

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ 2025/2026 УЧЕБНОГО ГОДА**
Критерии и методика оценивания заданий
10 класс

ЗАДАЧА 1. А В ЧЕМ РАЗНИЦА?

| № | Содержание ответа | Число баллов |
|---|--|--|
| 1 | <p>Решение задачи начнем с установления формул продуктов обработки X. Логично предположить, что A является некоторым оксидом с общей формулой \mathcal{E}_2O_x. Тогда, $\frac{8x}{M(\mathcal{E})+8x} = 0.533$ или $M(\mathcal{E}) = 7x$. Единственный химически адекватный вариант получается при $x = 4$ и $M(\mathcal{E}) = 28$ г/моль, что соответствует кремнию. Значит, A – SiO_2.</p> <p>Трехэлементный осадок B, скорее всего, соответствует гидроксиду по типу $M(OH)_x$. Прокаливание гидроксида сопровождается образованием соответствующего оксида и выделению паров воды:</p> $2M(OH)_x \xrightarrow{T} M_2O_x + xH_2O \uparrow$ <p>Потерю массы в процентном соотношении можно выразить как $\frac{18x}{2(M(M)+17x)} = 0.419$. Получим, что $M(M) = 4.48 \cdot x$. При $x = 2$ $M(M) = 9$ г/моль, что соответствует бериллию. Тогда, B – Be(OH)_2 и Y – Be.</p> <p>Исходя из химизма реакций, указанных в условии задачи, можно также предположить, что C также является гидроксидом металла с общей формулой $Me(OH)_y$. В таком случае</p> $\omega(Me) = \frac{M(Me)}{M(Me) + 17y} = \frac{3.46}{10} = 0.346,$ $M(Me) = 9y.$ <p>Наиболее рациональным вариантом является $y = 3$ и $M(Me) = 27$ г/моль, что соответствует алюминию. Таким образом, C – Al(OH)_3.</p> <p>Осталось установить состав минерала X на основании массовых долей элементов в нем.</p> $\omega(Be \text{ в } X) = \frac{9}{43} \cdot \frac{6.45}{26.85} = 0.0503$ $\omega(Al \text{ в } X) = \frac{27}{78} \cdot \frac{7.8}{26.85} = 0.1006$ $\omega(Si \text{ в } X) = \frac{28}{60} \cdot \frac{18}{26.85} = 0.3129$ <p>Очевидно, что остаток массовой доли в X приходится на кислород:</p> $\omega(O \text{ в } X) = 1 - 0.0503 - 0.1006 - 0.3129 = 0.5362$ | <p>Установление формул веществ X, Y, A, B и C – 10 б (2 б за формулу; при отсутствии необходимых расчетов – 1 б).</p> |

| | | |
|---|--|---|
| | <p>Соотношение индексов атомов в формульной единице X можно определить следующим образом:</p> $N(Be) : N(Al) : N(Si) : N(O) = \frac{0.0503}{9} : \frac{0.1006}{27} : \frac{0.3129}{28} : \frac{0.5362}{16}$ $N(Be) : N(Al) : N(Si) : N(O) = 3 : 2 : 6 : 18$ <p>Приходим к выводу, что X – $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$. Данный минерал известен как берилл.</p> | |
| 2 | <p>Уравнения реакций:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18} + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{конц}} 3\text{BeSO}_4 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow$ 2. $\text{H}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{T} \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \uparrow$ 3. $\text{BeSO}_4 + 4\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 4. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 12\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$ (также возможен вариант с образованием $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$) 5. $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] \xrightarrow{T} 2\text{NaOH} + \text{Be}(\text{OH})_2 \downarrow$ 6. $\text{Be}(\text{OH})_2 \xrightarrow{T} \text{BeO} + \text{H}_2\text{O} \uparrow$ 7. $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{CO}_2 \rightarrow 3\text{NaHCO}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ | Уравнения реакций 1 – 7 – 7 б (1 б за уравнение реакции). |
| 3 | <p>Возможность образования нескольких минералов на основе $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ обусловлена явлением изоморфного замещения. Так, частичное замещение ионов Al^{3+} на ионы Cr^{3+} приводит к возникновению зеленой окраски минерала и «трансформации» берилла в изумруд. В свою очередь частичное замещение Be^{2+} и Al^{3+} на Fe^{2+} и Fe^{3+} соответственно приводит к возникновению голубой окраски, и берилл «переходит» в аквамарин.</p> | Объяснение явление изоморфизма – 3 б. |
| | Суммарный балл за задачу | 20 б |

ЗАДАЧА 2. «ФИОЛЕТОВОЕ ЗОЛОТО»

| | | |
|---|--|--|
| 1 | <p>Элемент A можно установить либо перебором вариантов соотношений Au и A в формуле массовой доли, пока не будет достигнут результат с атомным весом A или исходя из данных кристаллической решетки элемента A. Приведем второй способ:</p> $M(A) = a^3 \cdot 10^{-19} \cdot \rho / 4000 = 27 \text{ г/моль}, \text{ значит } A = \text{Al}$ | 3 б за установление формулы A (без расчета – 1 б) |
| 2 | <p>B – AlCl_3, C – AlCl, H – Al_2Cl_6, D – H_2, G – $\text{Al}(\text{OH})_3$, E – $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, F – $\text{Al}(\text{OH})_3$</p> | 10,5 б (по 1,5 б за каждую формулу) |
| 3 | $m(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot 0.85 / 2M(\text{Al}) = 32 \text{ г}$ | 1,5 б за расчет |
| | Суммарный балл за задачу | 15 б |

ЗАДАЧА 3. КОЛБОЧКИН ВОЗВРАЩАЕТСЯ

| | | |
|--|--|---|
| | <p>Исходя из описанных превращений можно сделать вывод, что желто-зеленый газ – это хлор. Значит, X проявляет окислительные свойства и содержит металл в высокой степени окисления. Бесцветный хлорид, образующийся в реакции 1, могут образовывать небольшое количество металлов. Потенциально это могли бы быть металлы I – III А групп Периодической системы, однако данные металлы не склонны к образованию черных соединений. Из типичных 3d-металлов бесцветные хлориды образует Mn(II), Fe(II) и Zn(II). Вариант с цинком следует отбросить сразу, поскольку для цинка характерны только степени окисления «0» и «+2». Образование Fe(II) по указанной схеме кажется маловероятным ввиду большей устойчивости Fe(III). Значит, имеет смысл рассмотреть вариант с марганцем. Логично предположить, что X – некоторый оксид марганца. В таком случае количество выделившегося хлора и оксида марганца относятся следующим образом:</p> $\frac{2}{n(X)} = \frac{x}{n(Cl_2)} \text{ или } \frac{2 \cdot M(X)}{m(X)} = \frac{22.4 \cdot x}{V(Cl_2)}$ $M(X) = 43.6 \cdot x$ <p>1 Единственный разумный вариант молярной массы X получается при $x = 2$ ($M(X) = 87.2$ г/моль) и соответствует молярной массе MnO_2. Значит, X – MnO_2.</p> <p>Очевидно, что второе вещество является сульфидом металла, о чем свидетельствует выделение газа с запахом тухлых яиц в реакции с кислотой. Цвета растворов в реакциях с кислотами указывают на то, что речь идет про сульфид железа. К такому выводу можно прийти и путем проведения соответствующих расчетов. Растворение сульфида в азотной кислоте приводит к переходу S^{2-} в S^{+6}, а именно в форму сульфат-иона. Осаждение последнего приводит к образованию $BaSO_4$. Из данного условия можно найти массовую долю серы в сульфиде:</p> $m(S \text{ в } BaSO_4) = \frac{32}{233} \cdot 2.648 = 0.364 \text{ г}$ $\omega(S \text{ в } Y) = \frac{0.364 \text{ г}}{1 \text{ г}} = 0.364$ <p>Полученное значение массовой доли в точности соответствует массовой доле серы в FeS. Вывод: Y – FeS.</p> <p>Из условия отсутствия твердого остатка после реакции Z с концентрированной серной кислотой напрашивается вывод о том, что Z</p> | <p>6 б за установление формул X, Y и Z (1,5 б за формулы X, Y, 1 б за формулу Z и 2 б за расчеты)</p> |
|--|--|---|

| | | |
|---------------------------------|---|-----------------------------------|
| | <p>– простое вещество. Единственный вариант, удовлетворяющий условию задачи, это углерод (указать точную аллотропную модификацию углерода на основании условий задачи не представляется возможным).</p> | |
| 2 | <p>Уравнения реакций 1 – 3:</p> $MnO_2 + 4HCl \xrightarrow{t} MnCl_2 + Cl_2 \uparrow + 2H_2O$ $MnCl_2 + 2KOH \rightarrow Mn(OH)_2 \downarrow + 2KCl$ $2Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2MnO_2 + 2H_2O$ <p>Уравнения реакций 4 – 6:</p> $FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S \uparrow$ $FeS + 12HNO_3(\text{конц}) \rightarrow Fe(NO_3)_3 + H_2SO_4 + 9NO_2 \uparrow + 5H_2O$ $H_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + 2HCl$ <p>Уравнения реакций 7 – 9:</p> $C + 2H_2SO_4(\text{конц}) \xrightarrow{T} CO_2 \uparrow + 2SO_2 \uparrow + 2H_2O$ $CO_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3 \downarrow + H_2O$ $SO_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_3 \downarrow + H_2O$ | 9 б (по 1 б за уравнение реакции) |
| Суммарный балл за задачу | | 15 б |

ЗАДАЧА 4. «АПОЛОГИЯ СОКРАТА»

| № | Содержание ответа | Число баллов |
|---|--|--|
| 1 | $V(H_2) = m(\text{цикутотоксина}) \cdot 7 \cdot 22.4 / M(\text{цикутотоксина}) = 15 \text{ л}$ | 2 б за расчет |
| 2 | <p>Diagram illustrating the decomposition of cyclohexanol into three products: cyclopentanone, cyclohexanone, and either CO_2 or formic acid.</p> | По 2 б за каждый продукт (всего 6 баллов) |
| 3 | <p>a) </p> <p>b) sp- 4C, sp^2- 6, и sp^3- 7</p> <p>c) E или транс-</p> <p>d) нет, отсутствуют третичные и четвертичные атомы углерода</p> <p>e) 16 изомеров, включая геометрические и энантиомеры</p> <p>f) да, поскольку есть двойные связи с разными заместителями с обеих сторон</p> <p>g) да, в структуре есть один хиральный атом углерода</p> | 14 б (по 2 б за каждый пункт) |

| | | |
|---|---|---|
| | <p>1) $\text{I}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{I} + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow[\text{Et}_3\text{N, бензол}]{\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4, \text{CuI}} \text{I}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{CH}_3$</p> <p>2) $\text{I}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{H}_2} \text{I}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$</p> <p>3) $\text{I}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{I}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow[\text{Et}_3\text{N, бензол}]{\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4, \text{CuI}} \text{I}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$</p> | 3 б за схему синтеза (по 1 баллу за каждый этап) |
| 4 | Суммарный балл за задачу | 25 б |

ЗАДАЧА 5. КОМБИНИРУЕМ!

| | | |
|---|--|---|
| 1 | <p>Рассмотрим химические реакции образования молекулярного водорода, метана, этилена и ацетилена из газообразного углерода и атомарного водорода:</p> $2\text{H}_{(\text{г})} \rightarrow \text{H}_{2(\text{г})}, \quad (1)$ $\text{C}_{(\text{г})} + 4\text{H}_{(\text{г})} \rightarrow \text{CH}_4_{(\text{г})}, \quad (2)$ $2\text{C}_{(\text{г})} + 6\text{H}_{(\text{г})} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6_{(\text{г})}, \quad (3)$ $2\text{C}_{(\text{г})} + 4\text{H}_{(\text{г})} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4_{(\text{г})}, \quad (4)$ $2\text{C}_{(\text{г})} + 2\text{H}_{(\text{г})} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2_{(\text{г})}, \quad (5)$ | Запись уравнений реакций – 5 б (1 б за уравнение) |
| 2 | <p>Тепловые эффекты реакций (1) – (5) можно рассчитать двумя независимыми способами. Первый способ – классический расчет по закону Гесса через стандартные энталпии образования участников реакций. Второй способ – расчет через энергии химических связей.</p> <p>Расчет по первому способу приводит к следующим результатам:</p> $\Delta H_r^\circ = \sum_{\text{прод}} \Delta_f H_{298}^\circ - \sum_{\text{исходн}} \Delta_f H_{298}^\circ$ $\Delta H_1^\circ = 0 - 2 \cdot 218.0 = -436 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ | Расчет тепловых эффектов реакций – 10 б (по 2 б за уравнение) |

| | | |
|---|---|---|
| | $\Delta H_2^\circ = -74.8 - 716.7 - 4 \cdot 218.0 = -1663.5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ $\Delta H_3^\circ = -84.7 - 2 \cdot 716.7 - 6 \cdot 218.0 = -2826.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ $\Delta H_4^\circ = 52.3 - 2 \cdot 716.7 - 4 \cdot 218.0 = -2253.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ $\Delta H_5^\circ = 226.8 - 2 \cdot 716.7 - 2 \cdot 218.0 = -1642.6 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ | |
| 3 | <p>Первая реакция представляет собой рекомбинацию двух атомов водорода с образованием молекулы водорода, и ее тепловой эффект соответствует энергии связи двух атомов водорода друг с другом.</p> <p>Значит, $E_{\text{св}}(H - H) = 436 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$</p> <p>Тепловой эффект второй реакции можно представить как сумму четырех энергий связи $C - H$. Значит, $E_{\text{св}}(C - H) = \frac{1663.5}{4} = 416 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.</p> <p>Тепловой эффект третьей реакции можно представить как сумму энергии связи $C - C$ и 6 энергий связи $C - H$. В таком случае $E_{\text{св}}(C - C) = 2826.1 - 6 \cdot 416 = 330.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$</p> <p>Тепловой эффект третьей и четвертой реакции можно выразить по аналогии с тепловым эффектом третьей реакции, что позволит оценить $E_{\text{св}}(C = C)$ и $E_{\text{св}}(C \equiv C)$:</p> $E_{\text{св}}(C = C) = 2253.1 - 4 \cdot 416 = 589.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ $E_{\text{св}}(C \equiv C) = 1642.6 - 2 \cdot 416 = 810.6 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ <p>Примечание: предложенный вариант расчета энергий связи $C = C$ и $C \equiv C$ носит несколько приближенный характер, что обусловлено отличием энергии связи $C - H$ в этилене и ацетилене от энергии данной связи в молекуле метана. Тем не менее, результаты оценки довольно неплохо согласуются с реальными значениями.</p> | Расчет энергии химических связей – 10 б (2 б за каждую связь) |
| | Суммарный балл за задачу | 25 б |