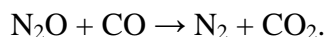


Решения заданий олимпиады по химии «Ломоносов»

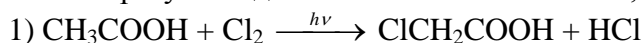
1. Один моль любого вещества содержит одинаковое число молекул. Молекула H_2O состоит из трех атомов, а молекула CO – из двух. Поэтому число атомов в моле воды будет больше числа атомов в моле угарного газа. **(2 балла)**

2. Ключ к решению – равенство молярных масс продуктов и реагентов. Известно несколько газов с молярной массой 28 г/моль, это CO , C_2H_4 , N_2 , B_2H_6 . Другая распространенная молярная масса – 44 г/моль, ей отвечают CO_2 , N_2O , C_3H_8 , CH_3CHO . Числа 44 и 28 отличаются на 16 – это атомная масса кислорода. Поэтому реакция между **А** и **Б** может сводиться к переходу кислорода от одного вещества к другому. Такие вещества среди перечисленных выше есть: это – N_2O (окислитель) и CO (восстановитель). Уравнение реакции:

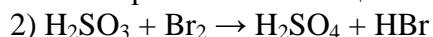


А – N_2O , **Б** – CO , **В** – CO_2 , **Г** – N_2 . **(2 балла)**

3. Можно привести достаточно много уравнений реакций, в результате которых из одной слабой кислоты образуются две более сильные кислоты, например:



Уксусная кислота – слабая, хлоруксусная кислота сильнее уксусной, а соляная кислота – одна из самых сильных. Данная реакция является реакцией замещения, в ней участвуют органические и неорганические вещества.



Сернистая кислота – слабая, образовавшиеся серная и бромоводородная кислоты – сильные. Это окислительно-восстановительная реакция, в которой участвуют только неорганические соединения. **(4 балла)**

4. Искомое соединение – Si_xH_y , в котором

$$x : y = \nu(\text{Si}) : \nu(\text{H}).$$

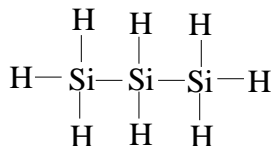
$$\nu(\text{Si}) = \frac{m}{M} = \frac{0.462}{28} = 0.0165 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{H}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.5378}{8.31 \cdot 298} = 0.022 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{H}) = \nu(\text{H}_2) \cdot 2 = 0.044 \text{ моль}.$$

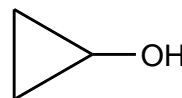
$$x : y = 0.0165 : 0.044 = 1 : 2.66 = 3 : 8.$$

Итак, искомое соединение – Si_3H_8 , трисилан, его структурная формула:

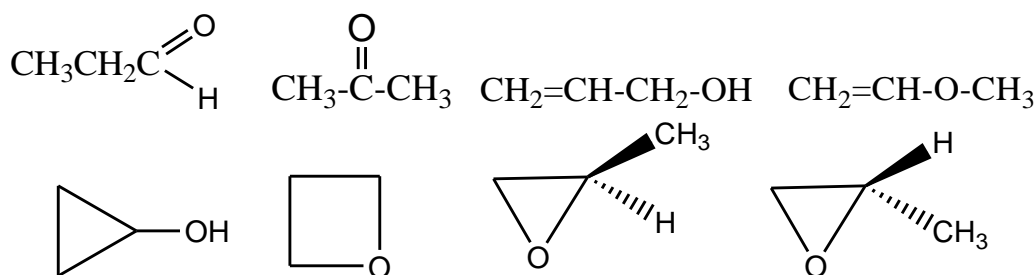


(4 балла)

5. а) Соединения, содержащие гидроксильные группы (например, спирты), способны образовывать межмолекулярные водородные связи:

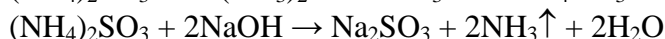
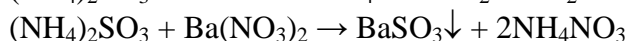
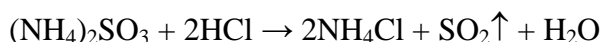


б) Соединения, содержащие полярную связь углерод-кислород, например, простые эфиры или карбонильные соединения, а также спирты, способны образовывать водородные связи с водой:



Циклический эфир 2-метилоксиран существует в виде двух оптических изомеров.
(5 баллов)

6. Одно из возможных решений – сульфит аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$:

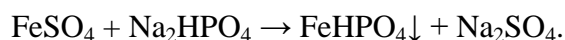


(4 балла)

7. Масса сульфата железа FeSO_4 , вступившего в реакцию, составляет

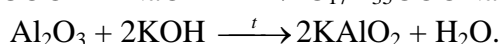
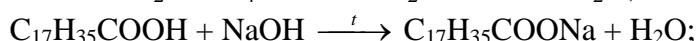
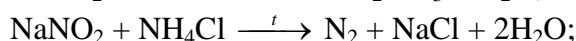
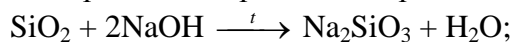
$$m(\text{FeSO}_4) = c \cdot V \cdot M = 0.1 \cdot 0.1 \cdot 152 = 1.52 \text{ г.}$$

Массы сульфата железа и соли, выпавшей в осадок, равны. Соль в осадке содержит либо катион железа и анион, масса которого равна массе сульфат-иона, либо анион SO_4^{2-} и катион металла, масса которого равна массе железа. Такой солью является гидрофосфат железа FeHPO_4 :



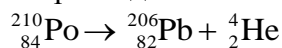
(5 баллов)

8. Эта задача имеет множество правильных решений. Приведем некоторые из них:



(4 балла)

9. Уравнение реакции радиоактивного распада:



За 138 дней ($T_{1/2}$ полония-210) распалась половина радионуклида. За следующие 138 дней от оставшейся половины радионуклида распалась также половина, т.е. в сумме распалось три четверти исходного количества полония, или $0.75v({}^{210}\text{Po})$. Найдем начальное количество полония:

$$v({}^{210}\text{Po}) = \frac{105 \cdot 10^{-6}}{210} = 0.5 \cdot 10^{-6} \text{ моль.}$$

Количества свинца и гелия, образовавшихся в результате распада, составляют

$$v(\text{He}) = v({}^{206}\text{Pb}) = 0.75 \cdot v({}^{210}\text{Po}) = 0.75 \cdot 0.5 \cdot 10^{-6} = 0.375 \cdot 10^{-6} \text{ моль.}$$

Тогда объем газа (гелия) равен

$$V(\text{He}) = 0.375 \cdot 10^{-6} \cdot 22.4 = 8.4 \cdot 10^{-6} \text{ л} = 8.4 \text{ мкл.}$$

Масса образовавшегося свинца:

$$m({}^{206}\text{Pb}) = 0.375 \cdot 10^{-6} \cdot 206 = 77.25 \cdot 10^{-6} \cdot \text{г} = 77.25 \text{ мкг. (8 баллов)}$$

10. В исходной смеси обозначим $\nu(\text{CH}_4) = x$, $\nu(\text{H}_2\text{O}) = y$.

Тогда количества атомов $\nu(\text{C}) = x$, $\nu(\text{H}) = 4x + 2y$. По условию,

$$7x = 4x + 2y$$

$$y = 1.5x.$$

Состав исходной смеси: 40% CH_4 , 60% H_2O .

Возьмем 1 моль CH_4 и 1.5 моль H_2O . Оксиды в конечной смеси – это CO и CO_2 , а простое вещество – H_2 . Введем обозначения:

$$\nu(\text{CO}) = a, \nu(\text{CO}_2) = b, \nu(\text{H}_2) = c$$

Воспользуемся законом сохранения массы:

$$\nu(\text{C}) = a + b = 1;$$

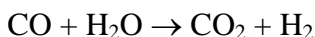
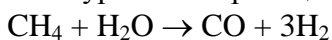
$$\nu(\text{O}) = a + 2b = 1.5;$$

$$\nu(\text{H}) = 2c = 7.$$

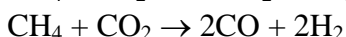
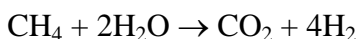
Получаем $a = b = 0.5$, $c = 3.5$.

Отсюда состав конечной смеси: 1/9 (11.1%) CO , 1/9 (11.1%) CO_2 , 7/9 (77.8%) H_2 .

Возможные уравнения реакций:



или



(8 баллов)

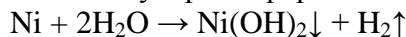
11. Процессы, происходящие на никелевых (активных) электродах:

Катод (–): $2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

$\text{Ni}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Ni}^0$ (идет одновременное выделение водорода и осаждение никеля);

Анод (+): $\text{Ni}^0 - 2e \rightarrow \text{Ni}^{2+}$ (идет растворение материала анода – никеля).

Уравнение реакции электролиза в молекулярной форме:



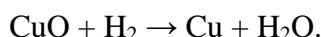
Идущие параллельно процессы растворения и выделения никеля можно не учитывать в расчетах, поскольку в результате не происходит изменения массы раствора, которая уменьшается только на массу прореагировавшей воды.

Пусть выделилось x моль водорода. Масса прореагировавшей воды равна

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 4.68 = 2x \cdot 18,$$

$$x = 0.13 \text{ моль.}$$

Реакция с оксидом меди:

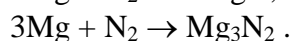
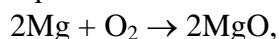


Масса оксида меди:

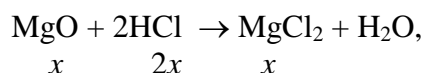
$$m(\text{CuO}) = 0.13 \cdot 80 = 10.4 \text{ г.}$$

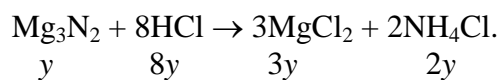
(8 баллов)

12. Если предположить, что продукт сгорания магния – это его оксид, то из 18 г (0.45 моль) оксида магния должно образоваться 26.1 г (0.45 моль) гидроксида магния, что не соответствует условию задачи. Так как воздух содержит в своем составе азот, то магний может реагировать не только с кислородом, но и с азотом:

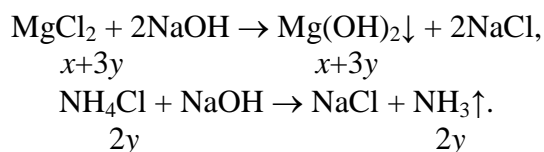


Пусть при сжигании образовалось x моль оксида магния и y моль нитрида магния. Запишем их реакции с соляной кислотой:





Реакция со щелочью:



Отсюда масса твердого продукта (оксида и нитрида магния):

$$40x + 100y = 18,$$

осадок – гидроксид магния, его масса:

$$58(x + 3y) = 29.$$

Решением системы уравнений:

$$\begin{cases} 40x + 100y = 18, \\ 58x + 174y = 29 \end{cases}$$

является $x = 0.2$, $y = 0.1$. Отсюда объем выделившегося газа (это аммиак) равен

$$V(\text{NH}_3) = 0.2 \cdot 22.4 = 4.48 \text{ л.}$$

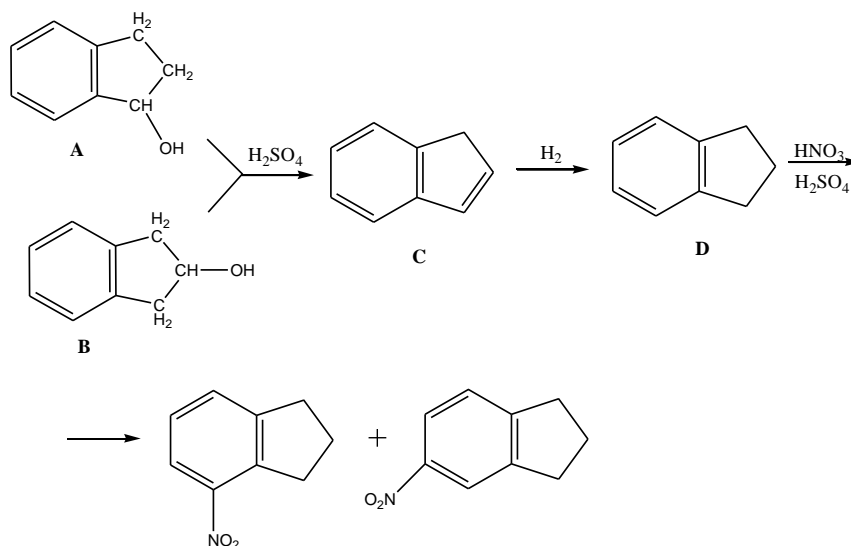
Рассчитаем объем раствора соляной кислоты:

$$v(\text{HCl}) = 1.2 \text{ моль,}$$

$$V(\text{HCl}) = \frac{v \cdot M}{C \cdot \rho} = \frac{1.2 \cdot 36.5}{0.1 \cdot 1.05} = 417.14 \text{ мл.}$$

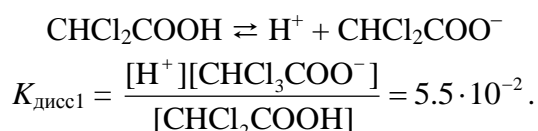
(10 баллов)

13. При дегидратации изомерных спиртов **A** и **B** образуется углеводород **C** состава C_9H_8 , который при гидрировании дает углеводород **D** состава C_9H_{10} . Так как при нитровании **D** образуется только два мононитропроизводных, а условия реакции – это условия нитрования в бензольное ядро, можно сделать вывод, что соединение **D** содержит два одинаковых заместителя в *орто*-положении. Условию задачи удовлетворяет только следующая схема:



(10 баллов)

14. Дихлоруксусная кислота более, чем в тысячу раз сильнее уксусной, и она практически подавляет диссоциацию уксусной кислоты (только очень малое количество уксусной кислоты диссоциирует на ионы). Концентрация ионов водорода в растворе будет определяться диссоциацией дихлоруксусной кислоты:



Обозначим равновесные концентрации

$$[\text{H}^+] = [\text{CHClCOO}^-] = x,$$

$$[\text{CHCl}_2\text{COOH}] = 1 - x.$$

Тогда получим квадратное уравнение

$$\frac{x^2}{1-x} = 5.5 \cdot 10^{-2},$$

положительный корень которого равен $x = 0.21$ моль/л. Значит, равновесная концентрация дихлорацетат-иона составляет

$$[\text{CHCl}_2\text{COO}^-] = 0.21 \text{ моль/л.}$$

Запишем выражение для константы диссоциации уксусной кислоты:

$$K_{\text{дисс2}} = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1.8 \cdot 10^{-5}.$$

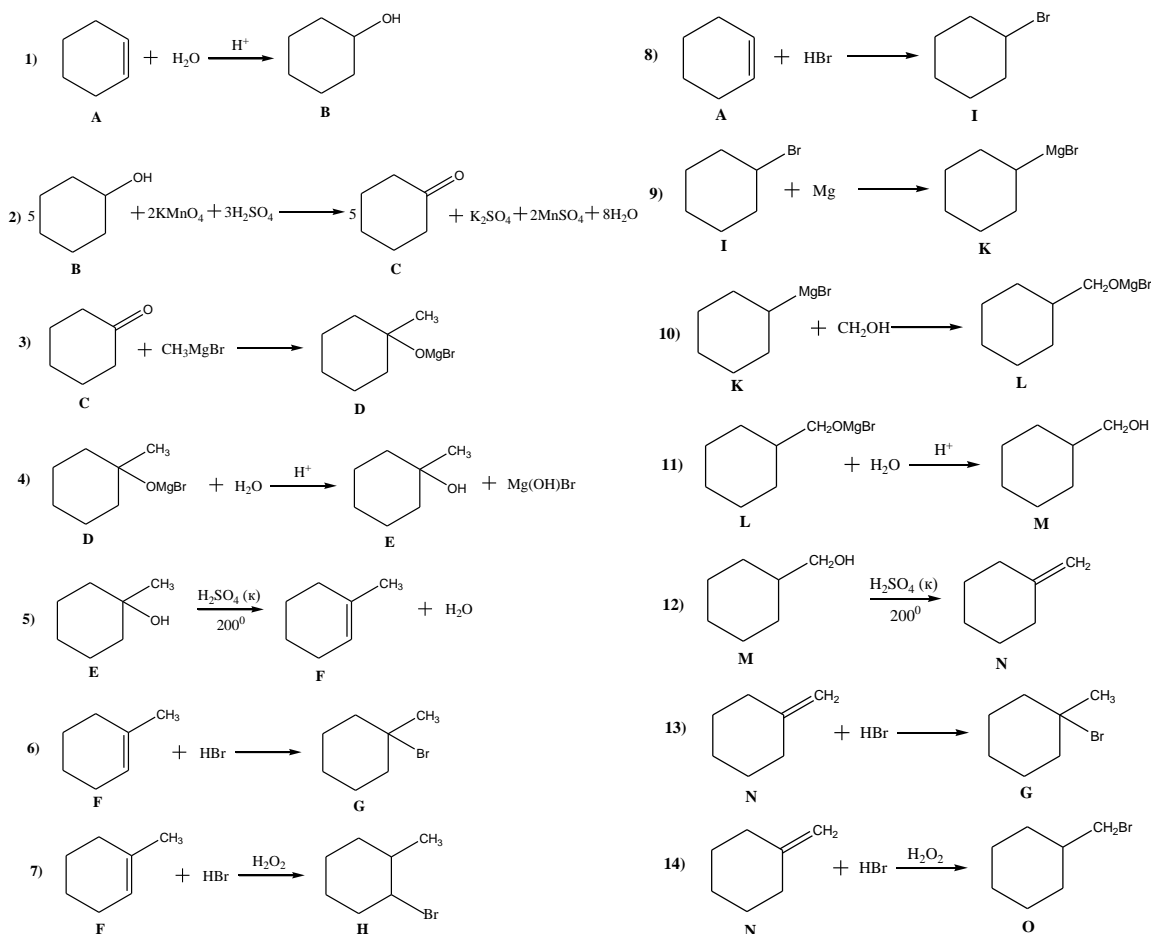
Обозначим концентрацию ацетат-ионов за y . Тогда

$$\frac{0.21 \cdot y}{1 - y} = 1.8 \cdot 10^{-5}.$$

Отсюда $y = 8.6 \cdot 10^{-5}$.

Значит, концентрация ацетат-иона в данном растворе составляет $8.6 \cdot 10^{-5}$ моль/л. **(12 баллов)**

15. Участники олимпиады предложили множество очень интересных и правильных вариантов решения этого задания. Один из возможных вариантов представлен нами ниже. Обращаем ваше внимание на то, что в условиях данной задачи сформулирована просьба представить именно уравнения всех реакций (не схему!).



(14 баллов, т.е. по 1 баллу за каждую правильную реакцию).