

ПРАВИЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ

второго (заключительного) этапа Республиканской школьной олимпиады «Будущее Республики» по общеобразовательному предмету «Химия», проведенного 13 февраля 2021 г.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

Задача 1. Водородная экономика — это наше предполагаемое будущее, в котором водород будет использоваться в качестве топлива для водородных транспортных средств и получения тепла, а также для хранения энергии и ее транспортировки на большие расстояния. Принципиальной ключевой проблемой водородной экономики является масштабное производство водорода. Один из способов получения водорода – взаимодействие оксида углерода (II) с водяным паром при температуре 550 °С и давлении $1 \cdot 10^5$ Па.

1. Напишите уравнения реакций, которые лежат в основе современных методов промышленного получения водорода.

2. В настоящее время до 80 % получаемого водорода используется в производстве двух веществ. Укажите эти вещества и приведите уравнения реакции их синтеза.

3. Порошок неизвестного металла разделили на две равные части, одну из которых растворили в избытке концентрированного раствора гидроксида натрия, а другую – в избытке концентрированной хлороводородной кислоты. В результате полного протекания реакций выделилось разное количество водорода. Определите металл, напишите уравнения протекающих реакций.

4. При указанных условиях константа равновесия реакции взаимодействия оксида углерода (II) с водяным паром равна 5. Определите, какую массу воды необходимо добавить к 100 м^3 газовой смеси, содержащей (в об.%) 35% CO , 5% CO_2 , 35% H_2 и 5% H_2O , чтобы после реакции содержание CO в осушенном газе составляло 3%.

5. Для получения оксида углерода (II) в лаборатории можно использовать желтую кровяную соль. Приведите уравнение получения CO из этой соли.

Решение

1. $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ (конверсия метана при 1000 °С)

$\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$ (пропускание водяного пара через раскаленный уголь при 800 – 1000 °С)

$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$ (электролиз водных растворов солей)

$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ (электролиз воды/водных растворов щелочных металлов)

2. Аммиак и метанол

$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ (450 °С, 10 – 10 000 атм., kat = Fe)

$\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}$ (250 °С, 70 атм, kat = $\text{ZnO/Cr}_2\text{O}_3$)

3. Титан при растворении в концентрированном растворе щелочи переходит в степень окисления +4, а в хлороводородной кислоте - +3, поэтому при растворении равного количества металла выделяется разное количество водорода (1 балла за титан и по 2 балла за уравнения, всего 5 баллов):

1. Расшифруйте молекулярную формулу I, если для него $w_C = 66.67\%$, а $D_{H_2} = 36$.

2. Установите структурные формулы I, II, A–K, если I дает реакцию серебряного зеркала и содержит неразветвленный углеродный скелет.

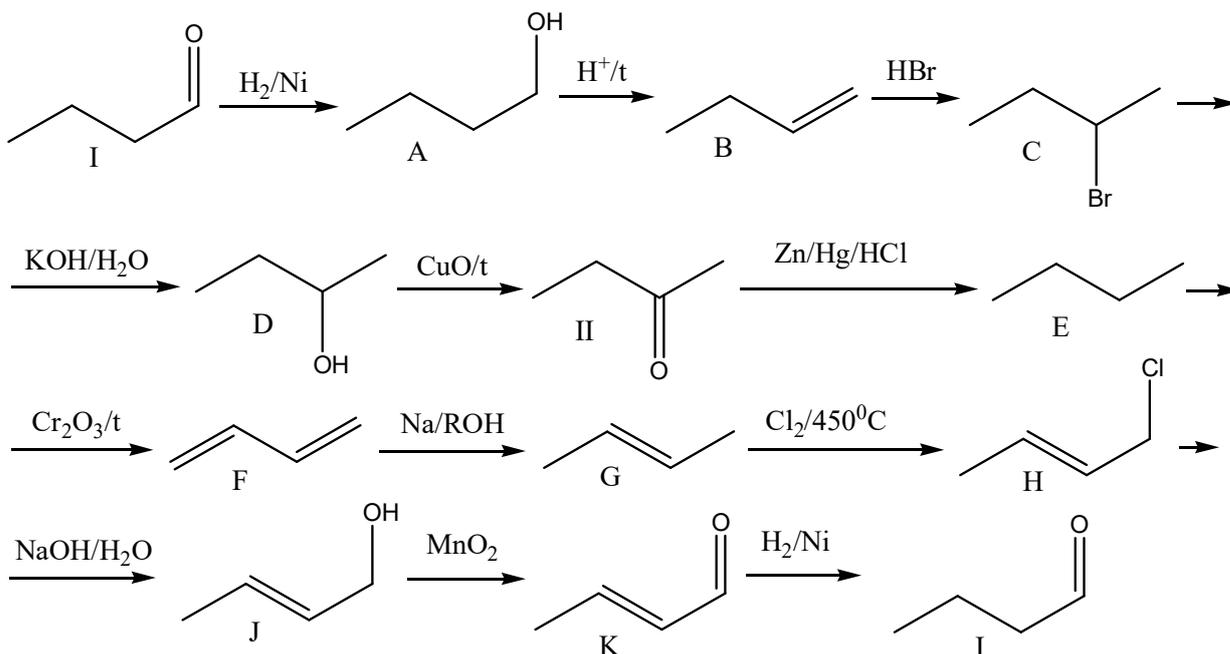
3. Приведите качественную реакцию на II.

4. Укажите, какой второй изомерный продукт образуется на стадии получения H.

Решение

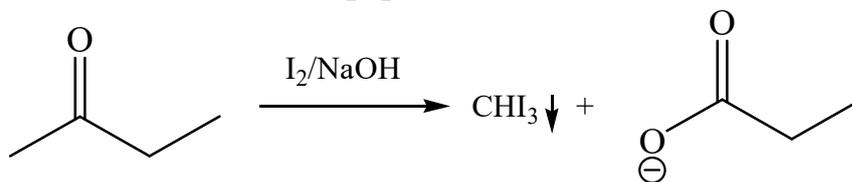
1. Для I $M = 36 \cdot 2 = 72$; $x = 72 \cdot 0.6667 / 12 = 4$; $y = 72 - 12 \cdot 4 - 16 = 8$; C_4H_8O (2 балла).

2.



12 структур по 1,5 балла, всего 18 баллов.

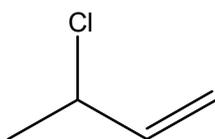
3. Качественная реакция на II (метилкетон) – иодоформная проба (выделяется желтый осадок иодоформа) (2.5 балла):



4. Реакция Львова замещения в аллильное положение протекает через генерирование аллильного радикала, строение которого можно описать двумя резонансными структурами:



Соответственно, вторым изомерным продуктом реакции будет 3-хлорбутен-1 (2.5 балла):



Задача 3. Характерной особенностью многих солей является их термическое разложение. При нагревании красно-фиолетовых кристаллов безводной средней соли **X** выделяется газообразное простое вещество **Y**.

1. Приведите уравнение реакции разложения соли **X**, если она содержит 39.39 % калия и 32.32% кислорода.

2. Рассчитайте объем газа (25 °С, $1.2 \cdot 10^5$ Па), который выделится при растворении 39.60 г соли **X** в 167.00 см³ 32.00 %-го раствора ($\rho = 1.16$ г/см³) хлороводородной кислоты.

3. Объясните: а) почему хлороводородная кислота в отличие плавиковой не способна образовывать кислые соли; б) почему H_3BO_3 , подобно HCl , в водном растворе является одноосновной кислотой. Приведите уравнение диссоциации H_3BO_3 в водном растворе.

4. Укажите, какие степени окисления способны проявлять в сложных соединениях атомы, входящие в состав **Y**. Напишите названия и химические формулы таких сложных соединений.

5. Приведите уравнения реакций термического разложения следующих солей: гидросульфат калия, дисульфат натрия, гидрокарбонат калия, азид бария, нитрат рубидия, гидрофосфат натрия, нитрит аммония, хлорат калия.

Решение

$$1. \omega(Z) = 100 - \omega(K) - \omega(O) = 100 - 39.39 - 32.32 = 28.29\%$$

$$K : Z : O = \frac{\omega(K)}{A_r(K)} : \frac{\omega(Z)}{A_r(Z)} : \frac{\omega(O)}{A_r(O)} = \frac{39.39}{39} : \frac{28.29}{A_r(Z)} : \frac{32.32}{32} = 1.01 : \frac{28.29}{A_r(Z)} : 2.02 =$$

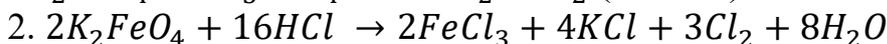
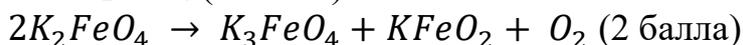
$$1 : \frac{28.00}{A_r(Z)} : 2$$

$$1:1:2 \quad A_r(Z) = 28 \text{ г/моль (Si) } \text{KSiO}_2 - \text{не подходит;}$$

$$1:2:2 \quad A_r(Z) = 14 \text{ г/моль (N) } \text{KN}_2\text{O}_2 - \text{не подходит;}$$

$$1:0.5:2 = 2:1:4 \quad A_r(Z) = 56 \text{ г/моль (Fe) } \text{K}_2\text{FeO}_4 - \text{подходит}$$

$$X = \text{K}_2\text{FeO}_4 \text{ (2 балла)}$$



$$v = \frac{m}{M} \quad v(\text{K}_2\text{FeO}_4) = \frac{39.60}{198} = 0.2 \text{ моль}$$

$$m = V \cdot \rho \quad m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) = 167.00 \cdot 1.16 = 193.72 \text{ г.}$$

$$\omega = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\% \quad m_{\text{в-ва}} = \frac{m_{\text{р-ра}} \cdot \omega}{100\%} \quad m_{\text{в-ва}}(\text{HCl}) = \frac{193.72 \cdot 32}{100} = 61.99 \text{ г}$$

$$v(\text{HCl}) = \frac{61.99}{36.5} = 1.7 \text{ моль (в избытке)}$$

$$v(\text{Cl}_2) = \frac{3}{2} v(\text{K}_2\text{FeO}_4) = \frac{3}{2} \cdot 0.2 = 0.3 \text{ моль}$$

$$PV = \nu RT \quad V = \frac{\nu RT}{P} = \frac{0.3 \cdot 8.31 \cdot (25 + 273)}{120} = 6.19 \text{ л}$$

(5 баллов)

3. а) в плавиковой кислоте между молекулами HF действуют сильные водородные связи, которые определяют возможность образования

кислых солей, например, KNF_2 или KN_2F_3 . В соляной кислоте таких связей между молекулами HCl нет, поэтому она не способна образовывать кислые соли (2 балла); б) на внешнем уровне атом бора имеет три электрона и четыре орбитали, поэтому соединения бора стремятся взаимодействовать с атомами, содержащими неподеленную пару электронов. Исходя из этого, в отличие от других кислот, диссоциация ортоборной кислоты протекает принципиально иначе (2 балла): $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + [\text{B}(\text{OH})_4]^-$ (1 балл), т.е. происходит не отщепление протона от молекулы кислоты, а присоединение гидроксильной группы к ней (неподеленная пара электронов атома кислорода гидроксильной группы взаимодействует со свободной орбиталью атома бора).

4. (-2) H_2O вода или любые другие соединения, в которых кислород находится в сданной степени окисления;

(-1) H_2O_2 – пероксид водорода или любые другие соединения, содержащие группу O_2^{2-} ;

$(-\frac{1}{2})$ KO_2 – супероксид (надпероксид) калия или любые другие соединения, содержащие группу O_2^- ;

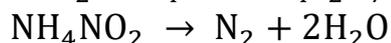
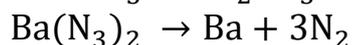
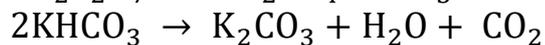
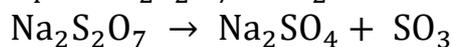
$(-\frac{1}{3})$ KO_3 – озонид калия или любые другие соединения, содержащие группу O_3^- ;

$(+\frac{1}{2})$ O_2PtF_6 – диоксигенил гексафтороплатинат или или любые другие соединения, содержащие группу O_2^+ ;

(+2) OF_2 – фторид кислорода.

Всего 3 балла

5. $2\text{KHSO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$

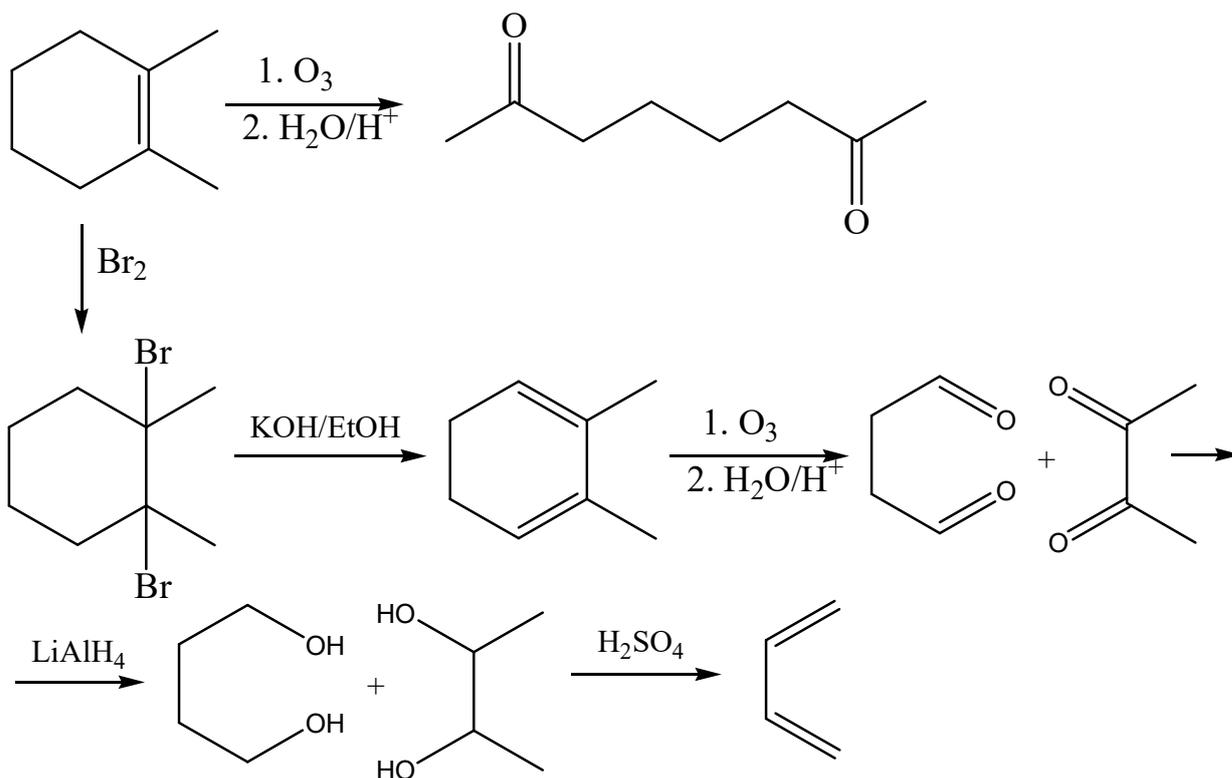


Всего 8 баллов за уравнения.

Задача 4. Углеводород состава C_8H_{14} при озонлизе и дальнейшем гидролизе превращается в дикетон $\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}_2$. При бромировании в растворе исходного углеводорода с последующим дегидробромированием спиртовым раствором щелочи образуется углеводород C_8H_{12} , озонлиз и дальнейший гидролиз которого дает смесь (1:1) изомерных дикетона и диальдегида состава $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$. После восстановления этой смеси LiAlH_4 ее нагрели с $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц})}$, получив только один продукт C_4H_6 .

Установите структурные формулы всех зашифрованных соединений и напишите схемы реакций.

Решение



Структура исходного углеводорода – 3 балла, остальные структуры – по 2,75 балла. Всего 25 баллов.