

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:

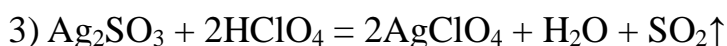
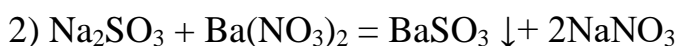
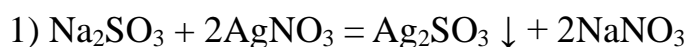
$$v_0(R^{n-}) = 2 \cdot 0.4306 / (137 \cdot n + 2 \cdot M_1) = 0.5873 / (108 \cdot n + M_1)$$

$M_1 = 40.05 \cdot n$, 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

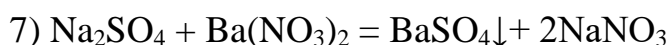
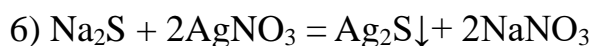
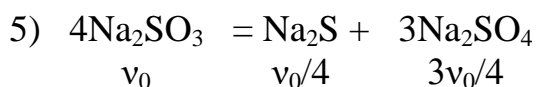
Согласно условию задачи соль присутствует на полках большинства лабораторий и при обработке её кислотой выделяется газ. Также известно, что анион данной соли образует нерастворимые соли с катионами бария и серебра. В большинстве лабораторий могут присутствовать соли из «таблицы растворимости» (см. обложку 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 Na_2SO_3 протекает аналогично разложению бертолетовой соли (без катализатора), неметалл (S^{+4}) диспропорционирует до минимальной (S^{2-}) и максимальной (S^{+6}) степеней окисления, а неизменность массы навески свидетельствует об отсутствии выделения газа:



Из серии опытов 2 следует, что:

Вещества Ag_2S и BaSO_4 не растворяются в HClO_4 . Значит, в опыте 2 остаются нерастворимыми в HClO_4 0.0836 г Ag_2S и 0.2358 г 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 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 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.

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

	А	Б	В
$\omega(Cl), \%$	65.11	38.35	27.18
n	1	3	5
	ClF	ClF₃	ClF₅

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:

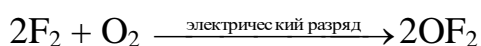
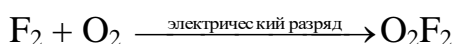
$$\begin{aligned} v(\text{F}_{2(\text{изб})}) &= v(\text{F}_2) - \frac{1}{2}(v(\text{ClF}) + 3 \cdot v(\text{ClF}_3)) = \\ &= 0.490 - \frac{1}{2}(0.5653 + 3 \cdot 0.0891) = 0.0737 \text{ моль} \end{aligned}$$

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

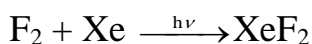
То, что фтор находится в избытке, можно понять из температуры третьей ловушки, т. к. только для конденсации фтора требуется столь низкая температура.

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 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 X₂ , Y₂ , A , B и B по 2 балла | 10 баллов |
| 2. Верное определение каждого из веществ по 1 баллу | 2 балла |
| 3. Верное указание на F ₂ – 1 балл | 4 балла |
| Расчет массы фтора – 2 балла | |
| Любое из приведенных уравнений – 1 балл | |
| 4. Очистка ClF ₅ от F ₂ | 1 балл |
| 5. Уравнения реакций фторидов хлора с щелочью | 3 балла |

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 °C¹.

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

Продукт гидролиза	X₁	Y₁	Z₁
<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 **X₁** 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.

¹ Kurakevych O.O., Strobel T.A., Kim D.Y. and Cody G.D., *Synthesis of Mg₂C: A Magnesium Methanide* // *Angew. Comm. Int. Ed.*, 2013, V. 52, pp.8930-8933, doi: 10.1002/anie.201303463.

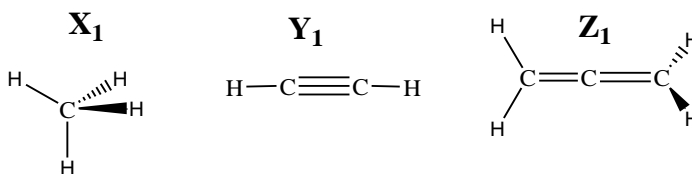
$n = 2$ дает $M = 14$ (азот), что не подходит по валентности, поэтому $n = 4$, $M = 12$ (**A** – углерод) и $X_1 = CH_4$ – метан. Следовательно, Y_1 , Z_1 и Z_2 – углеводороды.

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

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

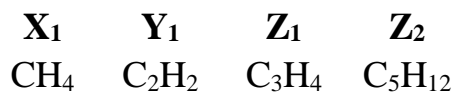
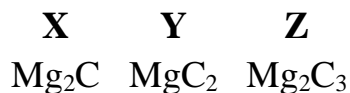
$Z_2 = C_5H_{12}$. Структурные формулы веществ:



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 MgC₂ 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
Структурные формулы веществ X_1, Y_1, Z_1 по 1 баллу | 7 баллов |
| 2. Вещества X, Y, Z по 1 баллу
7 уравнений реакций по 1 баллу | 10 баллов |
| 3. 3 уравнения реакций, по 0.5 балла
Расчет массовой доли кислоты – 1.5 балла | 3 балла |
| ИТОГО: 20 баллов | |

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 двуводный 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. Y и Ca реагируют в мольном отношении 1:1. Если предположить, что 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 CaCl_2 , который используется в качестве осушителя. Таким образом в состав X_3 входят кальций, хлор и элемент, образующий газ 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 Y – это водород H_2 .

Вещество X_1 должно содержать кальций и водород, т. е. это гидрид кальция 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 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 (Ca^{2+}), гидрид (H^-) и хлорид-анионы (Cl^-).

Итого:

² 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.

X	X₁	X₂	X₃	X₄	X₅	Y
Ca	CaCl ₂	CaH ₂	CaHCl	Ca ₇ H ₁₂ Cl ₂	CaSO ₄ ·2H ₂ O	H ₂

Система оценивания:

- | | | |
|---------------|--|------------------|
| 1. | Определение X , X₃ , Y по 2 балла,
Определение X₁ , X₂ , X₄ , X₅ по 1.5 балла | 12 баллов |
| 2. | Уравнения реакций 6 шт. по 1 баллу | 6 баллов |
| 3. | Название минерала | 1 балл |
| 4. | Строение кристаллов X₃ и X₄ | 1 балл |
| ИТОГО: | | 20 баллов |

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 – N₂.

A – N₂, **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 N₂ 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 N₂ 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