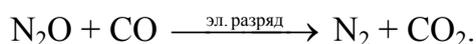


Решение задания заочного тура олимпиады «Ломоносов»

1. Один моль любого вещества содержит одинаковое число молекул, однако молекула воды H_2O состоит из трех атомов, а молекула угарного газа CO – из двух. Поэтому число атомов в 1 моль воды будет больше числа атомов в 1 моль угарного газа.

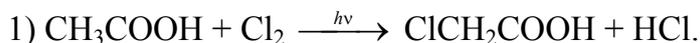
2. Ключ к решению – равенство молярных масс продуктов и реагентов. Известно несколько газов с молярной массой 28 г/моль – это CO , C_2H_4 , N_2 , B_2H_6 . Другая распространенная молярная масса – 44 г/моль, ей отвечают CO_2 , N_2O , C_3H_8 , CH_3CHO . Числа 44 и 28 отличаются на 16 – это атомная масса кислорода. Поэтому реакция между **A** и **B** 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:



Ответ: **A** – N_2O , **B** – CO , **C** – CO_2 , **D** – N_2 .

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



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 – сильные кислоты. Это окислительно-восстановительная реакция, в которой участвуют только неорганические соединения.

4. Пусть искомое соединение – Si_xH_y , тогда

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

По условию задачи количество образовавшихся кремния и водорода:

$$\begin{aligned} \nu(\text{Si}) &= \frac{m}{M} = \frac{0.462}{28} = 0.0165 \text{ моль}; \\ \nu(\text{H}_2) &= \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.5378}{8.31 \cdot 298} = 0.022 \text{ моль}. \end{aligned}$$

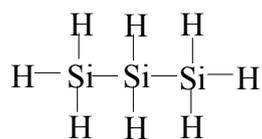
Количество атомов водорода:

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

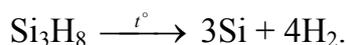
Следовательно,

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

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

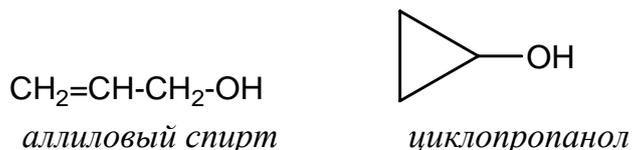


Уравнение термического разложения трисилана:

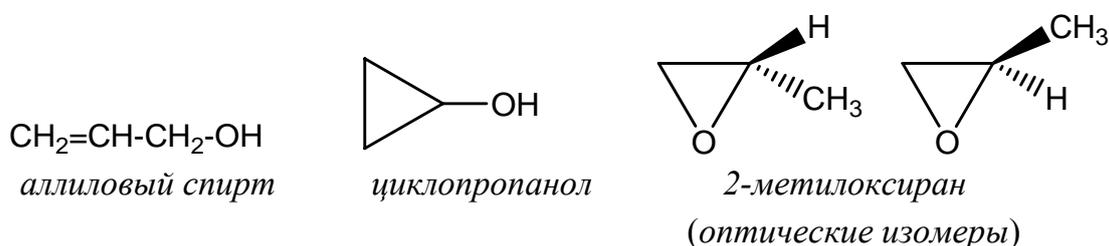
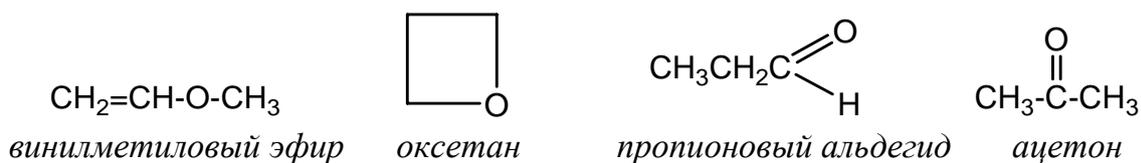


Ответ: Si_3H_8 .

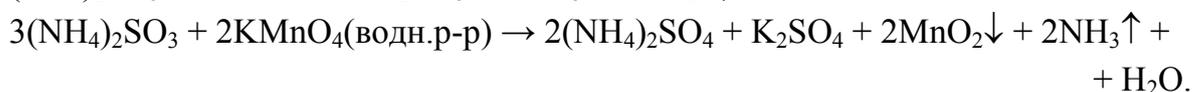
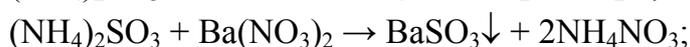
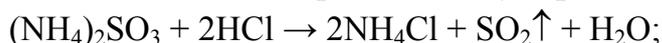
5. а) К соединениям, способным образовывать водородные связи без растворителя, относятся соединения, содержащие гидроксильные группы, например, спирты:



б) К соединениям, способным образовывать водородные связи с водой, относятся соединения, содержащие полярную связь С – О, например, простые эфиры и карбонильные соединения, а также спирты:



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

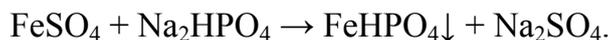


7. Масса сульфата железа FeSO_4 , вступившего в реакцию, составляет:

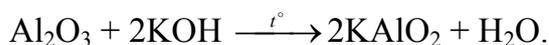
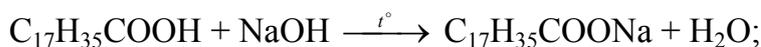
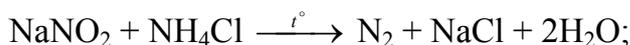
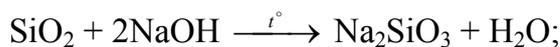
$$m(\text{FeSO}_4) = c \cdot V \cdot M = 0.1 \cdot 0.1 \cdot 152 = 1.52 \text{ г.}$$

Массы сульфата железа и соли, выпавшей в осадок, равны. Следовательно, 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 ,

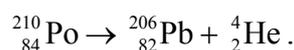
Уравнение реакции:



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



9. Уравнение реакции радиоактивного распада:



Из условия задачи рассчитаем начальное количество полония-210:

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

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 $0.75\nu({}^{210}\text{Po})$, что составляет:

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

По уравнению реакции количества свинца и гелия, образовавшиеся в результате распада, составляют по $0.375 \cdot 10^{-6}$ моль.

Отсюда 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:

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

Ответ: 8.4 мкл гелия; 77.25 мкг свинца.

10. Пусть в исходной смеси $\nu(\text{CH}_4) = x$ моль, $\nu(\text{H}_2\text{O}) = y$ моль. Тогда количества атомов углерода $\nu(\text{C}) = x$ моль, водорода $\nu(\text{H}) = (4x + 2y)$ моль.

Из условия задачи

$$\frac{\nu(\text{H})}{\nu(\text{C})} = \frac{4x + 2y}{x} = 7,$$

откуда $y = 1.5x$. Следовательно, состав исходной смеси: 40% CH_4 , 60% H_2O .

Оксиды в конечной смеси – это CO и CO_2 , а простое вещество – H_2 .

Возьмем 1 моль CH_4 и 1.5 моль H_2O . Обозначим $\nu(\text{CO}) = a$ моль, $\nu(\text{CO}_2) = b$ моль, $\nu(\text{H}_2) = c$ моль. Воспользовавшись законом сохранения массы веществ, рассчитаем число моль атомов С, О и Н в конечных продуктах:

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

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

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

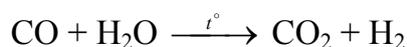
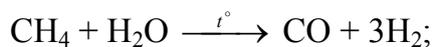
Получаем $a = b = 0.5$, $c = 3.5$, или $\nu(\text{CO}) = \nu(\text{CO}_2) = 1$ моль, $\nu(\text{H}_2) = 7$ моль.

Отсюда состав конечной смеси:

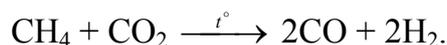
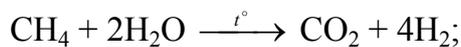
$$\varphi(\text{CO}) = \varphi(\text{CO}_2) = 1 / 9 = 0.111 \text{ (или 11.1\%);}$$

$$\varphi(\text{H}_2) = 7 / 9 = 0.778 \text{ (или 77.8\%).}$$

Уравнения возможных реакций:

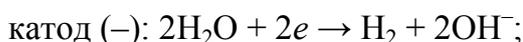


или

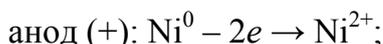


Ответ: в исходной смеси 40% CH_4 и 60% H_2O ; в конечной смеси 11.1% CO , 11.1% CO_2 и 77.8% H_2 .

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

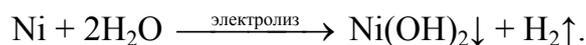


на катоде происходит одновременное выделение водорода и осаждение никеля;



идет растворение материала анода – никеля.

Суммарное уравнение электролиза в молекулярной форме:



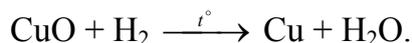
Идущие параллельно процессы растворения и выделения никеля можно не учитывать в расчетах, поскольку в результате не происходит изменения массы раствора, которая уменьшается только на массу прореагировавшей воды.

Пусть выделилось x моль водорода. Тогда масса прореагировавшей воды:

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

откуда $x = 0.13$ моль.

Реакция водорода с оксидом меди:



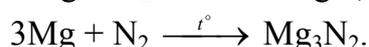
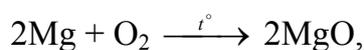
Масса оксида меди:

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

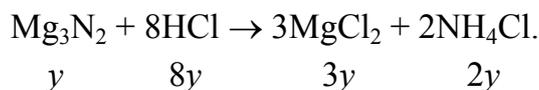
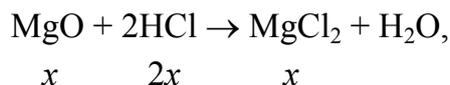
Ответ: 10.4 г CuO .

12. Если предположить, что продукт сгорания магния – его оксид, то из 18 г (0.45 моль) оксида магния после его растворения в соляной кислоте и добавления избытка гидроксида натрия должно образоваться 26.1 г (0.45 моль) гидроксида магния, что не соответствует условию задачи.

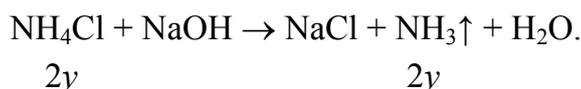
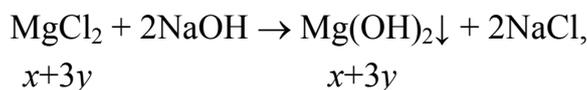
Так как воздух содержит в своем составе азот, магний может реагировать не только с кислородом, но и с азотом:



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



При добавлении щелочи протекают реакции:



Осадок – гидроксид магния, его масса по условию равна 29 г:

$$m(\text{Mg(OH)}_2) = 58(x + 3y) = 29 \text{ г.}$$

Масса твердого продукта сгорания по условию равна 18 г:

$$m(\text{MgO} + \text{Mg}_3\text{N}_2) = 40x + 100y = 18 \text{ г.}$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 58(x + 3y) = 29, \\ 40x + 100y = 18, \end{cases}$$

решением которой являются $x = 0.2$ моль, $y = 0.1$ моль.

Объем выделившегося газа (это аммиак) равен

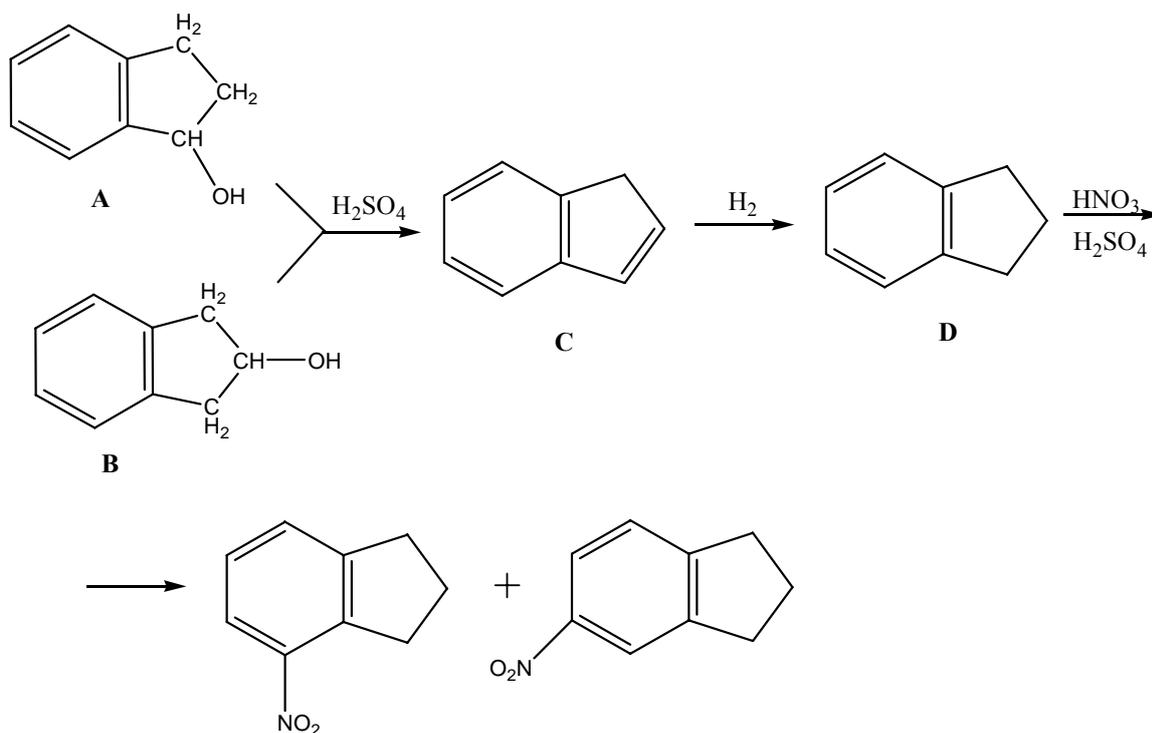
$$V(\text{NH}_3) = 0.2 \cdot 22.4 = 4.48 \text{ л.}$$

Для полного растворения твердого продукта сгорания (оксида и нитрида магния) потребовалось 1.2 моль HCl. Рассчитаем объем раствора соляной кислоты, содержащего это количество кислоты:

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

Ответ: 4.38 л; 417.14 мл.

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:



14. Дихлоруксусная кислота более чем на три порядка сильнее, 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:



$$K_d(\text{CHCl}_2\text{COOH}) = \frac{[\text{H}^+][\text{CHCl}_2\text{COO}^-]}{[\text{CHCl}_2\text{COOH}]} = 5.5 \cdot 10^{-2}.$$

Обозначим равновесные концентрации

$$[\text{H}^+] = [\text{CHCl}_2\text{COO}^-] = x, \quad [\text{CHCl}_2\text{COOH}] = 1 - x.$$

Тогда

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

Положительный корень этого квадратного уравнения $x = 0.21$. Значит, равновесные концентрации иона водорода и дихлорацетат-иона составляют по 0.21 моль/л.

Запишем выражение для константы диссоциации уксусной кислоты:

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

Обозначим концентрацию ацетат-ионов за y . Тогда

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

Отсюда $y = 8.6 \cdot 10^{-5}$. Следовательно, концентрация ацетат-иона в данном растворе составляет $8.6 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

Ответ: $8.6 \cdot 10^{-5}$ моль/л; 0.21 моль/л.

15. Участники олимпиады прислали множество правильных и очень интересных вариантов решения этого задания. Один из возможных вариантов приведен нами ниже. Обращаем ваше внимание на то, что в условии данной задачи сформулировано требование представить именно уравнения всех реакций, а не схемы!.

