

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО ХИМИИ 2015–2016 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП

9 класс

Решения и критерии оценивания

В итоговую оценку из шести задач засчитываются пять решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается. Максимальное количество баллов – 50.

1. Химическая частица.

В какой частице содержится 11 протонов, 10 электронов и 7 нейтронов? Определите её состав, заряд, относительную молекулярную массу. Напишите формулы двух соединений, в состав которых входит эта частица.

Ответ.

Протонов на 1 больше, чем электронов. Следовательно, частица имеет заряд +1. Нейтронов – меньше, чем протонов, следовательно, в состав частицы входят атомы водорода, в которых нейтронов нет вовсе. $11 - 7 = 4$ – это минимальное число атомов Н. Без водородов останется 7 протонов и 7 нейтронов – это атом азота-14: ^{14}N .

Состав частицы: $^{14}\text{NH}_4^+$ – ион аммония **4 балла**

Заряд: $11 - 10 = +1$ **2 балла**

Относительная молекулярная масса: $11 + 7 = 18$ или $14 + 4 = 18$ **2 балла**

Формулы: NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ или другие соли аммония **2 балла**

Всего – 10 баллов.

2. Наибольшее число оксидов.

Некоторый элемент имеет 7 разных устойчивых оксидов, причём все они имеют кислотный характер. В низшем оксиде массовая доля кислорода равна 18,4 %. Определите неизвестный элемент и рассчитайте массовую долю кислорода в его высшем оксиде. Напишите уравнения реакций высшего и низшего оксида с водой.

Ответ.

Предположим, формула низшего оксида – R_2O . Молярная масса оксида:

$M(\text{R}_2\text{O}) = 16 / 0,184 = 87$ г/моль,

$M(\text{R}) = (87 - 16) / 2 = 35,5$ г/моль – это хлор, формула оксида Cl_2O **5 баллов**

Высший оксид – Cl_2O_7 .

$\omega(\text{O}) = 7 \cdot 16 / (7 \cdot 16 + 2 \cdot 35,5) = 0,612 = 61,2$ % **3 балла**

Оба оксида – кислотные, при реакции с водой образуются кислоты:

$\text{Cl}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HClO}$ **1 балл**

$\text{Cl}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HClO}_4$ **1 балл**

Всего – 10 баллов.

3. Уравнения реакций

Ниже приведены уравнения химических реакций, в которых пропущены формулы некоторых веществ и коэффициенты. Заполните все пропуски.

- 1) $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 = \dots\text{Cu} + \dots$
- 2) $2\text{H}_2\text{S} + 3\dots = \dots\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$
- 3) $6\dots + \text{O}_2 = \dots\text{Fe}_3\text{O}_4$
- 4) $2\text{AgNO}_3 = \dots\text{Ag} + 2\text{NO}_2 + \dots$
- 5) $2\text{KOH} + \dots = \text{K}_2\text{SO}_4 + \dots\text{H}_2\text{O}$

Ответ.

- 1) $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 = 2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$
- 3) $6\text{FeO} + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_3\text{O}_4$
- 4) $2\text{AgNO}_3 = 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$
- 5) $2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

За каждый верно заполненный пропуск – **по 1 баллу**.

Пропуски легко заполняются логическим путём, исходя из закона сохранения массы, даже если уравнение неизвестно учащимся. Пример – реакция 3. В левой части – неизвестное соединение железа с коэффициентом 6, поэтому минимально возможное число атомов Fe – 6. Чтобы получить 6 атомов Fe в правой части, поставим перед Fe_3O_4 коэффициент 2. Получили в правой части 8 атомов кислорода. В левой части 2 атома O входят в состав O_2 , остальные 6 – в неизвестное вещество. Отсюда получаем в левой части 6FeO .

Всего – 10 баллов.

3. Древняя атмосфера.

В далёкой древности, миллиарды лет назад поверхность Земли была очень горячая, а в атмосфере не было кислорода и азота – она состояла из углекислого газа, метана (CH_4) и паров воды. Интересно, что при этом плотность атмосферы была примерно такой же, как и в нынешние времена.

Считая, что древняя атмосфера состояла только из метана и углекислого газа, определите, при каком соотношении этих газов (по числу молекул) относительная плотность древнего воздуха по современному воздуху будет равна 1. Чему равна объёмная доля метана в древнем воздухе? Среднюю молярную массу нынешнего воздуха примите равной 29 г/моль.

Ответ.

Средняя молярная масса древнего воздуха равна 29 г/моль. **1 балл**

Пусть φ обозначает объёмную долю газов.

$$16\varphi(\text{CH}_4) + 44\varphi(\text{CO}_2) = 29$$

$$\varphi(\text{CH}_4) + \varphi(\text{CO}_2) = 1$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = 15 / 28 = 0,54 = 54 \%$$

6 баллов

Для газов объёмная доля равна мольной доле (следствие из закона Авогадро), поэтому отношение объёмных долей равно отношению числа молекул:

$$N(\text{CH}_4) / N(\text{CO}_2) = \varphi(\text{CH}_4) / \varphi(\text{CO}_2) = 15 / 13 \quad \mathbf{3 \text{ балла}}$$

Этот же результат можно получить из «правила рычага»:

$$\begin{aligned} N(\text{CH}_4) / N(\text{CO}_2) &= (M(\text{CO}_2) - M_{\text{ср}}) / (M_{\text{ср}} - M(\text{CH}_4)) = \\ &= (44 - 29) / (29 - 16) = 15 / 13. \end{aligned}$$

Всего – 10 баллов.

4. Попарное взаимодействие.

Даны следующие вещества: сульфат меди(II), хлорид бария, оксид железа(III), оксид углерода(IV), оксид натрия, серебро, железо, карбонат натрия, вода. Какие из этих веществ будут вступать в реакцию друг с другом непосредственно или в водном растворе при комнатной температуре? Приведите уравнения пяти возможных реакций. Для каждой реакции укажите, к какому типу она относится.

Возможные реакции:

$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH}$	соединения
$\text{Na}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3$	соединения
$\text{BaCl}_2 + \text{CuSO}_4 = \text{BaSO}_4 + \text{CuCl}_2$	обмена
$2\text{CuSO}_4 + 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4$	обмена
$\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu} + \text{FeSO}_4$	замещения
$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{NaHCO}_3$	соединения
$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$	соединения и обмена
$2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	обмена
$\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{BaCO}_3 + 2\text{NaCl}$	обмена

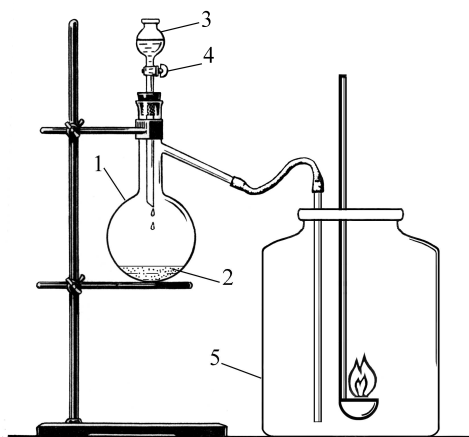
За каждое из пяти уравнений – по **2 балла** (1 балл за вещества, 0,5 балла за коэффициенты, 0,5 балла за тип реакции).

Всего – 10 баллов.

6. Школьный синтез.

В колбу Вюрца (на рисунке обозначена цифрой 1) поместили водную суспензию¹ оксида марганца(IV) (2) и закрыли пробкой, в которую была вставлена капельная воронка (3). В капельной воронке находился раствор вещества X. Затем открыли кран (4) и добавили раствор вещества X в колбу Вюрца, сразу началась бурная реакция, сопровождающаяся выделением бесцветного газа Y. Газ Y собрали в банку (5) и внесли в неё горящую серу. Голубое пламя горящей серы стало более ярким, горение более интенсивным.

¹ Суспензия – это взвесь частичек твердого вещества в жидкости.



По окончании реакции банка (5) заполнилась бесцветным газом **Z**, имеющим резкий запах. В банку с газом **Z** налили раствор вещества **X**, встряхнули и получили серную кислоту.

А. Определите, какие вещества зашифрованы буквами **X**, **Y** и **Z**.

Б. Напишите уравнения следующих реакций:

- получения газа **Y** из вещества **X**;
- горения серы в **Y** с образованием газа **Z**;
- образования серной кислоты при взаимодействии **X** с **Z**.

В. Какие реакции следует провести, чтобы доказать, что в результате всех превращений образуется серная кислота?

Г. С какой целью раствор вещества **X** используется в домашней аптечке?

Д. Предложите ещё один способ получения серной кислоты, который можно было бы осуществить в школьной лаборатории.

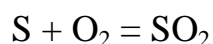
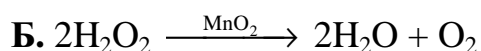
Ответ.

А. Вещество **X** – пероксид водорода H_2O_2 ,

Y – кислород O_2 ,

Z – сернистый газ SO_2 .

По 1 баллу за каждое верно определённое вещество

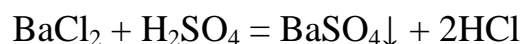


По 1 баллу за каждое уравнение реакции

В. Если к полученному раствору добавить лакмус, то индикатор примет красную окраску. Этот факт доказывает, что образовалась кислота.

1 балл

Если к полученному раствору добавить раствор хлорида бария, то образуется осадок белого цвета. Эта реакция доказывает наличие сульфат-ионов в полученном веществе.

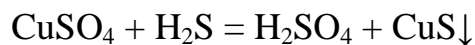


1 балл

Г. 3 %-ный раствор пероксида водорода применяют в качестве дезинфицирующего и кровеостанавливающего средства для промываний и полосканий, для обработки кожных покровов, ран и язв.

1 балл

Д. Могут быть предложены различные варианты, например, пропускание сероводорода через раствор сульфата меди(II):



За любой разумный способ 1 балл

Всего – 10 баллов.