

1. Приведите два примера сложных веществ, не содержащих атомы металла, но содержащих ионные связи.
2. Продукты сгорания образца лития на воздухе растворили в воде. При этом выделился газ объемом 4.48 л (н.у.) и образовался раствор, для нейтрализации которого потребовалось 612.5 г 8 %-ного раствора серной кислоты. Установите качественный и количественный состав продуктов сгорания лития и рассчитайте массу сгоревшего металла.
3. Элементы **A**, **B**, **C** и **D** образуют друг с другом соединения состава A_2BCD_3 , AB_2CD_2 и AB_2CD_4 . Массовая доля элемента **D** в этих соединениях составляет 38.096 %, 36.364 % и 53.333 % соответственно. Определите неизвестные элементы и формулы упомянутых веществ, если известно, что элементы **B** и **D** также входят в состав самого распространенного вещества на Земле.
4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей цепочке превращений:
 $PbO_2 \rightarrow A \rightarrow KBrO_3 \rightarrow B \rightarrow KO_2 \rightarrow C \rightarrow K_3[Cr(OH)_6] \rightarrow D \rightarrow Cr_2O_3 \rightarrow E \rightarrow Ag$
 Установите формулы зашифрованных веществ.

Решения.

1. 3 балла:

Таковыми веществами могут являться соли аммония, в частицах которых присутствуют ионные связи между катионами NH_4^+ и анионами кислотных остатков:

<i>Шаги в решении</i>	<i>Первичный балл</i>
NH_4Cl	(1.5 балла)
$(NH_4)_2SO_4$	(1.5 балла)

(возможны другие примеры. Каждый правильный пример оценивается в 1.5 балла)

2. 5 баллов:

<i>Шаги в решении</i>	<i>Первичный балл</i>
Уравнения реакций лития с основными компонентами воздуха: $Li + N_2 = 2Li_3N$ (1) $4Li + O_2 = 2Li_2O$ (2)	(0.5 балла)
Уравнения реакций продуктов сгорания с водой $Li_3N + 3H_2O = 3LiOH + NH_3\uparrow$ (3) $Li_2O + H_2O = 2LiOH$ (4)	(0.5 балла)
Газ объемом 4.48 л - это аммиак. Его количество, а также (из уравнения 3) количества нитрида лития и гидроксида лития:	(1 балл)

$n(\text{NH}_3) = V/V_m = 4.48/22.4 = 0.2$ моль $\rightarrow n(\text{Li}_3\text{N}) = 0.2$ моль, $n_3(\text{LiOH}) = 3 \cdot 0.2$ моль = 0.6 моль.	
В образовавшемся растворе – гидроксид лития LiOH, именно его и нейтрализовывали: $2\text{LiOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Li}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ (5) Серной кислоты затрачено $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{р-ра } \text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \omega = 612.5 \cdot 0.08 = 49$ г; $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 49/98 = 0.5$ моль.	(1 балл)
Из уравнения (5) следует, что $n(\text{LiOH}) = 1$ моль. Поскольку в реакции (3) образовалось 0.6 моль LiOH, в реакции (4) образовалось $1 - 0.6 = 0.4$ моль LiOH. Отсюда $n(\text{Li}_2\text{O}) = 0.2$ моль.	(1 балл)
Лития сгорело (на основании реакций (1) и (2)) $n(\text{Li}) = n(\text{Li}_3\text{N}) \cdot 3 + n(\text{Li}_2\text{O}) \cdot 2 = 0.6 + 0.4 = 1$ моль. $m(\text{Li}) = n \cdot M = 1 \cdot 7 = 7$ г.	(0.5 балла)
В продуктах сгорания – оксид лития Li ₂ O количеством 0.2 моль (6 г) и нитрид лития (Li ₃ N) количеством 0.2 моль (7 г).	(0.5 балла)

3. 7 баллов:

<i>Шаги в решении</i>	<i>Первичный балл</i>
Самое распространенное вещество на Земле – это вода H ₂ O. Предположим отсюда, что В и Д это водород и кислород соответственно, к тому же по стехиометрии неизвестных соединений похоже.	(0.5 балла)
Тогда, записывая выражения для расчета массовой доли кислорода в каждом из соединений, имеем следующие выражения (а, с – молярные массы соответствующих неизвестных элементов): $48/(2a + 1 + c + 48) = 0.38096 \rightarrow 2a + c = 77$	(2 балла)
$32/(a + 2 + c + 32) = 0.36364 \rightarrow a + c = 54$	(2 балла)
$64/(a + 2 + c + 64) = 0.53333 \rightarrow a + c = 54$ (тождественно 2му условию) Из первых двух следствий видно, что $a = 23$ (это натрий Na) и $c = 31$ (это фосфор P).	(2 балла)
Отсюда формулы неизвестных соединений Na ₂ HPO ₃ , NaH ₂ PO ₂ , NaH ₂ PO ₄ , а наше предположение насчет водорода и кислорода верно.	(0.5 балла)

4. 10 баллов:

<i>Шаги в решении</i>	<i>Первичный балл</i>
$\text{PbO}_2 + 4\text{HBr} = \text{PbBr}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ – при нагревании, A = Br_2	(1 балл)
$3\text{Br}_2 + 6\text{KOH} = 5\text{KBr} + \text{KBrO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ – при нагревании	(1 балл)
$2\text{KBrO}_3 = 2\text{KBr} + 3\text{O}_2$ – при нагревании, B = O_2	(1 балл)
$3\text{K} + 2\text{O}_2 = \text{KO}_2 + \text{K}_2\text{O}_2$	(1 балл)
$4\text{KO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{KOH} + 4\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2\uparrow$, C = KOH	(1 балл)
$3\text{KOH} + \text{Cr}(\text{OH})_3 = \text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6]$ – при нагревании	(1 балл)
$\text{K}_3[\text{Cr}(\text{OH})_6] + 6\text{HNO}_3 = 3\text{KNO}_3 + \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$, D = $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$	(1 балл)
$4\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 = 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 12\text{NO}_2\uparrow + 3\text{O}_2\uparrow$ - при нагревании	(1 балл)
$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Cr}$ - при нагревании, E = Cr	(1 балл)
$\text{Cr} + 3\text{AgNO}_3 = \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{Ag}\downarrow$ - при нагревании	(1 балл)

(Уравнения реакций по 1 баллу, 0.5 балла за верные уравнения после одного неверного, после двух и более неверных уравнений – 0 баллов за последующие. Неуказание необходимых для протекания реакции условий – минус 0.25 балла в каждой такой реакции)