

**Задания, решения и критерии оценивания заключительного этапа  
Санкт-Петербургской олимпиады школьников по химии 2015/16 гг**

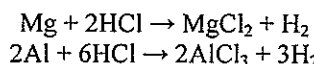
**Теоретический тур**

**8 класс**

**8-1.** Имеется смесь магния и алюминия, содержащая 40% магния по массе. Вычислите минимальную массу смеси, необходимую для получения 2,016 л (н.у.) водорода. Приведите два примера реакций, позволяющих получить водород в этих условиях.

**Решение:**

Для определенности возьмем кислоту, которая будет при обычных условиях взаимодействовать с этими металлами, например, соляную:



Пусть масса смеси –  $x$  г, тогда  $m(\text{Mg}) = 0,4x$  г,  $m(\text{Al}) = 0,6x$  г. Соответствующие количества веществ:  $\nu(\text{Mg}) = 0,4x/24$  моль,  $\nu(\text{Al}) = 0,6x/27$  моль. Количество водорода, выделяющегося в результате реакций, есть сумма  $0,4x/24 + 3 \cdot 0,6x/(27 \cdot 2) = 0,05x$  моль.  $V(\text{H}_2) = 22,4 \cdot 0,05x = 1,12x = 2,016$  (по условию). Т.е.  $x = 1,8$  г.

**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Выбор кислоты 1 балл
- 2) Уравнения реакций по 2 балла
- 3) Расчет массы смеси 5 баллов

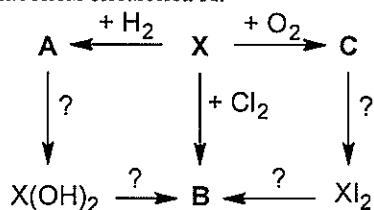
= 1 балл  
2·2 = 4 балла  
= 5 баллов

*Замечание:* не уравненная реакция оценивается в 1 балл.

**ИТОГО**

**10 баллов**

**8-2.** Ниже приведена схема превращений с участием элемента X:



Расшифруйте схему и запишите уравнения всех приведённых реакций, если известно, что электронная конфигурация стабильного иона, образуемого элементом X,  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .

**Решение:**

Количество электронов в стабильном ионе X составляет  $2 + 2 + 6 + 2 + 6 = 18$ . Из схемы видно, что это двухзарядный катион. Т.е. элемент X содержит 20 электронов – это кальций Ca.

- 1)  $\text{Ca} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CaH}_2$  (A);
- 2)  $\text{Ca} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2$  (B);
- 3)  $2\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaO}$  (C);
- 4)  $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}_2 \uparrow$ ;
- 5)  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- 6)  $\text{CaO} + 2\text{HI} \rightarrow \text{CaI}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
- 7)  $\text{CaI}_2 + \text{PbCl}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{PbI}_2 \downarrow$ .

**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Обоснованное определение X 3 балла
- 2) Уравнения реакций по 1 баллу

= 3 балла  
1·7 = 7 баллов

*Замечание:* не уравненная реакция оценивается в 0 баллов.

**ИТОГО**

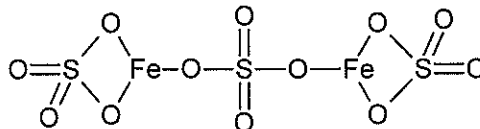
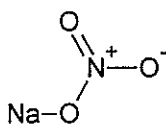
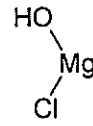
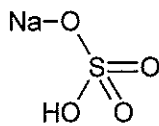
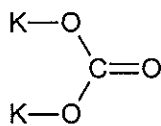
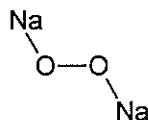
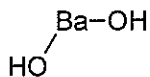
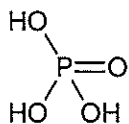
**10 баллов**

**8-3.** Даны следующие неорганические соединения:  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})\text{Cl}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .

- 1) Приведите структурные формулы перечисленных соединений.
- 2) Выберите из списка соединения, в которых степень окисления одного из элементов не равна по модулю его валентности (ответ поясните).
- 3) Выберите из списка соединения, содержащие только ковалентные полярные связи.

**Решение:**

1)



2)

Соединение	Степень окисления	Валентность
$\text{Na}_2\text{O}_2$	-1	II
$\text{N}_2$	0	III
$\text{NaNO}_3$	+5	IV

3) Только ковалентные полярные связи содержат  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и  $\text{CS}_2$ .

**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Структурные формулы по 0,75 балла  $0,75 \cdot 10 = 7,5$  баллов  
 2) Соединения, содержащие элемент с разными значениями валентности и степени окисления, по 0,5 балла  $0,5 \cdot 3 = 1,5$  балла  
 3) Соединения с ковалентными полярными связями по 0,5 балла  $0,5 \cdot 2 = 1$  балл

*Замечание:* 2 пункт без правильно приведенных значений степеней окисления и валентностей оценивается в 0 баллов.

## ИТОГО

10 баллов

**8-4.** Выберите из следующего списка химические явления: 1) появление ощущения свежести после грозы; 2) сверкание молнии; 3) образование бесцветных кристаллов при внесении стеклышка с несколькими каплями раствора поваренной соли в пламя спиртовки; 4) увеличение температуры воздуха в помещении с растопленным камином; 5) восстановление блестящей поверхности при чистке серебряного изделия с помощью нашатырного спирта; 6) образование пузырьков газа при обработке раны раствором перекиси водорода. Ваш ответ поясните.

Приведите примеры явлений, суть которых отражается следующими уравнениями химических реакций:

- $4\text{P} + 5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{P}_2\text{O}_5$ ;
- $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ ;
- $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;
- $4\text{Fe} + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

**Решение:**

К химическим явлениям относятся следующие:

- 1) появление ощущения свежести после грозы (при грозовом разряде идет реакция образования озона, который и обладает характерным запахом:  $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$ );
- 5) восстановление блестящей поверхности при чистке серебряного изделия с помощью нашатырного спирта (со временем серебро медленно окисляется кислородом воздуха с образованием оксидной пленки  $\text{Ag}_2\text{O}$  (черный), при обработке таких изделий нашатырным спиртом (водный раствор аммиака) происходит ее удаление за счет реакции:  $\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$ ;
- 6) образование пузырьков газа при обработке раны раствором перекиси водорода (под действием каталазы (фермент, содержащийся в крови) происходит разложение перекиси водорода:  $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ , а образование кислорода и определяет ее антисептические свойства).

Примеры явлений:

- 1)  $4\text{P} + 5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{P}_2\text{O}_5$ ; такая реакция происходит при зажигании спички о терочную поверхность.
- 2)  $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ ; сжигание угля.
- 3)  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ; горение природного газа (метан  $\text{CH}_4$  – основной компонент).
- 4)  $4\text{Fe} + 6\text{H}_2\text{O} + 3\text{O}_2 \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; образование ржавчины на железной поверхности.

**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Классификация явлений по 0,75 балла  $0,75 \cdot 6 = 4,5$  балла  
 2) Объяснения по 0,5 балла  $0,5 \cdot 3 = 1,5$  балла  
 2) Примеры явлений по 1 баллу  $1 \cdot 4 = 4$  балла

## ИТОГО

10 баллов

**8-5.** Известно, что процесс растворения сопровождается выделением или поглощением тепла. Так, например, теплота растворения серной кислоты в воде составляет +74,2 кДж/моль.

- 1) Вычислите объемы воды и серной кислоты, необходимые для приготовления 250 мл 15%-ного раствора.
- 2) Как при этом изменится температура раствора? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

3) Имеет ли значение последовательность смешения воды и кислоты? Ответ поясните.

Справочные данные	серная кислота	вода	15%-ый раствор серной кислоты
Плотность, г/мл	1,84	1,00	1,10
Теплоемкость, Дж/(кг·°C)	1340	4200	3560

**Решение:**

1)  $m_{p-pa} = 1,1 \cdot 250 = 275$  г;  $m(H_2SO_4) = 0,15 \cdot 275 = 41,25$  г;  $V(H_2SO_4) = 41,25/1,84 = 22,4$  мл;  $V(H_2O) = (275 - 41,25)/1 = 233,8$  мл.

2) Растворилось  $\nu(H_2SO_4) = 41,25/98 = 0,421$  моль, количество выделившейся теплоты  $Q = 0,421 \cdot 74,2 = 31,2$  кДж. Пренебрегая теплообменом с окружающей средой, можно считать, что вся выделившаяся энергия пошла на нагревание раствора.  $Q = cm\Delta t$ ; таким образом, раствор нагреется на  $\Delta t = Q/cm = 31200/(3560 \cdot 0,275) = 32$  °C.

3) Последовательность смешения имеет значение с точки зрения техники безопасности, а именно нужно приливать кислоту тонкой струйкой к воде. Вышеприведенные расчеты показали, насколько растворение серной кислоты в воде экзотермично. Т.е. если поменять последовательность, первые порции воды буквально «вскипятят» на поверхности кислоты ( $\rho(H_2O) < \rho(H_2SO_4)$ ) и брызги полетят во все стороны.

**Рекомендации к оцениванию:**

1) Объем серной кислоты и воды по 1,5 балла

1,5·2 = 3 балла

2) Расчет Q и  $\Delta t$  по 2 балла

2·2 = 4 балла

5) Правильная последовательность смешения 1 балл

= 1 балл

6) Объяснение 2 балла

= 2 балла

**ИТОГО**

**10 баллов**

8-6. В лабораторию для анализа поступил некий белый порошок (А). Его подвергли прокаливанию, при этом выделился бесцветный газ (Б). Сухой остаток (В) смешали с водой, при этом произошла реакция образования вещества (Г) с бурным выделением тепла. Газ (Б) при нагревании взаимодействует с веществом черного цвета (Д) с образованием горючего газа (Е), после сжигания которого в кислороде вновь образовался газ (Б). Определите все вещества и запишите уравнения реакций всех описанных превращений.

**Решение:**

$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$	(А) – $CaCO_3$
$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$	(Б) – $CO_2$
$CO_2 + C \rightarrow 2CO$	(В) – $CaO$
$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$	(Г) – $Ca(OH)_2$
$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$	(Д) – $C$
	(Е) – $CO$

**Рекомендации к оцениванию:**

1) Определение веществ по 1 баллу

1·6 = 6 баллов

2) Уравнения реакций по 0,8 балла

0,8·5 = 4 балла

**ИТОГО**

**10 баллов**

8-7. В колбу объемом 1 л при н. у. поместили 17,4 г вещества А, являющегося оксидом некоторого элемента с массовой долей кислорода 36,8%, и плотно закрыли пробкой. Колбу нагревали при 550 °C до полного разложения вещества А. При этом образовался порошок вещества Б. После охлаждения колбы до 0 °C оказалось, что давление в колбе увеличилось в 2,12 раза по сравнению с первоначальным. Установите состав веществ А и Б, составьте уравнение описанной реакции.

**Решение:**

Обозначим неизвестный элемент буквой X. Выведем формулу исходного оксида. Для этого используем закон эквивалентов:

$\omega(X)/\omega(O) = M_{\text{экр}}(X)/M_{\text{экр}}(O)$ , где  $M_{\text{экр}}(X)$  и  $M_{\text{экр}}(O)$  – молярные эквивалентные массы.

$\omega(X) = 100 - 36,8 = 63,2\%$

$M_{\text{экр}}(X) = M(X)/z$ , где  $M(X)$  – молярная масса металла, а z – его валентность в оксиде.

$M_{\text{экр}}(O) = M(O)/z$ , где  $M(O)$  – молярная масса кислорода (16 г/моль), а z – его валентность в оксиде (2). Тогда имеем:  $63,2/36,8 = M(X)/8z$ , решая это уравнение, получим  $M(X) = 13,78 \cdot z$ . При  $z=4$   $M(X) = 55$  г/моль, что соответствует марганцу (элемент X). Исходный оксид (вещество А) –  $MnO_2$ .

Давление в колбе увеличилось вследствие образования газа. Газом может быть только кислород. Объем воздуха равен объему колбы, т.е. равен 1 литру. Так как давление увеличилось в 2,12 раза по сравнению с исходным, то  $V(O_2) = 2,12 - 1 = 1,12$  л.

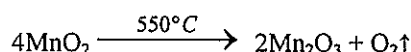
Выясним, что является веществом Б – марганец или оксид марганца. Для этого определим, весь ли кислород перешел из  $MnO_2$  в газообразный кислород.  $m(O_2) = \nu \cdot M = V / V_m \cdot M = 1,12 / 22,4 \cdot 32 = 1,6$  г. Масса кислорода в исходном оксиде:  $m(O) = \omega(O) \cdot m(MnO_2) = 0,368 \cdot 17,4 = 6,4$  г. Не весь кислород перешел из оксида в молекулярный кислород. Значит, вещество Б – это не марганец, а некий оксид марганца. Рассчитаем массовые доли элементов в нём.

В веществе Б  $m(O) = m(O)_{в MnO_2} - m(O_2) = 6,40 - 1,6 = 4,8$  г.  $m(B) = m(MnO_2) - m(O_2) = 17,4 - 1,6 = 15,8$  г (по закону сохранения массы).  $\omega(O)_{в в-ве Б} = 4,8 / 15,8 = 0,304$  или 30,4%.  $\omega(Mn) = 100\% - \omega(O)_{в MnO_2} = 100\% - 30,4\% = 69,6\%$ . Выведем простейшую формулу вещества Б:

$$\nu(Mn) : \nu(O) = \frac{69,6}{54,9} : \frac{30,4}{16} = 1,27 : 1,90 = 1,0 : 1,5 = 2 : 3$$

Следовательно, вещество Б – это  $Mn_2O_3$ .

Уравнение реакции:



**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Определение  $MnO_2$
- 2) Определение  $Mn_2O_3$
- 3) Уравнение реакции

= 5 баллов

= 4 балла

= 1 балл

**ИТОГО**

**10 баллов**