

Решение заданий Всероссийской олимпиады школьников по химии
(муниципальный этап)
9 класс
2021-2022 учебный год

Задание 9-1. В 1772 г. английский химик Дж. Пристли установил, что при действии серной кислоты на поваренную соль выделяется бесцветный газ А, который может быть собран над ртутью, и что этот газ обладает чрезвычайно большой способностью растворяться в воде. Шведский химик Шееле, исследуя действие водного раствора этого газа А на «чёрную магнезию» (так называли оксид марганца (IV), который входит в состав минерала пиролюзита), нашёл, что при нагревании выделяется газ желто-зелёного цвета, обладающий очень резким запахом, способностью разрушать растительные краски и действующий на все металлы, не исключая золота.

Назовите газ А. О каких процессах идёт речь в тексте? Составьте уравнения реакций. Что представляет собой газ жёлто-зелёного цвета? Составьте уравнения реакций, отражающих его химические свойства.

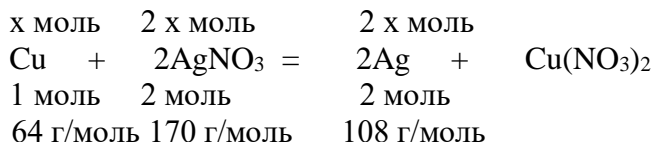
Этапы решения	Число баллов
1. Газ А – хлороводород.	1 балла
2. В тексте речь идёт о получении газа хлороводорода и соляной кислоты: $\text{NaCl(тв.)} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}\uparrow$	1 балл 3 балла
3. Далее речь идёт о получении хлора из соляной кислоты: $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	3 балла
4. Жёлто-зелёный газ – хлор.	1 балл
5. Уравнения реакций, отражающих химические свойства хлора: $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}\uparrow$ $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 2\text{FeCl}_3$ $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$ $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ или $\text{Cl}_2 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaCl}(\text{ClO}) + \text{H}_2\text{O}$ $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{KClO}_3 + 5\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Cl}_2 + 2\text{NaBr} = \text{Br}_2 + 2\text{NaCl}$ $\text{Cl}_2 + 2\text{NaI} = \text{I}_2 + 2\text{NaCl}$ и другие, например, $5\text{Cl}_2 + \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{HIO}_3 + 10\text{HCl}$ $\text{Cl}_2 + \text{SO}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$ $4\text{Cl}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$	1x11= 11 баллов
Всего: 20 баллов	

Задание 9-2. Медную пластинку массой 30 г опустили в раствор нитрата серебра. После длительного выдерживания в растворе пластинку вынули, высушили и взвесили. Масса пластинки оказалась равна 37,6 г, а масса раствора, из которого вынули пластинку, составила 242,4 г. Рассчитайте массовую долю нитрата серебра в исходном растворе.

Всего: 10 баллов

Разность масс пластинки составила $37,6 - 30,0 = 7,6$ г (масса пластинки после опыта увеличилась, значит на 7,6 г масса раствора уменьшилась).

$$m(\text{р-ра до опыта была}) = 242,4 + 7,6 \text{ г} = 250 \text{ г.}$$



$$108 \cdot 2x - 64x = 7,6;$$

$$216x - 64x = 7,6$$

$$152x = 7,6;$$

$$x = 0,05.$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 0,05 \cdot 2 \cdot 170 \text{ г/моль} = 17 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{17 \text{ г}}{250 \text{ г}} = 0,068 \text{ или } 6,8\%.$$

1. Найдено изменение масс пластинки и раствора – 1 балл;
2. Составлено уравнение реакции меди с раствором нитрата серебра – 2 балла;
2. Сделан расчёт по уравнению реакции – 2 балла;
3. Составлено и решено алгебраическое уравнение (возможны другие способы решения) – 3 балла;
4. Определена массовая доля нитрата серебра в растворе – 2 балла.

Всего: 10 баллов.

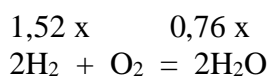
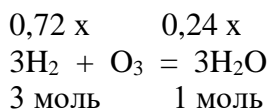
Задание 9-3. Какой объём (н.у.) озонированного кислорода с объёмной долей озона 24% потребуется для сжигания 11,2 л (н.у.) водорода?

Всего: 10 баллов

Пусть объём смеси (озонированного кислорода) = x л, тогда

$$V(\text{O}_3) = 0,24x \text{ л, а } V(\text{O}_2) = 0,76x \text{ л.}$$

Составляем уравнения реакций сгорания водорода в озоне и кислороде:



$$\text{Всего водорода сгорело: } 0,72x + 1,52x = 11,2.$$

$$2,24x = 11,2;$$

$$x = 5.$$

Ответ: 5 л (н.у.) озонированного кислорода потребовалось для сжигания водорода объёмом 11,2 л (н.у.).

1. Составлены уравнения реакций окисления водорода озоном и кислородом – (за каждое уравнение реакции по 2 балла) – 4 балла;

2. Введено обозначение неизвестной величины и проведён расчёт по уравнениям реакций – (за расчёт по каждому уравнению реакции по 2 балла) – 4 балла;

3. Составлено и решено алгебраическое уравнение (возможны другие способы решения) – 2 балла.

Всего: 10 баллов.

Задание 9-4. К раствору, содержащему 19,6 г ортофосфорной кислоты прибавили 14 г гидроксида натрия, после чего объём раствора оказался равным 500 мл. Определите состав образующихся солей и их молярную концентрацию в растворе.

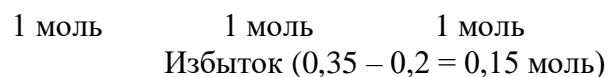
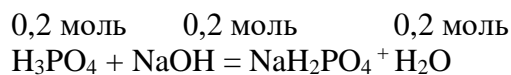
Всего: 10 баллов.

Найдём количества веществ ортофосфорной кислоты и гидроксида натрия:

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 19,6 \text{ г} / 98 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль};$$

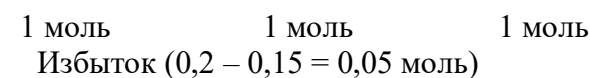
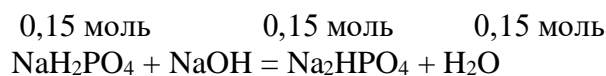
$$n(\text{NaOH}) = 14 \text{ г} / 40 \text{ г/моль} = 0,35 \text{ моль}.$$

Составляем уравнения реакций:



Из уравнения реакции видно, что NaOH взят в избытке, количеством вещества 0,15 моль.

Составляем уравнение реакции:



Из уравнения реакции видно, что NaH₂PO₄ взят в избытке, количеством вещества 0,05 моль.

Таким образом, в растворе находятся две кислые соли – гидрофосфат натрия и дигидрофосфат натрия. Находим их молярные концентрации в растворе:

$$c(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 0,15 \text{ моль} / 0,5 \text{ л} = 0,3 \text{ моль/л};$$

$$c(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,05 \text{ моль} / 0,5 \text{ л} = 0,1 \text{ моль/л}.$$

Ответ: молярные концентрации солей в полученном растворе составляют: 0,3 моль/л и 0,1 моль/л соответственно.

1. Вычислены количества веществ ортофосфорной кислоты и гидроксида натрия – (по 1 баллу за каждое вещество) – 2 балла;

2. Составлены уравнения реакций образования кислых солей – (за каждое уравнение реакции по 2 балла) – 4 балла;

3. Расчёт по уравнениям реакций, определение избытка одного из реагентов – (по 1 баллу за каждое вещество) – 2 балла;

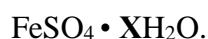
4. Вычисление молярных концентраций солей в растворе – 2 балла.

Всего: 10 баллов.

Задание 9-5. Установите формулу железного купороса, если известно, что эта соль содержит 45,32% воды по массе.

Всего: 10 баллов.

1. Железный купорос – кристаллогидрат, состав которого можно выразить так:



2. Возможно применение разных способов решения задачи:

1). Согласно общей формуле кристаллогидрата один моль его имеет массу $152 + 18x$ г. Масса кристаллизационной воды равна $18x$ г. Тогда подставляем эти значения в формулу:

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 18x / (152 + 18x) = 0,4532;$$

$$x = 7, \text{ следовательно формула железного купороса } \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}.$$

2). Массовая доля соли в кристаллогидрате равна $100\% - 45,32\% = 54,68\%$.

Находим молярную массу кристаллогидрата:

$M(\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = 152 / 0,5468 = 278$ г/моль; следовательно, $x = 7$, следовательно формула железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

1. Записана формула кристаллогидрата железного купороса в общем виде – 1 балл;

2. Масса кристаллизационной воды принята за X г. и данные величины подставлены в формулу определения массовой доли кристаллизационной воды в кристаллогидрате – 5 баллов;

3. Проведены расчёты по нахождению неизвестной величины X – 3 балла.

4. Записана формула железного купороса – 1 балл

Всего: 10 баллов.