

7-8 КЛАСС

(продолжительность – 3 часа; общее количество баллов 100)

(во всех расчётах атомные массы элементов округлены до целых чисел (кроме $A(\text{Cl})=35.5$ г/моль))

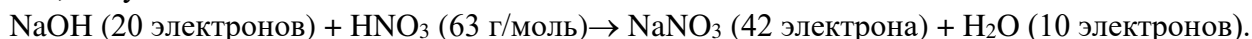
Задача 1

Решение.

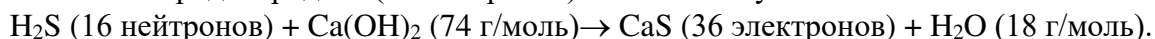
1. *Реакция 1* – реакция соединения. Видно, что в результате реакции получается 2 моль вещества, в молекуле которого содержится 45 нейтронов. Логично предположить, что исходное простое соединение с 90-ами нейтронами содержит в составе молекулы 2 атома. Анализ молекулярных масс элементов позволяет установить, что таким веществом может быть бром (Br_2). На роль вещества, в котором отсутствуют нейтроны подходит водород (H_2). В итоге получаем:



2. *Реакция 2* – реакция нейтрализации. В реакции нейтрализации вступают кислота и основание, а образуются вода и соль. Вещество, содержащее 10 электронов – вода (H_2O). В состав основания входит ОН-фрагмент, который содержит 9 электронов. Исходя из этого на роль основания подходит NaOH ($20 - 9 = 11$, 3 электрона содержит атом натрия). Полученная соль содержит 42 электрона. Поскольку это соль натрия, то число электронов в кислотном остатке содержится 31 электрона. Если предположить, что исходная кислота содержит атомы кислорода и является одноосновной, то солью может быть нитрат натрия (NaNO_3) (у атома азота 7 электронов и 24 электрона у трех атомов кислорода). В итоге, кислота – азотная кислота ($M=63$ г/моль). Таким образом, получаем:



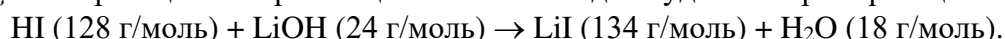
3. *Реакция 3* – реакция нейтрализация. 10 протонов соответствуют воде (H_2O). Видно, что число молей равно двум, значит исходная кислота двухосновная. Двухосновной кислоты с $M=74$ г/моль нет, а вот основание ($2 \cdot 17$ г/моль) есть. Это Ca(OH)_2 . Таким образом, получилась соль кальция. На кислотный остаток приходится 16 электронов. Это сера. Значит соль – сульфид кальция, а кислота – серодовородная (16 нейтронов). В итоге получаем:



4. *Реакция 5* – реакция соединения. Простыми веществами, содержащими 12 и 18 протонов могут быть магний (12 протонов) и фтор (F_2) (18 протонов). Схеме реакции удовлетворяет кислород. В итоге получаем:



5. *Реакция 4* – реакция нейтрализации. Условию задачи удовлетворяет реакция:



Разбалловка: (20 баллов)

За расшифровку реакций (по 4 балла за каждую реакцию) – 20 баллов.

Задача 2

Решение.

1. Вещество **А** – простое, образованное самым распространённым элементом в земной коре. Это кислород (O_2)

2. Поскольку в *реакции 1-4* вступают только простые вещества, значит **Б**, **В**, **Г** и **Д** – оксиды. По разнице молекулярных масс пар веществ (**А** и **В** – 32 г/моль, **А** и **Д** – 12 г/моль) можно однозначно утверждать, что **В** – оксид серы (SO_2) (сернистый газ имеет характерный запах), а **Д** – оксид углерода (CO_2) (запах не имеет, но проблемы выброса CO_2 в атмосферу – одна из самых серьёзных экологических проблем современности).

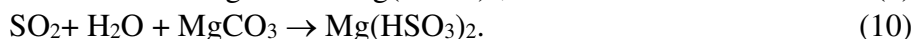
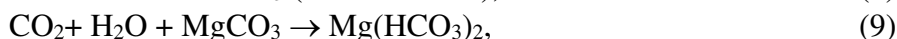
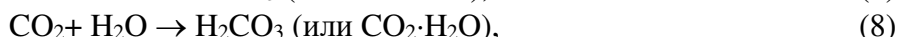
3. Если предположить, что в состав веществ **Б** и **Г** входит один атом кислорода, тогда **Б** – оксид магния (MgO), а вещество **Г** – вода (H_2O).

4. Раскрыв оксиды по схеме реакций между веществами нетрудно идентифицировать вещества **Е-И**:

Е – карбонат магния (MgCO_3 – плохо растворим в воде, растворяется в растворе насыщенным CO_2);

Ж – сульфит магния (MgSO_3 – плохо растворим в воде, растворяется в растворе насыщенным SO_2);
З – сернистая кислота (H_2SO_3 – неустойчивая слабая кислота);
И – угольная кислота (H_2CO_3 – неустойчивая слабая кислота).

5. Реакции, указанные на схеме приведены ниже:



Ответ: А – O_2 , Б – MgO , В – SO_2 , Г – H_2O , Д – CO_2 , Е – MgCO_3 , Ж – MgSO_3 , З – H_2SO_3 , И – H_2CO_3 .

Разбалловка: (20 баллов)

За определение веществ А-Д (по 2 балла за вещество) – 9 баллов;

За составление реакций 1-8 (1 балл за каждую реакцию) – 8 баллов;

За название всех соединений (названо более половины – 1 балл, менее – 0 баллов) – 1 балл;

За составление реакций 9-10 (1 баллу за каждую реакцию) – 2 балл.

Задача 3

Решение.

Возможно несколько вариантов решений. Одно из них выглядит следующим образом.

1. Приведенным в схеме превращений могут соответствовать следующие вещества:

X – оксид углерода (IV) (CO_2) ($\omega(\text{C})=27.27\%$);

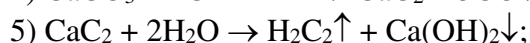
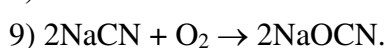
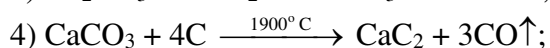
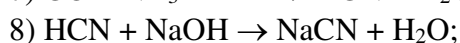
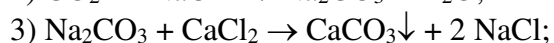
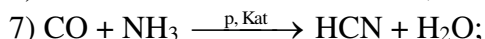
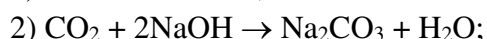
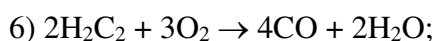
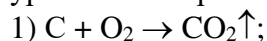
Y – карбонат кальция (CaCO_3) ($\omega(\text{C})=12\%$);

Z – ацетилен (этин) ($\omega(\text{C})=92.31\%$);

M – циановодород (синильная кислота) (HCN) ($\omega(\text{C})=44.44\%$);

L – цианат натрия (NaOCN) ($\omega(\text{C})=18.46\%$).

2. Перечисленные в условии задачи схемы превращений можно представить следующими уравнениями реакций:



Разбалловка: (20 баллов)

За определение четырёх веществ X, Y, M (по 2 балла за вещество) – 6 баллов;

За определение веществ Z и L (по 2.5 балла за соединение) – 5 баллов;

За девять реакций 1-9 (каждую по 1 балл) – 9 баллов.

Внимание! Разбалловка дана применительно к данному решению. В случае другого правильного варианта необходимо использовать только такую разбалловку!

Задача 4

Решение.

1. Элемент **X**, запасы которого наш организм пополняет преимущественно с употреблением молочных продуктов – кальций (Ca). Этот элемент впервые был получен в чистом виде Г. Деви в

1808 году. В организме человека и других позвоночных большая его часть находится в скелете и зубах. В костях кальций содержится в виде гидроксиапатита.

2. Рассчитаем сумму массовых долей бора, циркония, алюминия, кальция и кислорода в минерале:

$$\omega(\text{B}) + \omega(\text{Zr}) + \omega(\text{Al}) + \omega(\text{Ca}) + \omega(\text{O}) = 1.6345\% + 13.5215\% + 36.1070\% + 5.9435\% + 42.7935\% = 100\%.$$

Отсюда следует, что других химических элементов в составе данного минерала нет.

3. Составим выражение для атомного фактора соединения состава $\text{B}_x\text{Zr}_y\text{Al}_z\text{Ca}_n\text{O}_k$:

$$\begin{aligned} x : y : z : n : k &= v(\text{B}) : v(\text{Zr}) : v(\text{Al}) : v(\text{Ca}) : v(\text{O}) = \\ &= \frac{\omega(\text{B})}{A(\text{B})} : \frac{\omega(\text{Zr})}{A(\text{Zr})} : \frac{\omega(\text{Al})}{A(\text{Al})} : \frac{\omega(\text{Ca})}{A(\text{Ca})} : \frac{\omega(\text{O})}{A(\text{O})} = \\ &= \frac{1.6345}{11} : \frac{13.5215}{91} : \frac{36.1070}{27} : \frac{5.9435}{40} : \frac{42.7935}{16} = 0.14859 : 0.14859 : \\ &1.3373 : 0.1486 : 2.6746 = 1 : 1 : 9 : 1 : 18. \end{aligned}$$



Таким образом, молекулярная формула *пейнита* – $\text{BZrAl}_9\text{CaO}_{18}$ или $\text{CaZrBAl}_9\text{O}_{18}$ – смешанный алюмоборат кальция-циркония ($2\text{CaO} \cdot 2\text{ZrO}_2 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{Al}_2\text{O}_3$).

Ответ: $\text{X} = \text{Ca}$; пейнит - $\text{CaZrBAl}_9\text{O}_{18}$ или $2\text{CaO} \cdot 2\text{ZrO}_2 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{Al}_2\text{O}_3$.

Разбалловка: (10 баллов)

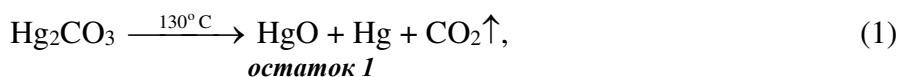
За определение кальция – 2 балла;

За составление атомного фактора – 6 баллов;

За установление химической формулы минерала (в любой форме) – 2 балла.

Задача 5

1. Запишем реакции разложения карбоната ртути (I) (Hg_2CO_3), которые происходили в системе:



Таким образом, при термическом разложении Hg_2CO_3 происходит полная потеря CO_2 и частичная потеря кислорода. Подтвердим наши предположения расчётом.

2. Пусть исходное количество Hg_2CO_3 было 1 моль (462 г). Тогда при полном разложении Hg_2CO_3 выделится 1 моль CO_2 (реакция 1) или 44 г, которые составляют ровно 9.524% от исходной массы Hg_2CO_3 ($44/462=9.524\%$). Следовательно, *реакция 1* протекала полностью, а *остаток 1* представляет собой смесь оксида ртути(II) и элементарную ртуть, причём их количества (в молях) равны: 1 моль HgO и 1 моль Hg (это нетрудно видеть из уравнения реакции).

3. Если бы *реакция 2* протекала полностью и весь кислород улетел, то в этом случае потеря от первоначальной массы составила бы 3.463%. Однако из условия задачи следует, что потеря массы после прокаливания при более высокой температуре составила лишь 2% от массы исходного Hg_2CO_3 . Следовательно, *остаток 2* представляет собой смесь элементарной ртути и неразложившегося оксида ртути (II) (HgO). Рассчитаем количество оставшегося HgO :

если распадается 1 моль или 217 г HgO , то потеря массы составляет 16 г,

если распадается x г HgO , то потеря массы составляет $462 \cdot 0.02 = 9.24$ г,

отсюда $x = 125.32$ г или 0.5775 моль HgO .

Таким образом, состав *остатка 2* равен: $1 + 0.5775 = 1.58$ моль Hg и 0.42 моль не распавшегося HgO .

4. В ходе *реакций 1-2* из 1 моль исходного Hg_2CO_3 «улетело» 1 моль атомов C (в виде CO_2) и 2.58 моль атомов O (в виде CO_2 и O_2).

Ответ: *остаток 1* - 1 моль HgO и 1 моль Hg; *остаток 2* – 0.42 моль HgO и 1.58 моль Hg; «улетело» - 1 моль атомов С и 2.58 моль атомов О.

Разбалловка: (18 баллов)

За реакции разложения карбоната ртути (I) (по 3 балла за каждую реакцию) – 6 баллов;

За определение состава остатков 1-2 (по 4.5 балла за каждый состав) – 9 баллов;

За расчёт числа молей «улетевших атомов» (по 1.5 балла за углерод и кислород) – 3 балла.

Задача 6

Решение.

По вертикали. **1.** Вольфрам. **2.** Серебро. **3.** Празеодим. **4.** Рений. **5.** Сиборгий. **6.** Фосфор. **7.** Радон.
8. Натрий. **9.** Кадмий. **10.** Индий. **11.** Литий.

По горизонтали. **1.** Резерфордий.

Разбалловка: (12 баллов)

За разгадку кроссворда (по 1 баллу за слово) – 12 баллов.