакции:

- 1) $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ 2 балла
2) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ 2 балла

Пусть: $n_{\text{HCl}} = x$ моль 1 балл
 $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = y$ моль 1 балл

Тогда: $36,5 \cdot x = 98 \cdot y$, так как $m(\text{HCl}) = m(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 2 балла

Находим количество выделившегося газа (CO_2)
 $n(\text{CO}_2) = 1,68/22,4 = 0,075$ моль 1 балл

Исходя из уравнений (1) и (2):

- $n_1(\text{CO}_2) = 0,5 n(\text{HCl}) = 0,5x$ 1 балл
 $n_2(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = y$ 1 балл
 $0,5x + y = 0,075$ 1 балл

Составим систему уравнений:

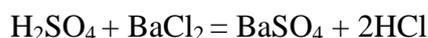
$$36,5x = 98y$$
$$0,5x + y = 0,075$$

2 балла

$x = 0,086$ моль = $n(\text{HCl})$ 1 балл

$y = 0,032$ моль = $n(\text{H}_2\text{SO}_4)$ 1 балл

С BaCl_2 будет взаимодействовать только H_2SO_4



$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{BaSO}_4) = 0,032 \text{ моль}$$

$$m(\text{BaSO}_4) = 0,032 * 233 = 7,47 \text{ г}$$

2 балла

1 балл

1 балл

Итого

20 баллов

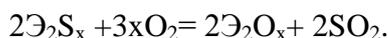
9-3

В рассказе Ярослава Гашека «Камень жизни» есть следующий сюжет:

В лето от рождества Христова 1460-е игумен Леонардус Штальгаузенского монастыря в Баварии сильно ограничил своих монахов в пище и питье, поэтому монахи стали есть кашу, предназначенную пороссятам, отчего те начали худеть. Однако, полученный игуменом в результате экспериментов камень жизни - «черный порошок с металлическим блеском» - помог пороссятам быстро набрать вес. Обрадованный игумен решил добавить этот порошок и в еду монахов. К утру все сорок монахов померли в страшных мучениях, и отец Леонардус остался один, назвав «камень жизни» «антимонием», т.е. «против монахов». О каком «черном порошке с металлическим блеском» идет речь, если известно, что его можно получить из 3,4 г сульфида этого вещества взаимодействием с 1 л кислорода (н.у.) с последующим восстановлением полученного оксида углеродом. Напишите уравнения реакций получения этого вещества, укажите окислители и восстановители. (20 баллов)

Решение

1. Общую формулу сульфида вещества можно записать как $\text{Э}_2\text{S}_x$, тогда реакция окисления будет выглядеть, как:



3 балла

2. По условию задачи объем кислорода 1л при н.у., значит, можно найти его количество по формуле $\nu = \frac{V}{V_m}$ (1), где $V_m = 22,4 \text{ л/моль}$,

$$\nu(\text{O}_2) = \frac{1\text{л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,045 \text{ моль}$$

2 балла

3. Соотношение сульфида элемента к кислороду по уравнению реакции 2:3x, т.е.

$$\nu(\text{Э}_2\text{S}_x) = \frac{\nu(\text{O}_2) * 2}{3x}$$

отсюда можно найти

$$\nu(\text{Э}_2\text{S}_x) = \frac{0,045 * 2}{3x} = \frac{0,03}{x} \text{ моль}$$

2 балла

4. Молярная масса сульфида $M(\text{Э}_2\text{S}_x) = \frac{m}{\nu}$, подставляя найденное значение количества вещества, найти молярную массу

$$M(\text{Э}_2\text{S}_x) = \frac{3,4 * x}{0,03} = 113 * x \text{ г/моль.}$$

2 балла

5. Кроме того, $M(\text{Э}_2\text{S}_x) = 2 * M(\text{Э}) + x * M(\text{S})$.

2 балла

$$\text{Значит, } 2 * M(\text{Э}) + 32 * x = 113 * x.$$

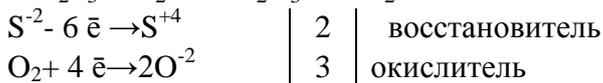
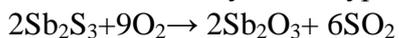
2 балла

6. Упростив данное уравнение, получить равенство $M(\text{Э}) = 40,5 * x$. Методом подбора найти, что по молярной массе близки три элемента, но «камень жизни» называется «антимонием», а соли сурьмы называются антимонатами.

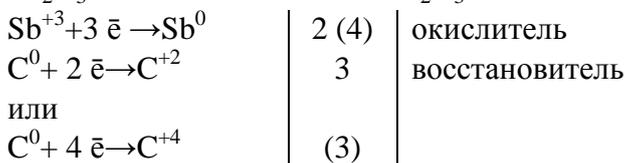
X	M(Э), г/моль	Э
1	40,5	Кальций
2	81	-
3	121,5	Сурьма
4	162	Диспрозий
5	202,5	-

3 балла

7. Реакции получения сурьмы:



2 балла



2 балла

ИТОГО

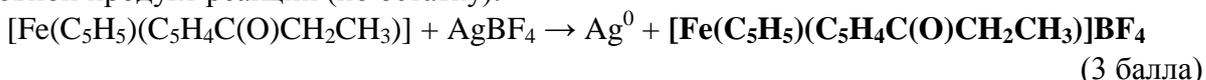
20 баллов

Задача 9-4

Ферроцен — одно из наиболее известных металлоорганических соединений, формула которого $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Fe}$. Он используется в нефтяной промышленности, в полимерной химии и производстве лекарств. Заинтересовавшись химией металлоорганических соединений, исследователь решил получить новое соединение – производное ферроцена. Для этого к раствору соединению состава $[\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)(\text{C}_5\text{H}_4\text{C}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_3)]$ ученый добавил соль серебра AgBF_4 . В ходе реакции наблюдалось изменение цвета раствора на темно-синий и образование металлического серебра. Из раствора удалось выделить синий порошок, для которого удалось в аналитической лаборатории определить массовые доли некоторых входящих в него элементов, результаты следующие: С, 47.5%; Н, 4.2%; F, 23.1%; Fe, 17.0%. Также оказалось, что полученное вещество является электролитом. Предположите формулу полученного соединения, представьте доказательства, подтвержденные расчетами, о том, что полученные данные элементного анализа соответствуют формуле соединения. (20 баллов)

РЕШЕНИЕ

а) Первым этапом является написание уравнения химической реакции, т.к. формулы побочного продукта реакции и исходных веществ известны, остается предположить основной продукт реакции (по остатку):



б) Далее необходимо рассчитать теоретические массовые проценты каждого из элементов. Для этого требуется рассчитать молекулярную массу продукта и найти атомные массы элементов:

$$M_r([\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)(\text{C}_5\text{H}_4\text{C}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_3)]\text{BF}_4) = A_r(\text{Fe}) + 13A_r(\text{C}) + 14A_r(\text{H}) + 1A_r(\text{O}) + 1A_r(\text{B}) + 4A_r(\text{F}) = 328.9 \text{ г/моль}$$

(3 балла)

массовая доля элемента i в молекуле z : $w_i = (m_i/m_z)100\% = (v_i A_{r,i}/M_{r,z})100\%$, где v_i – стехиометрический коэффициент простого вещества в уравнении образования продукта реакции (4 балла),

$$w(\text{C}) = (13 \cdot 12.01 / 328.9) \cdot 100\% = 47.47\% \quad (2 \text{ балла}),$$

$$w(\text{H}) = (14 \cdot 1.01 / 328.9) \cdot 100\% = 4.29\% \quad (2 \text{ балла}),$$

$$w(\text{F}) = (4 \cdot 19.00 / 328.9) \cdot 100\% = 23.11\% \quad (2 \text{ балла}),$$

$$w(\text{Fe}) = (1 \cdot 55.93 / 328.9) \cdot 100\% = 16.98\% \quad (2 \text{ балла}).$$

с) Остается сравнить полученные лабораторные результаты с расчетными и сделать вывод о соответствии предполагаемой формуле.

Для $[\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)(\text{C}_5\text{H}_4\text{C}(\text{O})\text{CH}_2\text{CH}_3)]\text{BF}_4$ вычислено: С, 47.47; Н, 4.29; В, 3.29; F, 23.11; Fe, 16.98; найдено: С, 47.5; Н, 4.2; F, 23.1; Fe, 17.0. Формула соответствует результатам элементного анализа (2 балла)

ИТОГО

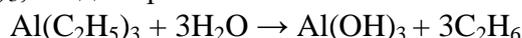
20 баллов

Задача 9-5

При разборе полок в лаборатории была обнаружена ампула с прозрачным раствором вещества с надписью: « $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$, раствор в октане, $C = 1.5$ моль/л, 15.10.1973». Общий объем раствора составлял 200 мл. Т.к. это соединение для ученого показалось ценным реагентом, но возникли сомнения в его качестве, он решил проверить соответствует ли этикетка надписи. Для этого он отобрал 25 мл раствора и перенес в колбу, снабженную проградуированной уравнивающей склянкой, после чего стал по каплям добавлять к раствору воду. В колбе наблюдалось интенсивное выделение пузырьков газа. Исследователь продолжал добавлять воду в колбу до прекращения образования газа. Объем выделившегося газа составил 2.500 л, температура в комнате была 25°C , показания барометра в помещении – 100 000 Па. Также было обнаружено, что после реакции в колбе остался белый осадок, а полученный газ является горючим. Рассчитайте, правильно ли указана концентрации на этикетке, предложите уравнение реакции, которое использовал для проверки качества раствора ученый. (20 баллов)

Решение

1) Первым этапом является написание уравнения химической реакции, в условии задачи указано, что образуется горючий газ и белый осадок, можно предположить, что белый осадок – это $\text{Al}(\text{OH})_3$, тогда горючий газ – этан:



(4 балла)

2) Далее необходимо, зная какой объем этана был получен, рассчитать число молей полученного этана:

$$PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

(2 балла)

$$n_{\text{этана}} = \frac{100000 \text{ Па} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298 \text{ К}} = 0,1009 \text{ моль}$$

(6 баллов)

3) После этого нужно рассчитать, какому количеству исходного соединения соответствуют моли полученного этана,

$$\frac{n_{\text{этана}}}{n_{\text{AlEt}_3}} = \frac{3}{1}; n_{\text{AlEt}_3} = \frac{n_{\text{этана}}}{3} = \frac{0,1009}{3} = 0,0336 \text{ моль}$$

(2 балла)

4) Осталось рассчитать концентрацию триэтилалюминия:

$$C = \frac{n}{V} = \frac{0,0336 \text{ моль}}{0,025 \text{ л}} = 1,344 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$$

(4 балла)

5) Сравнение результатов с этикеткой:

$C_{\text{АИЕ13}} = 1.344 \text{ моль} < C_{\text{этикетка}}$; на этикетке указана ошибочная концентрация

(2 балла)

ИТОГО

20 баллов