

**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 $\text{Э}_2\text{O}_x$. Тогда, $\frac{8x}{M(\text{Э})+8x} = 0.533$ или $M(\text{Э}) = 7x$. Единственный химически адекватный вариант получается при $x = 4$ и $M(\text{Э}) = 28$ г/моль, что соответствует кремнию. Значит, A – SiO₂.</p> <p>Трехэлементный осадок B, скорее всего, соответствует гидроксиду по типу $M(\text{OH})_x$. Прокаливание гидроксида сопровождается образованием соответствующего оксида и выделению паров воды:</p> $2M(\text{OH})_x \xrightarrow{T} M_2\text{O}_x + x\text{H}_2\text{O} \uparrow$ <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 $Me(\text{OH})_y$. 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 – Be₃Al₂Si₆O₁₈. Данный минерал известен как берилл.</p>	
2	<p>Уравнения реакций:</p> <ol style="list-style-type: none"> $Be_3Al_2Si_6O_{18} + 6H_2SO_{4(конц)} \xrightarrow{T} 3BeSO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 6H_2SiO_3 \downarrow$ $H_2SiO_3 \xrightarrow{T} SiO_2 + H_2O \uparrow$ $BeSO_4 + 4NaOH \rightarrow Na_2[Be(OH)_4] + Na_2SO_4$ $Al_2(SO_4)_3 + 12NaOH \rightarrow 2Na_3[Al(OH)_6] + 3Na_2SO_4$ (также возможен вариант с образованием $Na[Al(OH)_4]$) $Na_2[Be(OH)_4] \xrightarrow{T} 2NaOH + Be(OH)_2 \downarrow$ $Be(OH)_2 \xrightarrow{T} BeO + H_2O \uparrow$ $Na_3[Al(OH)_6] + 3CO_2 \rightarrow 3NaHCO_3 + Al(OH)_3 \downarrow$ 	Уравнения реакций 1 – 7 – 7 б (1 б за уравнение реакции).
3	<p>Возможность образования нескольких минералов на основе $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ 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»

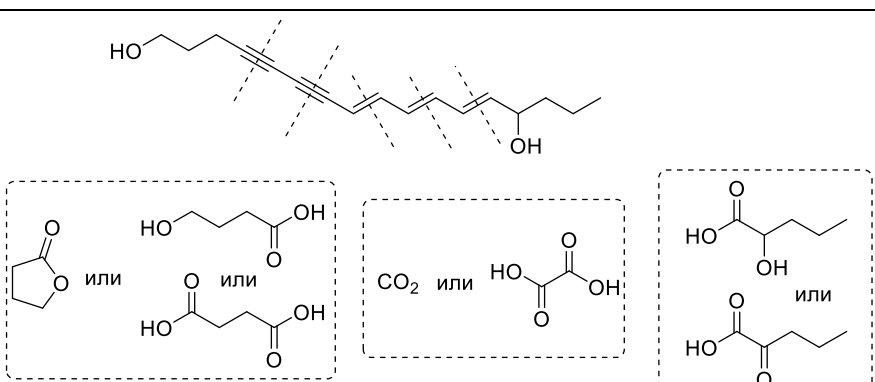
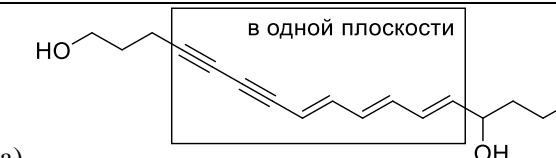
1	<p>Элемент A можно установить либо перебором вариантов соотношений Au и A в формуле массовой доли, пока не будет достигнут результат с атомным весом A или исходя из данных кристаллической решетки элемента A. Приведем второй способ:</p> $M(A) = a^3 \cdot 10^{-19} \cdot \rho / 4000 = 27 \text{ г/моль, значит } A = Al$	3 б за установление формулы A (без расчета – 1 б)
2	<p>B – AlCl₃, C – AlCl, H – Al₂Cl₆, D – H₂, G – Al(OH)₃, E – Na[Al(OH)₄], F – Al(OH)₃</p>	10,5 б (по 1,5 б за каждую формулу)
3	$m(Al) \cdot M(Al_2O_3) \cdot 0.85 / 2M(Al) = 32 \text{ г}$	1,5 б за расчет
	Суммарный балл за задачу	15 б

ЗАДАЧА 3. КОЛБОЧКИН ВОЗВРАЩАЕТСЯ

1	<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>Единственный разумный вариант молярной массы X получается при $x = 2$ ($M(X) = 87.2$ г/моль) и соответствует молярной массе MnO₂. Значит, X – MnO₂.</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 BaSO₄. 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>
---	---	---

	– простое вещество. Единственный вариант, удовлетворяющий условию задачи, это углерод (указать точную аллотропную модификацию углерода на основании условий задачи не представляется возможным).	
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> $FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S \uparrow$ $FeS + 12HNO_{3(конц)} \rightarrow Fe(NO_3)_3 + H_2SO_4 + 9NO_2 \uparrow + 5H_2O$ $H_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + 2HCl$ <p>Уравнения реакций 7 – 9:</p> $C + 2H_2SO_{4(конц)} \xrightarrow{T} CO_2 \uparrow + 2SO_2 \uparrow + 2H_2O$ $CO_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3 \downarrow + H_2O$ $SO_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_3 \downarrow + H_2O$	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		По 2 б за каждый продукт (всего 6 баллов)
3	 <p>а) б) sp- 4C, sp^2- 6, и sp^3- 7 в) <i>E</i> или <i>транс</i>- г) нет, отсутствуют третичные и четвертичные атомы углерода д) 16 изомеров, включая геометрические и энантиомеры е) да, поскольку есть двойные связи с разными заместителями с обеих сторон ж) да, в структуре есть один хиральный атом углерода</p>	14 б (по 2 б за каждый пункт)

4	<div style="text-align: center;"> </div>	<p>3 б за схему синтеза (по 1 баллу за каждый этап)</p>
	Суммарный балл за задачу	25 б

ЗАДАЧА 5. КОМБИНИРУЕМ!

1	<p>Рассмотрим химические реакции образования молекулярного водорода, метана, этана, этилена и ацетилена из газообразного углерода и атомарного водорода:</p> $2H_{(г)} \rightarrow H_{2(г)}, \quad (1)$ $C_{(г)} + 4H_{(г)} \rightarrow CH_{4(г)}, \quad (2)$ $2C_{(г)} + 6H_{(г)} \rightarrow C_2H_{6(г)}, \quad (3)$ $2C_{(г)} + 4H_{(г)} \rightarrow C_2H_{4(г)}, \quad (4)$ $2C_{(г)} + 2H_{(г)} \rightarrow C_2H_{2(г)}, \quad (5)$	<p>Запись уравнений реакций – 5 б (1 б за уравнение)</p>
2	<p>Тепловые эффекты реакций (1) – (5) можно рассчитать двумя независимыми способами. Первый способ – классический расчет по закону Гесса через стандартные энтальпии образования участников реакций. Второй способ – расчет через энергии химических связей. Расчет по первому способу приводит к следующим результатам:</p> $\Delta H_r^\circ = \sum_{\text{прод}} \Delta_f H_{298}^\circ - \sum_{\text{исходн}} \Delta_f H_{298}^\circ$ $\Delta H_1^\circ = 0 - 2 \cdot 218.0 = -436 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	<p>Расчет тепловых эффектов реакций – 10 б (по 2 б за уравнение)</p>

	$\Delta H_2^\circ = -74.8 - 716.7 - 4 \cdot 218.0 = -1663.5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ $\Delta H_3^\circ = -84.7 - 2 \cdot 716.7 - 6 \cdot 218.0 = -2826.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ $\Delta H_4^\circ = 52.3 - 2 \cdot 716.7 - 4 \cdot 218.0 = -2253.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$ $\Delta H_5^\circ = 226.8 - 2 \cdot 716.7 - 2 \cdot 218.0 = -1642.6 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$	
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. 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>	<p>Расчет энергии химических связей – 10 б (2 б за каждую связь)</p>
	Суммарный балл за задачу	25 б