



ЗОЛОТОЕ
СЕЧЕНИЕ

ФОНД ПОДДЕРЖКИ
ТАЛАНТЛИВЫХ ДЕТЕЙ
И МОЛОДЕЖИ

ВС{З}Ш

Разбор заданий муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии для 10 класса

2025/2026 учебного года
в Свердловской области

Разработчик –
Яговитин Роман Евгеньевич,
ассистент, ИЕНиМ УрФУ



Задача 1



Вопрос 1

Установите состав минерала **Х** и природу металла **Y**, если известно, что из 26.85 г **Х** можно теоретически получить 18 г **A**, 6.45 г **B** и 7.8 г **C**. Ответ подтвердите расчетом. Напишите уравнения реакций 1 – 7.



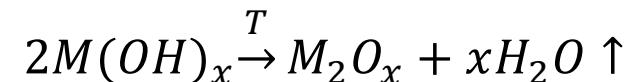
Вопрос 1

Логично предположить, что **А** 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, **А** – SiO_2 .

Трехэлементный осадок **В**, скорее всего, соответствует гидроксиду по типу $M(OH)_x$. Прокаливание гидроксида сопровождается образованием соответствующего оксида и выделению паров воды:



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, **В** – Be(OH)_2 и **Y** – Be .

Вопрос 1

Исходя из химизма реакций, указанных в условии задачи, можно также предположить, что С также является гидроксидом металла с общей формулой $Me(OH)_y$. В таком случае

$$\omega(Me) = \frac{M(Me)}{M(Me) + 17y} = \frac{3.46}{10} = 0.346,$$

$$M(Me) = 9y.$$

Наиболее рациональным вариантом является $y = 3$ и $M(Me) = 27$ г/моль, что соответствует алюминию. Таким образом, С – $Al(OH)_3$.

Вопрос 1

Осталось установить состав минерала **Х** на основании массовых долей элементов в нем.

$$\omega(Be \text{ в } X) = \frac{9}{43} \cdot \frac{6.45}{26.85} = 0.0503; \omega(Al \text{ в } X) = \frac{27}{78} \cdot \frac{7.8}{26.85} = 0.1006; \omega(Si \text{ в } X) = \frac{28}{60} \cdot \frac{18}{26.85} = 0.3129$$

Очевидно, что остаток массовой доли в **Х** приходится на кислород:

$$\omega(O \text{ в } X) = 1 - 0.0503 - 0.1006 - 0.3129 = 0.5362$$

Соотношение индексов атомов в формульной единице **Х** можно определить следующим образом:

$$N(Be) : N(Al) : N(Si) : N(O) = \frac{0.0503}{9} : \frac{0.1006}{27} : \frac{0.3129}{28} : \frac{0.5362}{16}$$

$$N(Be) : N(Al) : N(Si) : N(O) = 3 : 2 : 6 : 18$$

Приходим к выводу, что **Х** – $Be_3Al_2Si_6O_{18}$. Данный минерал известен как **берилл**.



Вопрос 1

Уравнения реакций:

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. $\text{H}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{\text{T}} \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \uparrow$
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. $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] \xrightarrow{\text{T}} 2\text{NaOH} + \text{Be}(\text{OH})_2 \downarrow$
6. $\text{Be}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\text{T}} \text{BeO} + \text{H}_2\text{O} \uparrow$
7. $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{CO}_2 \rightarrow 3\text{NaHCO}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$



Вопрос 2

Попытайтесь объяснить каким образом на основании **Х** могут образовываться другие минералы по типу изумруда и аквамарина.



Вопрос 2

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.



Задача 2



Вопрос 1

Установите элемент А. Для получения дополнительных баллов подтвердите ответ расчетами.



Вопрос 1

Элемент А 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:

$$M(A) = \frac{a^3 \cdot \rho \cdot N_A}{Z} = \frac{(4.049 \cdot 10^{-8} \text{ см})^3 \cdot 2.7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{4} = 27 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

Приходим к выводу, что A – Al

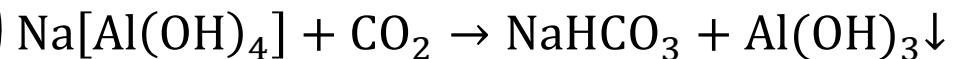
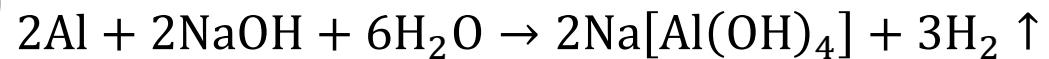
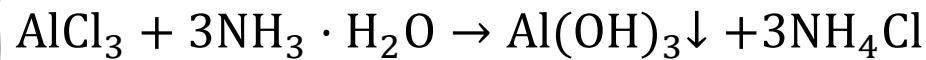
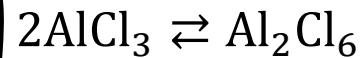
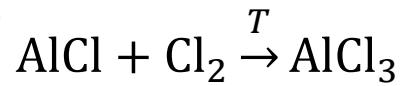
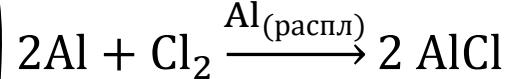
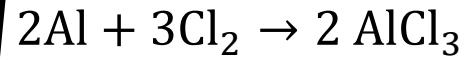
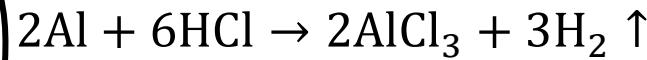


Вопрос 2

Установите формулы соединений А–Н.



Вопрос 2



- B** – AlCl_3
C – AlCl
D – H_2
E – $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
F – $\text{Al}(\text{OH})_3$
G – $\text{Al}(\text{OH})_3$
H – Al_2Cl_6

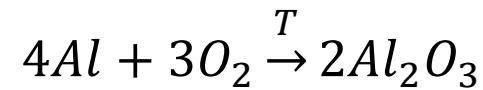


Вопрос 3

Сделайте расчет количества оксида элемента А, который можно получить из 20 г металлической стружки вещества А при его полном сгорании в чистом кислороде. Выход реакции примите равным 85%.



Вопрос 3



$$m(Al_2O_3) = \frac{m(Al)}{M(Al)} \cdot \frac{2}{4} \cdot M(Al_2O_3) \cdot \eta = \frac{20}{27} \cdot \frac{2}{4} \cdot 102 \cdot 0.85 = 32 \text{ г}$$



Задача 3



Вопрос 1

Установите элемент А. Для получения дополнительных баллов подтвердите ответ расчетами.



Вопрос 1

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:

$$\frac{2}{n(X)} = \frac{x}{n(Cl_2)} \text{ или } \frac{2 \cdot M(X)}{m(X)} = \frac{22.4 \cdot x}{V(Cl_2)}$$
$$M(X) = 43.6 \cdot x$$

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 .



Вопрос 1

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:

$$m(S \text{ в } BaSO_4) = \frac{32}{233} \cdot 2.648 = 0.364 \text{ г}$$

$$\omega(S \text{ в } Y) = \frac{0.364 \text{ г}}{1 \text{ г}} = 0.364$$

Полученное значение массовой доли в точности соответствует массовой доле серы в FeS . Вывод: **Y – FeS**.



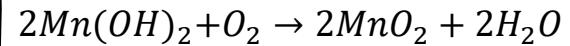
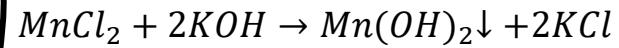
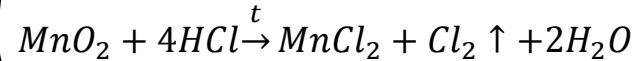
Вопрос 1

Из условия отсутствия твердого остатка после реакции **Z** с концентрированной серной кислотой напрашивается вывод о том, что **Z** – простое вещество. Единственный вариант, удовлетворяющий условию задачи, это углерод (указать точную аллотропную модификацию углерода на основании условий задачи не представляется возможным).

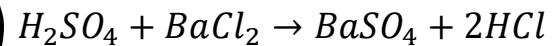
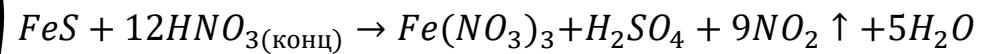
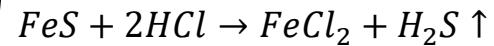


Вопрос 1

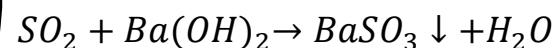
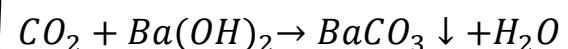
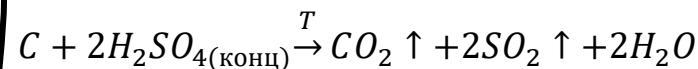
Уравнения реакций 1 – 3:



Уравнения реакций 4 – 6:



Уравнения реакций 7 – 9:



Задача 4



Вопрос 1

Рассчитайте сколько литров молекулярного водорода потребуется для восстановления 25 г цикутотоксина до насыщенного соединения.



Вопрос 1

В одной молекуле цикутотоксина содержатся две тройные и три двойные связи «углерод – углерод». На восстановление тройной и двойной связи требуется две и одна молекулы водорода соответственно. Значит, на восстановление 1 моль цикутотоксина требуется 7 моль водорода. В таком случае объем водорода можно рассчитать следующим образом:

$$V(H_2) = \frac{m}{M} \cdot 7 \cdot 22.4 = \frac{25}{258} \cdot 7 \cdot 22.4 = 15 \text{ л}$$



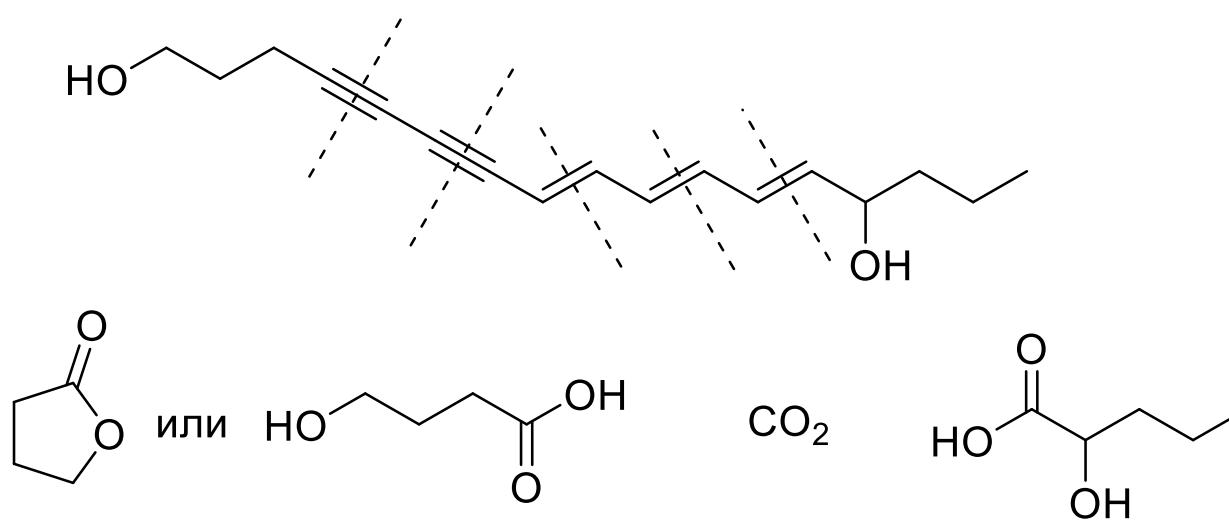
Вопрос 2

Какие соединения образуются при полном окислении подкисленным раствором перманганата калия цикутотоксина?



Вопрос 2

В реакции взаимодействия цикутотоксина с подкисленным раствором перманганата калия окисляются гидроксильные группы молекулы цикутотоксина, и происходит разрыв кратных связей. Связи, подвергающиеся разрыву, и возможные продукты окисления приведены ниже:



Вопрос 3

Вопросы касающиеся структуры цикутоксина: а) Обозначьте часть молекулы все атомы которой находятся в одной плоскости; б) Напишите количество sp -, sp^2 -, и sp^3 -гибридных атомов углерода; в) Какова конфигурация двойных связей? д) Можно ли считать эту структуру разветвленной? е) Сколько пространственных изомеров имеет данное вещество? ф) Возможны ли геометрические изомеры для этой молекулы? г) Имеется ли хиральный атом углерода?



Вопрос 3



- b) sp - 4C, sp^2 - 6C, и sp^3 - 7C
- c) Е или транс-
- d) нет, отсутствуют третичные и четвертичные атомы углерода
- e) 16 изомеров, включая геометрические и энантиомеры
- f) да, поскольку есть двойные связи с разными заместителями с обеих сторон
- g) да, в структуре есть один хиральный атом углерода



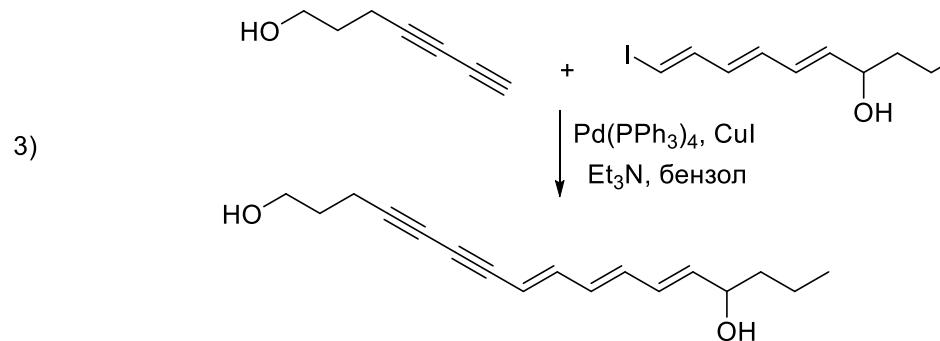
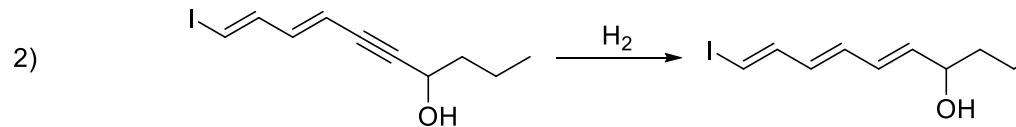
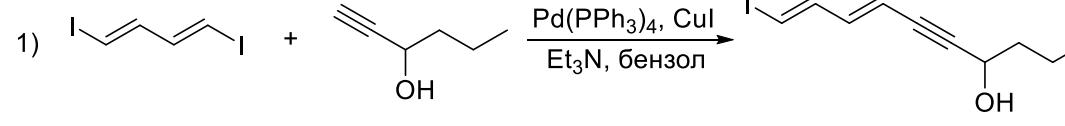
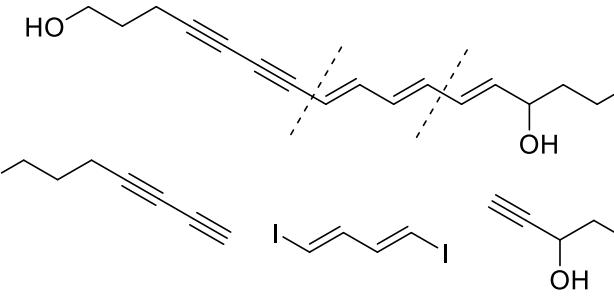
Вопрос 4

Исходя из строения цикутотоксина и общей схеме реакции Соногашира предложите самый простой подход для его **трехстадийного** получения. Учтите, что тройную связь всегда можно восстановить водородом не затрагивая двойную.



Вопрос 4

Для синтеза цикутотоксина разделим данную молекулу на составляющие ее фрагменты. В результате одного из вариантов разделения получим молекулы двух непредельных спиртов и иодзамещенный диен. Схема синтеза цикутотоксина представлена справа.



Задача 5



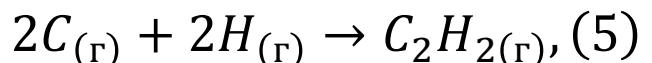
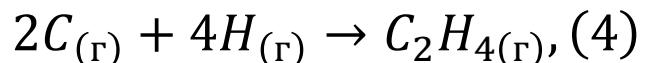
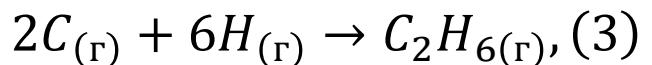
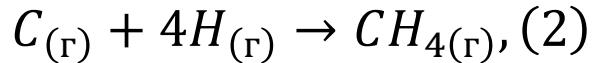
Вопрос 1

Запишите химические реакции образования углеводородов из атомарного углерода и водорода.



Вопрос 1

Химические реакции образования молекулярного водорода, метана, этиана, этилена и ацетилена из газообразного углерода и атомарного водорода:



Вопрос 2

Вычислите тепловые эффекты реакций из п.1.



Вопрос 2

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. Расчет по первому способу приводит к следующим результатам:

$$\Delta H_r^\circ = \sum_{\text{прод}} \Delta_f H_{298}^\circ - \sum_{\text{исходн}} \Delta_f H_{298}^\circ$$

$$\Delta H_1^\circ = 0 - 2 \cdot 218.0 = -436 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta H_2^\circ = -74.8 - 716.7 - 4 \cdot 218.0 = -1663.5 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta H_3^\circ = -84.7 - 2 \cdot 716.7 - 6 \cdot 218.0 = -2826.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta H_4^\circ = 52.3 - 2 \cdot 716.7 - 4 \cdot 218.0 = -2253.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$\Delta H_5^\circ = 226.8 - 2 \cdot 716.7 - 2 \cdot 218.0 = -1642.6 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$



Вопрос 3

Рассчитайте энергию указанных в задаче химических связей. При проведении расчетов примите, что энергия связи $C - H$ не зависит от гибридизации атома углерода.



Вопрос 3

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, $E_{\text{св}}(H - H) = 436 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

Тепловой эффект второй реакции можно представить как сумму четырех энергий связи $C - H$. Значит, $E_{\text{св}}(C - H) = \frac{1663.5}{4} = 416 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

Тепловой эффект третьей реакции можно представить как сумму энергии связи $C - C$ и 6 энергий связи $C - H$. В таком случае $E_{\text{св}}(C - C) = 2826.1 - 6 \cdot 416 = 330.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$

Тепловой эффект третьей и четвертой реакции можно выразить по аналогии с тепловым эффектом третьей реакции, что позволит оценить $E_{\text{св}}(C = C)$ и $E_{\text{св}}(C \equiv C)$:

$$E_{\text{св}}(C = C) = 2253.1 - 4 \cdot 416 = 589.1 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$E_{\text{св}}(C \equiv C) = 1642.6 - 2 \cdot 416 = 810.6 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

