

Пермский край
2022-2023 учебный год
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
9 КЛАСС

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Решения и критерии оценивания

Представлен один из возможных вариантов решения задач

Общее максимальное количество баллов за задания олимпиады – 50 баллов.

Задача № 1

Медь в своих соединениях проявляет степени окисления +1 и +2, поэтому А и Б скорее всего бинарные соединения с различной степенью окисления меди.

Начнем с соединения А. Допустим, что оно имеет формулу Cu_nX_2 , где n – валентность элемента X, тогда:

$$w(X) = \frac{n \cdot A(X)}{64n + 2A(X)} \cdot 100 = 33,3$$

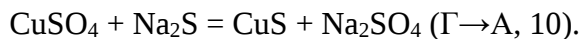
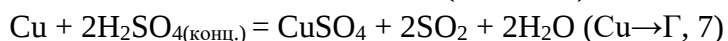
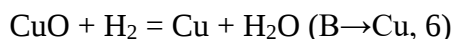
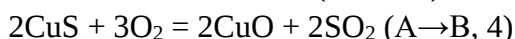
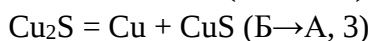
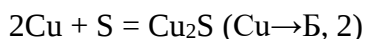
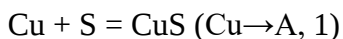
$$A(X) = \frac{21,12n}{n - 0,66},$$

при n = 1, A(X) = 62,1 – нет подходящего элемента,

при n = 2, A(X) = 31,5 – близко к сере (S).

Таким образом, А – это сульфид меди (II) CuS. Очевидно, что Б – это сульфид меди (I) Cu₂S, что можно подтвердить расчетом массовой доли серы в нем.

Запишем уравнения реакций, отвечающих схеме реакций:



Таким образом, В – CuO, Г – CuSO₄.

Разбалловка

Определение вещества X	3 б.
Определение веществ А–Г	4 x 0,5 б. = 2 б.
Написание уравнений реакций (1)–(10)	10 x 0,5 б. = 5 б.
ИТОГО	10 б.

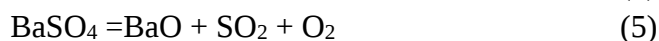
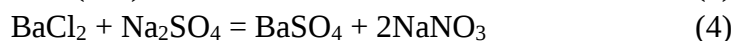
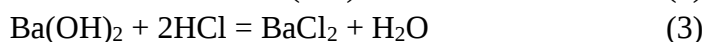
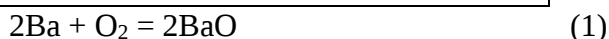
Задача № 2

При превращении металла **А** в оксид **Б** образуется оксид вида **АО**, поскольку металл **А** двухвалентный. Рассчитаем атомную массу металла:

$$M(A) = M(\text{оксида}) - M(O) = \frac{M(O)}{1 - \omega(O)} - M(O) = \frac{16}{1 - 0,0956} - 16 = 137,3 \text{ г/моль},$$

что соответствует барию, значит металл А – барий. Приведем формулы оставшихся соединений:

Шифр	Формула соединения
А	Ba
Б	BaO
В	Ba(OH) ₂
Г	BaCl ₂
Д	BaSO ₄
Е	SO ₂



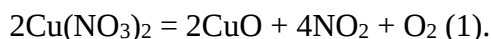
Сульфат бария применяется в качестве рентгенконтрастного вещества в медицине при исследовании органов желудочно-кишечного тракта.

Разбалловка

Установлен металл А , приведены формулы соединений Б–Е .	6 x 0,5б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1)–(5)	5 x 1б. = 5 б.
Приведен пример использования соединения Г	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 3

При термическом разложении нитрата меди образуется оксид меди, диоксид азота и кислород:



Из выделяющихся газов только диоксид азота поглощается раствором гидроксида калия:



Так как в реакции (2) не образуется осадков и не выделяются газы, то увеличение массы раствора обусловлено поглощением диоксида азота. Рассчитаем количество выделившегося кислорода:

$$n(\text{O}_2) = \frac{1}{4} n(\text{NO}_2) = \frac{1}{4} \cdot \frac{6,1}{46} = 0,033 \text{ моль}.$$

По закону Менделеева-Клайперона вычислим объем выделившегося кислорода:

$$pV = n(\text{O}_2)RT \Rightarrow V = \frac{n(\text{O}_2)RT}{p} = \frac{0,033 \cdot 8,314 \cdot 293}{95 \cdot 10^3} = 8,46 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 846 \text{ мл}$$

Рассчитаем массу нитрата меди, которую взяли для разложения:

$$n(\text{Cu(NO}_3)_2) = 2n(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,033 = 0,066 \text{ моль};$$

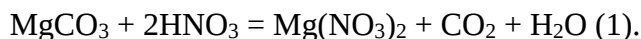
$$m(\text{Cu(NO}_3)_2) = 2n(\text{O}_2) = 0,066 \cdot 188 = 12,4 \text{ г}.$$

Разбалловка

Написание уравнений (1)–(2)	2 x 2 б. = 4 б.
Расчет объема выделившегося кислорода (любым способом)	3 б.
Расчет массы нитрата меди (любым способом)	3 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 4

При растворении исходной смеси в растворе азотной кислоты в реакцию вступает карбонат магния, при этом выделяется углекислый газ:



При добавлении к раствору, содержащему нитрат и хлорид магния, нитрата серебра образуется осадок хлорида серебра:



Согласно уравнению реакции (1):

$$n(\text{MgCO}_3) = n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m} = \frac{0,117}{22,4} = 0,0052 \text{ моль},$$

$$m(\text{MgCO}_3) = 0,0052 \cdot 84 = 0,44 \text{ г}.$$

Тогда массовая доля карбоната магния в смеси:

$$w(\text{MgCO}_3) = \frac{m(\text{MgCO}_3)}{m(\text{смеси})} \cdot 100 = \frac{0,44}{1,66} \cdot 100 = 26,51\%$$

Согласно уравнению реакции (2):

$$n(\text{MgCl}_2) = \frac{1}{2} n(\text{AgCl}) = \frac{1}{2} \cdot \frac{m(\text{AgCl})}{M(\text{AgCl})} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,76}{143,5} = 0,006 \text{ моль}.$$

$$m(\text{MgCl}_2) = n(\text{MgCl}_2) \cdot M(\text{MgCl}_2) \cdot 0,006 \cdot 95 = 0,57 \text{ г}$$

Тогда массовая доля воды в кристаллогидрате равна:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}) - m(\text{MgCl}_2) = (1,66 - 0,44) - 0,57 = 0,65 \text{ г}$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O})} \cdot 100 = \frac{0,65}{1,22} \cdot 100 = 53,3\%$$

Выведем формулу кристаллогидрата $\text{MgCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$:

$$1 : x = \frac{0,57}{95} : \frac{0,65}{18} = 0,006 : 0,036 = 1 : 6.$$

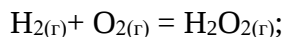
То есть формула кристаллогидрата $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Разбалловка

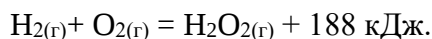
Написание уравнений (1) и (2)	2 x 1 б. = 2 б.
Расчет массовой доли карбоната магния в смеси	3 б.
Расчет массовой доли воды в кристаллогидрате	3 б.
Вывод формулы кристаллогидрата	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача № 5

Запишем уравнение образования пероксида водорода из простых веществ – водорода и кислорода



так как в реакции образуется 1 моль пероксида водорода, то тепловой эффект этой реакции равен 188 кДж. Следовательно, можем записать термохимическое уравнение:



Образование молекулы H_2O_2 представить, как последовательный процесс разрыва связей Н–Н в молекуле H_2 , связей О–О в молекуле O_2 и процесс образования двух связей О–Н и одной связи О–О, поэтому тепловой эффект реакции образования пероксида водорода можно представить следующим образом

$$Q = 2E(\text{O–H}) + E(\text{O–O}) - E(\text{H–H}) - E(\text{O–O})_{\text{кисл}},$$

следовательно,

$$E(\text{O–O}) = Q + E(\text{H–H}) + E(\text{O–O})_{\text{кисл}} - 2E(\text{O–H}).$$

Чтобы вычислить энергию связи О–О в пероксиде водорода вычислим энергию связи О–Н в воде:

$$Q_{\text{реак}} = 4E(\text{O–H}) - 2E(\text{H–H}) - E(\text{O–O})_{\text{кисл}}.$$

$$E(\text{O–H}) = \frac{1}{4} [Q + 2E(\text{H–H}) + E(\text{O–O})_{\text{кисл}}] = \frac{1}{4} [484 + 2 \cdot (436) + 498] = 463,5 \text{ кДж/моль}.$$

В итоге получим, что

$$\begin{aligned} E(\text{O–O}) &= Q + E(\text{H–H}) + E(\text{O–O})_{\text{кисл}} - 2E(\text{O–H}) = 188 + 436 + 498 - 2 \cdot 463,5 = \\ &= 249 \text{ кДж/моль} \end{aligned}$$

Разбалловка

Написание термохимическое уравнение реакции образования H_2O_2 <i>Без указания агрегатного состояния вещества – 0,5 б.</i>	2 б.
Определение энергии связи О–Н в воде	4 б.
Определение энергии связи О–О в перекиси водорода	4 б.
ИТОГО	10 б.