

Комитет образования и науки Курской области
Задания для муниципального этапа всероссийской олимпиады
школьников по химии в 2019/2020 учебном году

Задание 9-1.

В некоторой порции кристаллогидрата нитрата железа (III) число атомов кислорода в 18 раз больше числа Авогадро, а число атомов железа соответствует числу Авогадро. Выведите формулу кристаллогидрата.

Решение

1. Количество атомов кислорода и железа в кристаллогидрате находим по формуле: $\nu = \frac{N}{N_A}$

Как следует из условия, $\nu(\text{O})=18$ моль, а $\nu(\text{Fe})=1$ моль 1 балл

2. Пусть общая формула кристаллогидрата $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$:

1 моль кристаллогидрата содержит 1 моль атомов Fe, 9 моль атомов кислорода, входящих в нитрат-ионы, и x моль атомов кислорода, входящих в кристаллизационную воду:

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} - 1$ моль Fe 1 балл

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} - (9+x)$ моль O 1 балл

3. Общее количество атомов кислорода в кристаллогидрате равно:

$x + 9 = 18$. Отсюда $x=9$ 1 балл

4. Количество воды, содержащей 9 моль атомов кислорода равно 9.

Формула кристаллогидрата $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 1 балл

Ответ: $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

Всего 5 баллов

Задание 9-2

После длительного прокалывания порошка меди на воздухе масса твердой фазы увеличилась на 1/8. Определите состав образовавшейся смеси (в % по массе).

Решение

Пусть был 1 моль меди (64 г). Если бы она прореагировала полностью, то масса увеличилась бы на 16 г, т.е. на $16/64 = 1/4$. 1 балл

Если в реакцию вступит 64 г меди – увеличение массы на 1/4,

если в реакцию вступит x г меди – увеличение массы на 1/8.

Отсюда $x = 32$ г меди, или 0,5 моль. 1 балл

Следовательно, образовалось 0,5 моль CuO . 1 балл

Массовая доля Cu в смеси равна 0,44, или 44%, 1 балл

массовая доля CuO равна 0,56, или 56%. 1 балл

Ответ: 44% Cu и 56% CuO .

Всего 5 баллов

Задание 9-3

Металл *A* реагирует с простым газообразным веществом *B*, образуя твёрдое соединение *B*, которое растворяется в избытке соляной кислоты, образуя соли *Г* и *Д*. Соль *Г* взаимодействует с раствором щёлочи с выделением газа *Е*. Назовите перечисленные соединения, если известно, что соль *Д* содержит 36,04 % металла *A*.

Решение

Судя по реакции со щёлочью с выделением газа, соль *Г* — соль аммония, в данном случае, хлорид аммония. Образование соли аммония одновременно с солью металла указывает на то, что соединение *B* — нитрид металла. Действительно, нитрид образуется при реакции металла с простым газообразным веществом (азотом). Таким образом, соль представляет собой хлорид металла. Пусть молярная масса металла x . Тогда молярная масса хлорида $(x + 35,5n)$, где n — валентность металла в хлориде.

$$[x/(x + 35,5n)]100 = 36,04. \quad 1 \text{ балл}$$

Отсюда $x = 20n$. При $n = 1$ такого металла нет. При $n = 2$ это кальций. При $n = 3$ и $n = 4$ такого металла нет. Таким образом:

A — кальций, 1 балл

B — азот, 1 балл

B — нитрид кальция, 1 балл

Г — хлорид аммония, 1 балл

Д — хлорид кальция, 1 балл

Е — аммиак. 1 балл



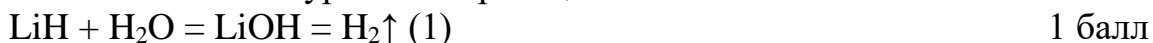
Всего 10 баллов

Задание 9-4

Смесь гидридов лития и натрия прореагировала с 193 мл воды. Масса полученного раствора оказалась на 1 г меньше суммы масс исходных веществ, а массовая доля щелочей в растворе оказалась равной в сумме 8%. Определите массы исходных гидридов.

Решение

Записываем уравнения реакций:



Уменьшение массы раствора происходит за счет выделения водорода. Его выделилось 1 г, или 0,5 моль. 1 балл

Из уравнений (1) и (2) видно, что при выделении 1 моль водорода в реакцию вступает 1 моль гидрида,

т.е. суммарно в смеси было 0,5 моль гидридов. 1 балл

Пусть было x моль гидрида лития и y моль гидрида натрия. Тогда масса растворенных веществ составит:

$$m = (24x + 40y) \text{ г}, \quad 1 \text{ балл}$$

а масса раствора:

$$m = (8x + 24y + 193 - 1) \text{ г}. \quad 1 \text{ балл}$$

Составляем систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0,5, \\ (24x + 40y)/(192 + 8x + 24y) = 0,08. \end{cases} \quad 1 \text{ балл}$$

Решив эту систему, получим:

$$x = 0,25 \text{ моль}, y = 0,25 \text{ моль}. \quad 1 \text{ балл}$$

Следовательно, масса гидрида лития равна 2 г, 1 балл

а масса гидрида натрия – 6 г. 1 балл

Ответ. $m(\text{LiH}) = 2 \text{ г}$, $m(\text{NaH}) = 6 \text{ г}$.

Всего 10 баллов

Задание 9-5

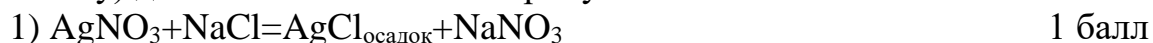
Заполните пропуски в уравнениях химических реакций.

- 1) $__ + __ = \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$
- 2) $__ + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 3) $__ + \text{C} = 2\text{CO}$
- 4) $\text{BaO}_2 + __ + \text{H}_2\text{O} = \text{BaCO}_3 + __$
- 5) $2__ + 2__ = \text{I}_2 + 2\text{FeCl}_2 + 2\text{KCl}$
- 6) $__ + 8__ = 3\text{MgCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
- 7) $__ + \text{SO}_2 = \text{NO} + __$
- 8) $2\text{CrCl}_3 + 3__ + 6\text{H}_2\text{O} = 2__ + 6\text{NaCl} + 3\text{H}_2\text{S}$
- 9) $4__ + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 10) $__ + 5\text{KI} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3__ + 3\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

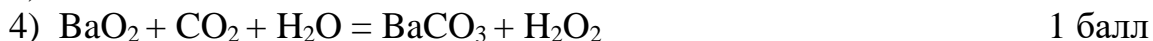
Решение

Для решения этого задания сначала надо было вспомнить про закон постоянства состава. Т. е. количество атомов каждого элемента в правой и левой частях должно быть одинаковым.

Затем необходимо было понять что это за реакция (окислительно-восстановительная, обмена, ...) и какие вещества (относящиеся к какому классу) должны быть на месте пропусков.



(Брутто-формуле $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ соответствует два вещества: эфир CH_3OCH_3 и спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$).



6) $Mg_3N_2 + 8HCl = 3MgCl_2 + 2NH_4Cl$	1 балл
7) $NO_2 + SO_2 = NO + SO_3$	1 балл
8) $2CrCl_3 + 3Na_2S + 6H_2O = 2Cr(OH)_3 + 6NaCl + 3H_2S$	1 балл
9) $4NO_2 + 2Ca(OH)_2 = Ca(NO_3)_2 + Ca(NO_2)_2 + 2H_2O$	1 балл
10) $KIO_3 + 5KI + 3H_2SO_4 = 3K_2SO_4 + 3I_2 + 3H_2O$	1 балл

Всего 10 баллов

Задание 9-6

Причиной трагедий в угольных шахтах чаще всего являются взрывы смесей метана с воздухом, в которых объёмная доля метана составляет 5–15%. а) Представляет ли опасность смесь с плотностью 1,225 г/л? (н.у.). При расчёте молярную массу воздуха считать равной 29,0
 б) Почему взрывоопасны смеси именно такого (5–15%, об) состава? Предложите объяснение.

Решение

а) Рассчитаем содержание метана в смеси с плотностью 1,225 г/л. Примем долю метана в смеси за x . Тогда доля воздуха $(1 - x)$. Молярная масса газовой смеси может быть записана в виде

$$M = 16x + 29(1 - x) \quad 1 \text{ балл}$$

Так как 1 моль газа при н. у. занимает объём 22,4 л, то плотность газа в г/л равна частному от деления молярной массы на 22,4:

$$16x + 29(1 - x) / 22,4 = 1,225 \quad 1 \text{ балл}$$

$$\text{Отсюда } x = 0,12$$

Содержание метана в смеси составляет 12%, эта величина попадает в интервал взрывоопасности, значит такая смесь взрывоопасна. 1 балл

б) Уравнение сгорания метана записывается в виде $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$. Видно, что для сгорания 1 моля метана требуется 2 моля кислорода. Так как содержание кислорода в воздухе — около 20%, а для газов молярная доля соответствует объёмной доле, то можно сказать, что на сгорание 1 объёма метана требуется 10 объёмов воздуха (соответствующее содержание метана $1/(10 + 1) \approx 9\%$). Эта величина как раз и находится в середине взрывоопасного интервала. Таким образом, смеси такого состава взрывоопасны, так как соотношение кислорода и метана в них близко к стехиометрическому.

При более высоком содержании метана на его сгорание не хватит кислорода. Если метана меньше, то смесь будет слишком разбавленной, и горение не приведёт к взрыву. 2 балла

Всего 5 баллов

Задание 9-7. Мысленный эксперимент

В лаборатории стоят пять колб с водными растворами различных веществ. На каждой колбе имеется этикетка с названием. На первой колбе написано "иодид бария", на второй - "карбонат натрия", на третьей - "серная кислота", на четвертой - "хлорид меди" и на пятой - "гидроксид натрия". К сожалению, этикетки перепутаны, так что ни один из растворов не подписан правильно. При сливании раствора из первой колбы с раствором из второй колбы выделяется газ, а при смешивании раствора из первой колбы с содержимым третьей колбы образуется белый осадок.

а) Как поменять местами этикетки, чтобы все колбы были подписаны правильно?

б) Напишите уравнения реакций, упомянутых в условии.

в) Какие ещё реакции можно провести между указанными веществами?

Решение

а) колба 1 + колба 2 = газ.

Газ образуется только при реакции карбоната натрия с серной кислотой. Значит первая и вторая колбы - это карбонат натрия и серная кислота. При этом карбонат натрия не может находиться во второй колбе, так как на ней написано "карбонат натрия", а все надписи не соответствуют действительности. Поэтому карбонат натрия находится в первой колбе, а серная кислота - во второй.

колба 1 + колба 3 = белый осадок.

Na_2CO_3 + колба 3 = белый осадок

Единственный возможный вариант для третьей колбы - иодид бария (CuCl_2 образует с карбонатом зелёный осадок, а щёлочь вообще не образует с ним осадка).

Надписи на четвертой и пятой колбе остаётся просто поменять местами, так как все растворы подписаны неправильно.

Обоснование результата 0,5 балла

Таким образом, мы получили:

1 - Na_2CO_3 , 1 балл

2 - H_2SO_4 , 1 балл

3 - BaI_2 , 1 балл

4 - NaOH , 1 балл

5 - CuCl_2 1 балл

б) Реакции, упомянутые в условии:

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$; 0,5 балла

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaI}_2 = \text{BaCO}_3 + 2\text{NaI}$ 0,5 балла

в) Кроме того, указанные вещества могут вступать в следующие реакции:

$\text{BaI}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 + 2\text{HI}$ 0,5 балла

$2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 0,5 балла

$\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl}$	0,5 балла
$2\text{CuCl}_2 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = (\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + 4\text{NaCl} + \text{CO}_2$	1 балл
$2\text{CuCl}_2 + 2\text{BaI}_2 = 2\text{CuI} + \text{I}_2 + 2\text{BaCl}_2$	1 балл

Всего 10 баллов

Максимальное количество баллов за всю работу -55 баллов

Список источников:

1. <http://turlom.olimpiada.ru>
2. <http://www.chem.msu.ru>
3. *Химия : учебно-методическое пособие / сост. Е.В. Никитина, Е.А. Никоненко, Д.А. Медведев, С.А. Евтюхов. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 220 с*