

Критерии и методика оценивания выполненных олимпиадных заданий
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
РЕГИОНАЛЬНАЯ ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ
ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

возрастной группы (9 класс) муниципального этапа всероссийской
олимпиады школьников по химии

2022-2023 учебный год

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы (9 классы) определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 50 баллов.

ЗАДАНИЕ 9.1. (Источник – 84 Санкт-Петербургская олимпиада школьников, автор - Бегельдиева С.М.)

К 180 г бесцветного раствора нитрата некоторого металла добавляли раствор гидроксида натрия до прекращения образования осадка. Полученное вещество черного цвета отфильтровали, высушили и прокалили. Масса твердого остатка составила 4,64 г.

- 1) Нитрат какого металла был взят? Ваш ответ обоснуйте.
- 2) Напишите уравнение химической реакции, указанной в условии.
- 3) Определите массовую долю соли в исходном растворе.

РЕШЕНИЕ:

Взаимодействие растворов соли и щелочи приводит к обменной реакции. Т.к. нитраты металлов хорошо растворимые в воде вещества, логично предположить, что выпавший осадок – гидроксид неизвестного металла. Однако черная окраска осадка противоречит этому предположению. Значит, выпавший осадок – оксид. Он может образовываться только в случае неустойчивости соответствующего гидроксида в воде. Таких оксидов черного цвета два: Ag_2O и Hg_2O . Но при взаимодействии растворов нитратов этих металлов со щелочью обменный процесс будет только в случае с серебром, т.к. одновалентная ртуть склонна к диспропорционированию в растворе:



Таким образом, исходный раствор – раствор нитрата серебра AgNO_3 . Рассчитаем его массовую долю:

$$v(\text{Ag}_2\text{O}) = \frac{4,64}{232} = 0,02 \text{ моль}$$

$$v(\text{AgNO}_3) = 0,04 \text{ моль}$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 0,04 \cdot 170 = 6,8 \text{ г}$$

$$\omega(\text{AgNO}_3) = \frac{6,8}{180} \cdot 100\% = 3,78\%$$

Оценка задания.

1.	Обоснованное определение AgNO_3	3 балла
2.	Уравнение реакции AgNO_3 с NaOH	2 балла
3.	Расчет массовой доли	5 баллов
Итого:		10 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 9.2. (Источник - 84 Санкт-Петербургская олимпиада школьников, автор - Пошехонов И.С.)

Элементы **X** и **Y** находятся в одном периоде периодической системы Д. И. Менделеева и могут проявлять в своих соединениях одинаковую валентность. Элемент **X** образует простое вещество **A** серебристо-белого цвета, а элемент **Y** – несколько простых веществ, в том числе простое вещество **B** красного цвета. Нагревание смеси веществ **A** и **B** приводит к образованию соединения **C** желтовато-серого цвета (*реакция 1*). В результате взаимодействия вещества **C** с соляной кислотой выделился бесцветный газ **D** с плотностью

1,518 г/л (н.у.) и образовался раствор, содержащий вещество **Е** (реакция 2). Газ **Д** легко воспламеняется на воздухе (реакция 3). Массовая доля хлора в соединении **Е** равна 79,77%.

- 1) Определите элементы **Х** и **У** и вещества **А** – **Е**. Ответ обоснуйте.
- 2) Напишите уравнения трёх реакций, указанных в условии.
- 3) Какие простые вещества, образованные элементом **У**, Вам известны?

РЕШЕНИЕ:

Скорее всего, исходные вещества **А** и **В** – металл и неметалл (об этом говорят и цвета этих простых веществ), которые при нагревании образуют бинарное соединение **С**, вступающее в реакцию обмена с соляной кислотой. При этом образуется летучее водородное соединение **Д** и хлорид исходного металла – **Е**.

Пусть формула **Е** – ACl_n , тогда массовая доля хлора в нем:

$$\omega(\text{Cl}) = \frac{35.5n}{M(\text{A}) + 35.5n} \cdot 100\% = 79.77\%$$

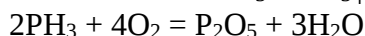
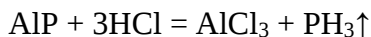
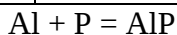
Откуда молярная масса металла:

$M(\text{A}) = 9n$, где n – валентность металла

n	1	2	3
$M(\text{A}), \text{г/моль}$	9	18	27

Единственный возможный вариант для вещества **А** – это алюминий (Al), валентность 3 и молярная масса 27 г/моль. Значит, речь идет о третьем периоде. Такую же валентность (III) как и алюминий в этом периоде могут проявлять фосфор и хлор, но простое вещество хлор – жёлто-зелёный газ. Тогда легковоспламеняющийся газ – фосфин PH_3 , его плотность $\rho = \frac{34}{22,4} = 1,518 \text{ г/л}$ (соответствует приведенному в условии значению).

Х (элемент)	У (элемент)	А (простое вещество)	В (простое вещество)	С	Д	Е
Al	P	Al	P	AlP	PH_3	AlCl_3



Элемент фосфор образует несколько простых веществ (аллотропные модификации): белый, красный, чёрный и металлический фосфор. Белый фосфор состоит из молекул P_4 тетраэдрического строения. Остальные аллотропные модификации имеют полимерное строение. В условии задачи зашифрован красный фосфор.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|---------|
| 1. Вывод формул (расчет) или проверка значений, данных по условию, для соединений AlCl_3 и PH_3 : по 1 баллу | 2 балла |
| 2. Формулы веществ А и В : по 0,5 балла | 1 балл |
| 3. Формулы веществ С , Д , Е : по 1 баллу | 3 балла |
| 4. Уравнения реакций: по 1 баллу | 3 балла |
| 5. Аллотропные модификации | 1 балл |

ЗАДАНИЕ 9.3. (Источник - 84 Санкт-Петербургская олимпиада школьников, автор - Пошехонов И.С.)

Мелко нарезанные кусочки натрия общей массой 1,15 г осторожно растворили в 50 г воды (25 °С, 1 атм).

- 1) Вычислите массовую долю электролита в образовавшемся растворе.

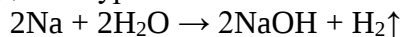
2) Запишите термохимическое уравнение реакции натрия с водой (с указанием теплового эффекта), если известны стандартные теплоты образования веществ: $Q_f^\circ(\text{H}_2\text{O})_{\text{ж}} = 285,8$ кДж/моль; $Q_f^\circ(\text{NaOH})_{\text{р-р}} = 468,3$ кДж/моль.

3) Чему равна температура полученного раствора, если его удельная теплоемкость составляет 4162 Дж/(кг·°C)? Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

4) Почему при растворении использовали маленькие кусочки натрия? Ответ поясните.

РЕШЕНИЕ:

1) Натрий взаимодействует с водой по уравнению:



Количества исходных веществ:

$$v(\text{Na}) = 1,15/23 = 0,05 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 50/18 = 2,78 \text{ моль}$$

Очевидно, что вода взята в большом избытке, расчет ведем по натрию:

$$v(\text{NaOH}) = 0,05 \text{ моль}$$

$$v(\text{H}_2) = 0,025 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaOH}) = 0,05 \cdot 40 = 2 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2) = 0,025 \cdot 2 = 0,05 \text{ г}$$

Масса образовавшегося раствора:

$$m_{\text{р-р}} = 1,15 + 50 - 0,05 = 51,1 \text{ г}$$

Массовая доля электролита (гидроксида натрия) в растворе:

$$\omega(\text{NaOH}) = 2/51,1 = \mathbf{0,0392 \text{ или } 3,92\%}.$$

2) Тепловой эффект реакции можно вычислить по следствию из закона Гесса:

$$Q = 2Q_f^\circ(\text{NaOH})_{\text{р-р}} - 2Q_f^\circ(\text{H}_2\text{O})_{\text{ж}} = 2 \cdot 468,3 - 2 \cdot 285,8 = 365 \text{ кДж}$$

Термохимическое уравнение: $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + 365 \text{ кДж}$

3) Т.к. реакция сильно экзотермична, раствор будет нагреваться вследствие выделения тепла. Количество выделившейся теплоты можно вычислить по термохимическому уравнению и количеству прореагировавшего натрия:

$$Q = \frac{0,05}{2} \cdot 365 = 9,125 \text{ кДж} = 9125 \text{ Дж}$$

Пренебрегая теплообменом с окружающей средой, можно считать, что вся выделившаяся энергия пошла на нагревание раствора:

$$Q = Cm\Delta t$$

Раствор нагреется на $\Delta t = \frac{Q}{cm} = \frac{9125}{4162 \cdot 0,0511} = 43 \text{ }^\circ\text{C}$, т.е. температура образовавшегося раствора составит $t = 25 + 43 = 68 \text{ }^\circ\text{C}$.

4) Взаимодействие натрия с водой – процесс сильно экзотермический. В результате реакции выделяется легковоспламеняющийся газ – водород. Впоследствии может загореться и сам натрий, что при больших количествах щелочного металла неизбежно приводит к взрыву. Поэтому натрий предварительно измельчают и добавляют в воду небольшими порциями.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Уравнение реакции натрия с водой | 1 балл |
| 2. Расчет количеств исходных веществ и массы натрия | 1,5 балла |
| 3. Расчет массовой доли электролита
(без учета массы водорода или при наличии арифметической ошибки:
0,5 балла) | 1 балл |
| 4. Термохимическое уравнение | 1,5 балла |
| 5. Расчет выделившейся теплоты | 1,5 балла |
| 6. Расчет Δt | 1,5 балла |
| 7. Расчет конечной температуры раствора | 1 балл |
| 8. Указание на возможность воспламенения и взрыва при использовании
больших количеств натрия | 1 балл |

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – **10 баллов**.

ЗАДАНИЕ 9.4. (Источник - 84 Санкт-Петербургская олимпиада школьников, автор – Злотников Э.Г.)

При прокаливании смеси некоторого оксида **А** и металла **М** образовалось два твёрдых вещества **Б** и **В**. Полученную смесь растворили в избытке соляной кислоты и получили соль **Г** и газообразное вещество **Д** с плотностью 1,43 г/л (н.у.). Газ **Д** на воздухе воспламенился и сгорел с образованием оксида **А** и воды. К раствору, содержащему 9,45 г соли **Г**, прилили избыток раствора щелочи, что привело к выпадению осадка вещества **Е**. Этот осадок промыли, высушили, прокалили и получили 4,00 г вещества **В**.

1) Определите вещества, зашифрованные буквами. Свои предположения подтвердите расчетами.

2) Запишите уравнения соответствующих реакций.

РЕШЕНИЕ:

1) Находим молярную массу газа **Д**: $M(\text{Д}) = V \cdot \rho = 22,4 \cdot 1,43 = 32 \text{ г/моль}$.

Самовоспламеняющийся на воздухе газ с такой молекулярной массой – силан (SiH_4). Значит, с некоторым металлом прокалили оксид кремния (**А**).

2) При прокаливании оксида кремния (**А**) с металлом образовался силицид этого металла и его оксид (вещества **Б** и **В**). Растворение этой смеси в избытке кислоты привело к выделению силана (газ **Д**), а также к образованию соли исходного металла MCl_n (вещество **Г**). Таким образом осадок **Е** – гидроксид металла $\text{M}(\text{OH})_n$, а **В** – его оксид $\text{MO}_{n/2}$.

3) Обозначим относительную атомную массу металла за X . Так как количество вещества хлорида металла равно эквивалентному количеству вещества его оксида, можно составить алгебраическое уравнение (n – валентность металла):

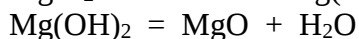
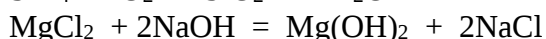
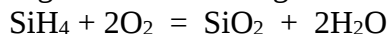
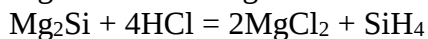
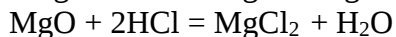
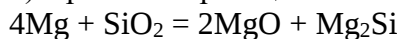
$$9,45/(X + 35,45n) = 4,00/(X + 8n).$$

Из этого уравнения находим $X = 12,15n$. При $n = 2$ $X = 24,3 \text{ г/моль}$, это магний.

4) Вещества, зашифрованные буквами:

А – SiO_2 ; **М** – Mg ; **Б** – Mg_2Si ; **В** – MgO ; **Г** – MgCl_2 ; **Д** – SiH_4 ; **Е** – $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

5) Уравнения реакций:



Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|----------|
| 1. Определение веществ А – Е : по 1 баллу | 6 баллов |
| 2. Нахождение атомной массы металла | 1 балл |
| 3. Уравнения реакций: по 0,5 балла | 3 балла |

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.

ЗАДАНИЕ 9.5. (Источник - 84 Санкт-Петербургская олимпиада школьников, автор - Хлебникова Л.А.)

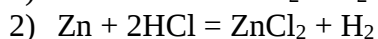
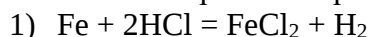
РЕШЕНИЕ:

А – железо, **В** – свинец, **С** – цинк.

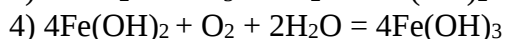
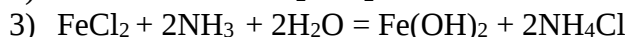
Пункт

Уравнения реакций:

1



2



- 3 5) $\text{ZnCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$
 6) $\text{Zn}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 = [\text{Zn}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$
 7) $\text{Fe} + 4\text{HNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$
 8) $3\text{Pb} + 8\text{HNO}_3 = 3\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
 9) $4\text{Zn} + 10\text{HNO}_3 = 4\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 или $4\text{Zn} + 10\text{HNO}_3 = 4\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O}$
 или $5\text{Zn} + 12\text{HNO}_3 = 5\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 4 10) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KI} = \text{PbI}_2 + 2\text{KNO}_3$
 11) $\text{PbI}_2 + 2\text{KI} = \text{K}_2[\text{PbI}_4]$
 5 12) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 6\text{KSCN} = 3\text{K}_3[\text{Fe}(\text{SCN})_6] + 3\text{KNO}_3$
 или $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{KSCN} = \text{Fe}(\text{SCN})_3 + 3\text{KNO}_3$

Оценка задания.

1.	Правильное соотнесение всех трёх металлов Если правильно определен 1 металл – 2 балла	4 балла
2.	12 уравнений реакций по 0,5 баллов <i>Примечание:</i> если в реакции правильные исходные вещества и продукты, но не расставлены коэффициенты, то за реакцию ставится 0,25 балла.	6 баллов
Итого:		10 баллов

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – 10 баллов.