

## Решение заданий первого тура

### Девятый класс

#### Решение задачи 9-1 (автор: Серяков С.А.)

1. Поскольку нитрат-ион не осаждает ионы металлов из соли **X**, можно предположить, что анион  $R^{n-}$  соли **X** дает осадок и с барием ( $Ba_nR_2\downarrow$ ), и с серебром ( $Ag_nR\downarrow$ ). Определим молярную массу  $M_1$  аниона, исходя из того, что количество (моль) осажденного аниона одинаково:

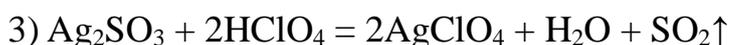
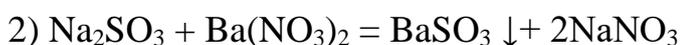
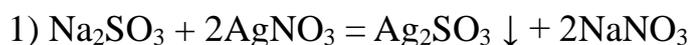
$$v_0(R^{n-}) = 2 \cdot 0.4306 / (137 \cdot n + 2 \cdot M_1) = 0.5873 / (108 \cdot n + M_1)$$

$M_1 = 40.05 \cdot n$ , что дает возможные значения молярных масс аниона:

	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
$M(\text{аниона}), \text{ г/моль}$	40.05	80.1	120.15	160.2

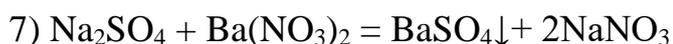
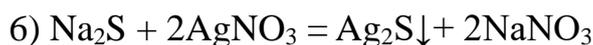
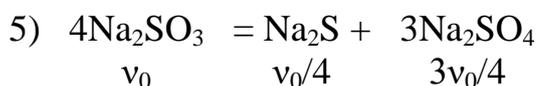
Согласно условию задачи соль присутствует на полках большинства лабораторий и при обработке её кислотой выделяется газ. Также известно, что анион данной соли образует нерастворимые соли с катионами бария и серебра. В большинстве лабораторий могут присутствовать соли из «таблицы растворимости» (см. обложку брошюры), среди которых при обработке соли данного аниона кислотой выделяется газ из  $S^{2-}$  ( $M = 32$  г/моль, газ  $H_2S$ ),  $NO_2^-$  ( $M = 46$  г/моль, газ  $NO$ ),  $CO_3^{2-}$  ( $M = 60$  г/моль, газ  $CO_2$ ),  $SO_3^{2-}$  ( $M = 80$  г/моль, газ  $SO_2$ ),  $S_2O_3^{2-}$  ( $M = 112$  г/моль, газ  $SO_2$ ). Заключаем, что условию удовлетворяет сульфит-ион  $SO_3^{2-}$  ( $n = 2$ ,  $M = 80$  г/моль). Количество сульфита серебра,  $v_0 = 0.5873 / (108 \cdot 2 + 80) = 1.984 \cdot 10^{-3}$  моль. Определим молярную массу соли **X** и катион, входящий в её состав, не забывая о том, что берется половина навески **X**:  $M_x = 0.2500 / 1.984 \cdot 10^{-3} = 126$  г/моль. Хорошо растворимы в воде сульфиты одновалентных катионов. В таком случае на катион приходится  $2 \cdot M(\text{Me}) = 126 - 80 = 46$  г/моль, что соответствует двум молям натрия  $M(\text{Me}) = 23$  г/моль. **X** =  $Na_2SO_3$ .

Составим уравнения реакций первой серии опытов:





Прокаливание  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  протекает аналогично разложению бертолетовой соли (без катализатора), неметалл ( $\text{S}^{+4}$ ) диспропорционирует до минимальной ( $\text{S}^{2-}$ ) и максимальной ( $\text{S}^{+6}$ ) степеней окисления, а неизменность массы навески свидетельствует об отсутствии выделения газа:



Из серии опытов 2 следует, что:

Вещества  $\text{Ag}_2\text{S}$  и  $\text{BaSO}_4$  не растворяются в  $\text{HClO}_4$ . Значит, в опыте 2 остаются нерастворимыми в  $\text{HClO}_4$  0.0836 г  $\text{Ag}_2\text{S}$  и 0.2358 г  $\text{BaSO}_4$

Т.е. часть сульфита натрия не подверглась разложению и  $m_1 = m(\text{Ag}_2\text{S}) + m(\text{Ag}_2\text{SO}_3)$ , а  $m_2 = m(\text{BaSO}_4) + m(\text{BaSO}_3)$

$$v_1(\text{BaSO}_4) = 0.2358/233 = 1.012 \cdot 10^{-3} \text{ моль}$$

$$v_2(\text{Ag}_2\text{S}) = 0.0836/248 = 3.371 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

Вычислим степень разложения вещества **X** при прокаливании:

$$\alpha \text{ по } \text{Ag}_2\text{S} = \frac{v_2}{v_0/4} = \frac{4v_2}{v_0} = \frac{4 \cdot 3,371 \cdot 10^{-4}}{1,984 \cdot 10^{-3}} = 0,68 = 68\%$$

$$\alpha \text{ по } \text{BaSO}_4 = \frac{v_1}{3v_0/4} = \frac{4v_1}{3v_0} = \frac{4 \cdot 1,012 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 1,984 \cdot 10^{-3}} = 0,68 = 68\%$$

На основании совпадения результатов вычислений можно сделать вывод, что растворы были достаточно разбавленными и малорастворимый сульфат серебра не осаждался.

3. Осадок, образовавшийся во второй серии опытов под действием  $\text{AgNO}_3$  содержит  $v_0 \cdot (1 - \alpha)$  моль сульфита серебра и 0.0836 г сульфида.  $m(\text{Ag}_2\text{SO}_3) = 1.984 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0.68) \cdot 296 = 0.188$  г, теперь рассчитаем  $m_1 = 0.0836 + 0.188 = \mathbf{0.2716}$  г.

Осадок, полученный действием  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  во второй серии опытов содержит  $v_0 \cdot (1 - \alpha)$  моль  $\text{BaSO}_3$  и сульфат бария массой 0.2358 г.  $m_2 = 0.2358 + 1.984 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0.68) \cdot 217 = \mathbf{0.3736}$  г.

**Система оценивания:**

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. Верная формула X и 7 верных реакций, по 1.5 балла | 12 баллов |
| 2. Степень превращения по данным таблицы             | 2 балла   |
| 3. Массы $m_1$ и $m_2$ , по 3 балла                  | 6 баллов  |

**ИТОГО 20 баллов**

**Решение задачи 9-2 (автор: Долженко В.Д.)**

1. Газообразных простых веществ не так много, а находящихся в одной группе только фтор и хлор. Хлор имеет более высокую температуру кипения, значит  $X_2 = F_2$ , а  $Y_2 = Cl_2$ .

При взаимодействии  $F_2$  и  $Cl_2$  образуются  $ClF$ ,  $ClF_3$  и  $ClF_5$ . Состав можно вычислить, воспользовавшись данными о массовой доле хлора в данных соединениях.

$$\text{Для } ClF_n \quad \omega(Cl) = \frac{35.453}{35.453 + 18.998 \cdot n}$$
$$n = \frac{35.453}{18.998} \cdot \frac{1 - \omega(Cl)}{\omega(Cl)} = 1.866 \cdot \frac{1 - \omega(Cl)}{\omega(Cl)}$$

	<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>
$\omega(Cl), \%$	65.11	38.35	27.18
$n$	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
	<b>ClF</b>	<b>ClF<sub>3</sub></b>	<b>ClF<sub>5</sub></b>

2. Для получения  $ClF_5$  согласно условию задачи требуются жесткие условия (высокое давление), поэтому можно предположить, что в условиях п.2 образуются  $ClF$  и  $ClF_3$ . Судя по температурам кипения веществ, в первой ловушке при самой высокой температуре ( $-70^\circ C$ ) конденсируется  $ClF_3$ , при  $-150^\circ C$   $ClF$ .

3. В условии задачи даны потоки и время проведения реакции, что позволяет вычислить массы исходных веществ, вступивших в реакцию. Сначала вычислим молярный объем при  $-34^\circ C$ :

$$V_M = \frac{RT}{p} = \frac{8.314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 239\text{К}}{101.325 \text{кПа}} = 19.61 \text{ л}$$

Теперь можно вычислить кол-ва веществ, вступивших в реакцию:

$$v(\text{Cl}_2) = \frac{0.8 \frac{\text{л}}{\text{ч}}}{19.61 \text{л}} \cdot 8 \text{ч} = 0.326 \text{ моль}$$

$$v(\text{F}_2) = \frac{1.2 \frac{\text{л}}{\text{ч}}}{19.61 \text{л}} \cdot 8 \text{ч} = 0.490 \text{ моль}$$

$$m(\text{ClF}) = 19.0 \text{мл} \cdot 1.62 \frac{\text{г}}{\text{мл}} = 30.78 \text{ г};$$

$$v(\text{ClF}) = 30.78 \text{ г} / 54.45 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0.5653 \text{ моль}$$

$$v(\text{ClF}_3) = 4.5 \text{мл} \cdot 1.83 \frac{\text{г}}{\text{мл}} / 92.45 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 0.0891 \text{ моль}$$

$$v(\text{ClF}_3) + v(\text{ClF}) = 0.6544 \text{ моль}$$

что в 2 раза больше, чем  $v(\text{Cl}_2)$ .

Избыток фтора составляет:

$$\begin{aligned} v(\text{F}_{2(\text{изб})}) &= v(\text{F}_2) - \frac{1}{2}(v(\text{ClF}) + 3 \cdot v(\text{ClF}_3)) = \\ &= 0.490 - \frac{1}{2}(0.5653 + 3 \cdot 0.0891) = 0.0737 \text{ моль} \end{aligned}$$

$$m(\text{F}_{2(\text{изб})}) = v(\text{F}_{2(\text{изб})}) \cdot M(\text{F}_2) = 2.80 \text{ г}$$

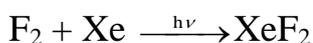
То, что фтор находится в избытке, можно понять из температуры третьей ловушки, т. к. только для конденсации фтора требуется столь низкая температура.

Воздух состоит из двух основных компонентов: азота и кислорода. Кроме того, в воздухе содержатся инертные газы, углекислый газ. При указанных условиях углекислый газ – твердое вещество.

Фтор реагирует с кислородом в тлеющем разряде:



Кроме этого, фтор реагирует с ксеноном под действием УФ света:



4. Избыток  $\text{F}_2$  можно отогнать в вакууме, т. к. у него гораздо более низкая температура кипения.

5. При реакции с гидроксидом натрия образуются фторид натрия и натриевая соль соответствующей кислоты хлора:



**Система оценивания:**

- |  |                  |
|--|------------------|
| 1. Каждое из веществ <b>X<sub>2</sub></b> , <b>Y<sub>2</sub></b> , <b>A</b> , <b>B</b> и <b>B</b> по 2 балла | <b>10 баллов</b> |
| 2. Верное определение каждого из веществ по 1 баллу  | <b>2 балла</b>   |
| 3. Верное указание на F <sub>2</sub> – 1 балл  | <b>4 балла</b>   |
| Расчет массы фтора – 2 балла   |                  |
| Любое из приведенных уравнений – 1 балл  |                  |
| 4. Очистка ClF <sub>5</sub> от F <sub>2</sub>  | <b>1 балл</b>    |
| 5. Уравнения реакций фторидов хлора с щелочью  | <b>3 балла</b>   |

**ИТОГО: 20 баллов**

**Решение задачи 9-3 (автор: Серяков С.А.)**

Вещество **X** впервые получено в 2013 году под давлением 150 000 атмосфер и при температуре около 2000 °C<sup>1</sup>.

1. Определим молярные массы веществ  $M = 22.4 \cdot \rho$ :

Продукт гидролиза	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>Y<sub>1</sub></b>	<b>Z<sub>1</sub></b>
<i>M</i> , г/моль	15.99	26.01	40.01

По условию, при гидролизе образуется нерастворимое в воде и щелочах вещество (вероятно гидроксид металла) и различные газообразные вещества. Для определенности предположим, что **B** – металл, **A** – неметалл. Тогда в результате гидролиза анион, состоящий только из атомов **A** превращается в газообразное вещество, состоящее из атомов **A** и водорода. Вещество **X<sub>1</sub>** не может содержать больше 1 атома **A**, поскольку элементы, способные проявлять отрицательную степень окисления в соединениях с водородом имеют  $M > 8$  г/моль. Поэтому  $M(\text{A}) = 16 - 1 \cdot n$ , где  $n$  – валентность элемента **A** в соединении.

---

<sup>1</sup> Kurakevych O.O., Strobel T.A., Kim D.Y. and Cody G.D., *Synthesis of Mg<sub>2</sub>C: A Magnesium Methanide* // *Angew. Comm. Int. Ed.*, 2013, V. 52, pp.8930-8933, doi: 10.1002/anie.201303463.

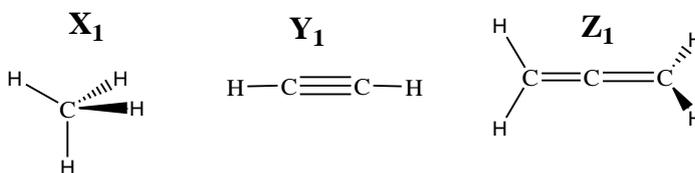
$n = 2$  дает  $M = 14$  (азот), что не подходит по валентности, поэтому  $n = 4$ ,  $M = 12$  (**A** – углерод) и  $X_1 = CH_4$  – метан. Следовательно,  $Y_1$ ,  $Z_1$  и  $Z_2$  – углеводороды.

Пусть  $Y_1 = C_pH_q$ , откуда из  $12p + 1q = 26$  находим  $p = 2$ ,  $q = 2$ .  $Y_1 = C_2H_2$  ацетилен,  $Z_1 = C_mH_n$ , откуда  $12m + 1n = 40$ , находим  $m = 3$ ,  $n = 4$ . Состав  $Z_1 = C_3H_4$ , равноценность связей **B** – **A** возможна в том случае, если в продукте гидролиза все атомы Н равноценны  $H_2C=C=CH_2$  –  $Z_1$ .

Состав  $Z_2 = C_xH_y$  определим из пропорции

$$C : H = \frac{wC}{12} : \frac{wH}{1} = \frac{(100\% - 16.67\%)}{12} : \frac{16.67\%}{1} = 6.944 : 16.67 = 1 : 2.4 = 5 : 12 \Rightarrow$$

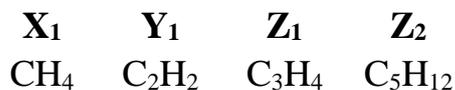
$Z_2 = C_5H_{12}$ . Структурные формулы веществ:



2. Неизменность степени окисления атомов **A** при гидролизе свидетельствует, о том, что валентность аниона в составе исходных веществ совпадает с числом атомов водорода в соответствующем продукте гидролиза.  $X_1$  образовался из аниона  $C^{4-}$ ,  $Y_1$  из  $C_2^{2-}$ , а  $Z_1$  из  $C_3^{4-}$ .

Определим вещество, в составе которого массовые доли элементов одинаковы. Поскольку **B** принадлежит к главной подгруппе, то состав вещества **X**:  $B_4^{a+}(C^{4-})_a$ , предположим что массовые доли одинаковы именно в составе этого вещества, тогда  $M(B) = 12a/4 = 3a$  г/моль (где  $a$  - заряд катиона металла). Бериллий (9 г/моль,  $a = 3$ ) не бывает трехвалентным, других вариантов состава нет. Рассмотрим вещество **Y**:  $B_2^{a+}(C_2^{2-})_a$ , тогда  $M(B) = 12 \cdot 2a/2 = 12a$  г/моль. Подходит магний (24 г/моль,  $a = 2$ ) и титан (48 г/моль,  $a = 4$ ), последний исключаем, т.к. по условию **A** и **B** являются элементами главных подгрупп. Проверим также вещество **Z**:  $B_4^{a+}(C_3^{4-})_a$  на равенство массовых долей:  $M(B) = 12 \cdot 3a/4 = 9a$  г/моль. По валентности подходит алюминий (27 г/моль,  $a = 3$ ), но он не подходит по условию, т. к. при его гидролизе следует ожидать образования гидроксида алюминия, который растворим в щелочах. Таким образом, речь идет о соединениях магния (**B**).

**Итого:**



**Уравнения реакций:**

- 1)  $2\text{Mg} + \text{C} = \text{Mg}_2\text{C}$
- 2)  $\text{Mg}_2\text{C} + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CH}_4 \uparrow$
- 3)  $\text{MgC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$
- 4)  $\text{Mg}_2\text{C}_3 + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{C}_3\text{H}_4 \uparrow$
- 5)  $\text{Mg} + \text{C}_2\text{H}_2 = \text{MgC}_2 + \text{H}_2 \uparrow$
- 6)  $10\text{Mg} + 3\text{C}_5\text{H}_{12} \xrightarrow{700^\circ\text{C}} 5\text{Mg}_2\text{C}_3 + 18\text{H}_2 \uparrow$
- 7)  $2\text{MgC}_2 = \text{Mg}_2\text{C}_3 + \text{C}$

**3.** Составим уравнения взаимодействия веществ с серной кислотой, взятой в избытке по условию:

- 8)  $\text{Mg}_2\text{C} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MgSO}_4 + \text{CH}_4 \uparrow$
- 9)  $\text{MgC}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$
- 10)  $\text{Mg}_2\text{C}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = 2\text{MgSO}_4 + \text{C}_3\text{H}_4 \uparrow$

Количество вещества MgC<sub>2</sub> в навеске массой 1.00 г:

$$v(\text{MgC}_2) = 1/48 = 0.0208 \text{ моль.}$$

Масса кислоты, оставшейся в растворе после завершения реакции **9**:

$$m_{\text{ост}} = (0.1m - 98 v) = \mathbf{2.09 \text{ г}}$$

Масса раствора после завершения реакций  $m_{\text{р-р к}} = m + v_{\text{к}} \cdot (M_{\text{в-ва к}} - M_{\text{газа к}})$ :

$$m_{\text{р-р 2}} = m + (48 - 26) \cdot v = \mathbf{41.8 \text{ г}} ;$$

Массовая доля кислоты в растворе,  $w_{\text{к}} = m_{\text{ост к}}/m_{\text{р-р к}}$ :

$$w = 2.09/41.8 = \mathbf{0.05 \text{ (или 5\%)}};$$

**Система оценивания:**

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Вещества $X_1, Y_1, Z_1, Z_2$ по 1 баллу<br>Структурные формулы веществ $X_1, Y_1, Z_1$ по 1 баллу | 7 баллов  |
| 2. Вещества $X, Y, Z$ по 1 баллу<br>7 уравнений реакций по 1 баллу                                    | 10 баллов |
| 3. 3 уравнения реакций, по 0.5 балла<br>Расчет массовой доли кислоты – 1.5 балла                      | 3 балла   |
| <b>ИТОГО: 20 баллов</b>   |           |

**Решение задачи 9-4 (авторы: Дроздов А.А., Андреев М.Н.)**

1. Судя по окраске пламени, можно предположить, что вещества  $X_3$  и  $X_4$ , а также  $X_1$  содержат кальций, для которого характерна кирпично-красная окраска пламени. Литий и стронций также окрашивают пламя в красные цвета. Рассмотрим все 3 варианта.

Литий не подходит, так как его сульфат растворим. При реакции  $X_3$  и  $X_4$  с серной кислотой в осадок ( $X_5$ ) может выпадать двухводный сульфат кальция или сульфат стронция.

Если предположить, что  $\nu(Y) = \nu(X_5)$ , то  $\nu(Y) = 0.2926/22.4 = 0.01306$  моль,  $M(X_5) = 2.249/0.01306 = 172.2$  г/моль, что соответствует дигидрату сульфата кальция  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . Другие мольные отношения  $Y$  и  $X_5$  не позволяют получить разумный ответ. Таким образом,  $X$  – это кальций.

Найдем молярную массу вещества  $X_3$ . Предполагая, что  $\nu(Y) = \nu(X_3)$

$$M(X_3) = 1/0.01306 = 76.57 \text{ г/моль}$$

В опытах 1 и 3 не выделяется газообразных продуктов, т.е. реагируют твердые вещества  $X_1$  и  $X_2$  между собой. В опытах 2 и 4 кальций ( $X$ ) реагирует с  $X_1$  и газом  $Y$ , т.к. его давление в ходе реакции уменьшается.

Вычислим кол-во вещества  $Y$ , вступившего в реакцию во втором опыте:

$$\nu(Y)_1 = pV/RT = \frac{17.06 \cdot 101.325 \cdot 0.1}{8.314 \cdot 297} = 0.0700 \text{ моль}$$

$$\nu(Y)_2 = pV/RT = \frac{14.87 \cdot 101.325 \cdot 0.1}{8.314 \cdot 297} = 0.0610 \text{ моль}$$

$$\nu(Y)_2 - \nu(Y)_1 = 0.0090 \text{ моль}$$

$$v(\text{Ca}) = \frac{0.360}{40.078} = 0.0090 \text{ моль},$$

т. е.  $\text{Y}$  и  $\text{Ca}$  реагируют в мольном отношении 1:1. Если предположить, что  $\text{X}_2$  также используется 0.0090 моль, то его молярная масса  $M(\text{X}_2) = 1/0.009 \approx 111 \text{ г/моль}$ , что соответствует хлориду кальция  $\text{CaCl}_2$ , который используется в качестве осушителя. Таким образом в состав  $\text{X}_3$  входят кальций, хлор и элемент, образующий газ  $\text{Y}$ .  $M_r(\text{X}_3) - M_r(\text{Ca}) - M_r(\text{Cl}) = 76.57 - 35.453 - 40.078 \approx 1$ , т. е. газ  $\text{Y}$  – это водород  $\text{H}_2$ .

Вещество  $\text{X}_1$  должно содержать кальций и водород, т. е. это гидрид кальция  $\text{CaH}_2$ .

В третьем опыте, используя массы реагирующих веществ, определяем мольное отношение  $\text{CaCl}_2 : \text{CaH}_2 = \frac{1}{111.33} : \frac{2.27}{42.094} = 1 : 6$ , в условии сказано, что все реакции проходят количественно, тогда  $\text{X}_4$  – это соединение состава  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{CaH}_2$  или  $\text{Ca}_7\text{H}_{12}\text{Cl}_2$ .

## 2. Уравнения реакций:

- 1)  $\text{CaCl}_2 + \text{CaH}_2 = 2\text{CaHCl}$
- 2)  $\text{CaCl}_2 + \text{Ca} + \text{H}_2 = 2\text{CaHCl}$
- 3)  $\text{CaCl}_2 + 6\text{CaH}_2 = \text{Ca}_7\text{H}_{12}\text{Cl}_2$
- 4)  $\text{CaCl}_2 + 6\text{Ca} + 6\text{H}_2 = \text{Ca}_7\text{H}_{12}\text{Cl}_2$
- 5)  $\text{CaHCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{HCl} + \text{H}_2$
- 6)  $\text{Ca}_7\text{H}_{12}\text{Cl}_2 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 + 14\text{H}_2\text{O} = 7\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{HCl} + 12\text{H}_2$

2.  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  встречается в природе в виде минерала – *гипса* или *селенита*.

3. В узлах кристаллической решетки гидрид-хлоридов кальция находятся катионы кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ), гидрид ( $\text{H}^-$ ) и хлорид-анионы ( $\text{Cl}^-$ ).

**Итого:**

---

<sup>2</sup> Reckeweg O., DiSalvo F. J. *New Calcium Hydride Halides with Familiar Structures. Syntheses and Crystal Structures of  $\text{Ca}_7\text{H}_{12}\text{Cl}_2$  and  $\text{Ca}_2\text{H}_3\text{Br}$*  // Zeitschrift für Naturforschung B. – 2010. – Bd. 65. – №. 4. – SS. 493-498.

<b>X</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>X<sub>3</sub></b>	<b>X<sub>4</sub></b>	<b>X<sub>5</sub></b>	<b>Y</b>
Ca	CaCl <sub>2</sub>	CaH <sub>2</sub>	CaHCl	Ca <sub>7</sub> H <sub>12</sub> Cl <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub>

**Система оценивания:**

- |               |  |                  |
|---------------|--|------------------|
| 1.            | Определение <b>X</b> , <b>X<sub>3</sub></b> , <b>Y</b> по 2 балла,<br>Определение <b>X<sub>1</sub></b> , <b>X<sub>2</sub></b> , <b>X<sub>4</sub></b> , <b>X<sub>5</sub></b> по 1.5 балла | <b>12 баллов</b> |
| 2.            | Уравнения реакций 6 шт. по 1 баллу   | <b>6 баллов</b>  |
| 3.            | Название минерала  | <b>1 балл</b>    |
| 4.            | Строение кристаллов <b>X<sub>3</sub></b> и <b>X<sub>4</sub></b>  | <b>1 балл</b>    |
| <b>ИТОГО:</b> |  | <b>20 баллов</b> |

**Решение задачи 9-5 (автор: Еремин В.В.)**

1. Найдём молярный объем и молярную массу **A**. Один моль содержит  $N_A/4$  кубических элементарных ячеек с длиной ребра 0.567 нм. Молярный объем:

$$V_m(\mathbf{A}) = (0.567 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} / 4 = 27.4 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Молярная масса:

$$M(\mathbf{A}) = \rho \cdot V_m = 1.02 \cdot 27.4 = 28 \text{ г/моль}.$$

Из условия следует, что **B** – простое вещество, так как все связи в нем одинаковы, следовательно **A** – тоже простое вещество. Молярную массу 28 г/моль имеет единственное простое вещество – N<sub>2</sub>.

**A** – N<sub>2</sub>, **B** – N.

2.  $V_m(\mathbf{B}) = (0.345 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} / 4 = 6.18 \text{ см}^3/\text{моль}.$

$$\rho(\mathbf{B}) = M / V_m = 14 / 6.18 = 2.27 \text{ г/см}^3.$$

Уравнение реакции:  $2\text{N} \rightarrow \text{N}_2.$

Из двух молей N объёмом  $2 \cdot 6.18 = 12.36 \text{ см}^3$  образуется один моль N<sub>2</sub> объёмом (при н. у.) 22.4 л. Объем увеличивается в  $22400 / 12.36 = 1810$  раз.

3. Азот трёхвалентен, поэтому в 2 молях твёрдого N имеется 3 моля связей N–N. Найдём теплоту реакции  $2\text{N} \rightarrow \text{N}_2:$

$$Q = E(\text{N}\equiv\text{N}) - 3E(\text{N}-\text{N}) = 945 - 3 \cdot 160 = 465 \text{ кДж}.$$

Из 1 грамма N выделяется  $465 / 28 = 16.6$  кДж энергии.

При испарении твёрдого N<sub>2</sub> разрываются все межмолекулярные связи, но

новых связей не образуется, энергия только потребляется, процесс – эндотермический.

4. Азот можно получить разложением солей аммония или азидов:



**Система оценивания:**

1. Молярный объем **A** – 2 балла, молярная масса **A** – 1 балл. Формулы **A** и **B** – по 1 баллу. (Формулы **A** и **B** без расчётов – 0 баллов.) **5 баллов**
2. Молярный объем **B** – 2 балла, плотность – 1 балл, отношение объёмов – 2 балла. **5 баллов**
3. Правильное число разрываемых связей в **N** – 2 балла, расчёт теплоты на 1 моль – 2 балла, расчёт теплоты на 1 г – 1 балл. Эндотермичность испарения с обоснованием – 2 балла, ответ «нет» без обоснования – 0 баллов. **7 баллов**
4. Каждое уравнение – по 1 баллу. **3 балла**

**ИТОГО: 20 баллов**