

Комитет образования и науки Курской области
Задания для муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по химии в
2017/2018 учебном году
11 класс

Задание 11-1. (9 баллов)

10,1 г соли, образованной одновалентным металлом и одноосновной кислотой элемента V группы, полностью диссоциируют с образованием 12×10^{22} ионов. Определите формулу соли.

Решение

1. Уравнение диссоциации: $MeAn = Me^+ + An^-$ **1 балл**

2. Находим молярную массу соли:

а) $N(MeAn) = N(Me^+ + An^-)/2 = 12 \times 10^{22}/2 = 6 \times 10^{22}$ **1 балл**

б) $v(MeAn) = 6 \times 10^{22}/6 \times 10^{23} = 0,1$ моль **1 балл**

в) $M(MeAn) = 10,1/0,1 = 101$ г/моль **1 балл**

3. Определяем формулу соли:

а) элементы V группы образуют одноосновные кислоты HEO_2 и HEO_3 , им соответствуют соли $MeEO_2$ и $MeEO_3$ **1 балл**

б) $A_{Me} + A_{Э} + 32 = 101 \rightarrow A_{Me} + A_{Э} = 69$ **1 балл**

элементы V группы азот ($A = 14$ г/моль), фосфор (31), мышьяк (75), тогда Me должен иметь $A = 55$ или $A = 38$ — таких металлов, образующих одновалентные катионы, нет

в) $A_{Me} + A_{Э} + 48 = 101 \rightarrow A_{Me} + A_{Э} = 53$ **1 балл**

Если $Э = N$, то $Me = K$, соль KNO_3 .

Если $Э = P$, то решения нет. **1 балл**

Итого 9 баллов

Задание 11-2. (3 балла)

Рассчитайте энтальпию реакции образования сульфата цинка из простых веществ при $T = 298$ К на основании следующих данных:

(1) $ZnS = Zn + S$ $\Delta H_1 = 200,5$ кДж/моль

(2) $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$ $\Delta H_2 = -893,5$ кДж/моль

(3) $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ $\Delta H_3 = -198,2$ кДж/моль

(4) $ZnSO_4 = ZnO + SO_3$ $\Delta H_4 = 235,0$ кДж/моль

Решение.

1. Реакция образования сульфата цинка из простых веществ:



2. Для того, чтобы получить реакцию (5), необходимо:

- уравнение (1) умножить на (-1),
- уравнение (2) умножить на $\frac{1}{2}$
- уравнение (3) умножить на $\frac{1}{2}$
- уравнение (4) умножить на (-1)
- сложить все получившиеся выражения. **5 баллов**

3. Соответственно, $\Delta H_5 = (-1) \cdot \Delta H_1 + (\frac{1}{2}) \cdot \Delta H_2 + (\frac{1}{2}) \cdot \Delta H_3 + (-1) \cdot \Delta H_4 = -200,5 - 446,75 - 99,1 - 235,0 = -981,35$ кДж/моль. **1 балл**

Ответ: энтальпия образования сульфата цинка = $-981,35$ кДж/моль.

Итого 7 баллов

Задание 11-3. (8 баллов)

Какой объем раствора азотной кислоты ($\omega(\text{HNO}_3)=70,00\%$; $\rho=1,413$ г/мл) следует добавить к 10 г олеума ($\omega(\text{SO}_3)=30,00\%$), чтобы массовая доля серной кислоты стала в 2 раза больше массовой доли азотной кислоты в полученном растворе?

Решение

10 г олеума содержат $m(\text{SO}_3)=3,00$ г и $m(\text{H}_2\text{SO}_4)=7,00$ г **1 балл**

Следовательно, количество $n(\text{SO}_3)=3,00/80=0,0375$ моль **1 балл**

Т.к. $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ то количество серной кислоты по уравнению реакции 0,0375 моль и масса равна $m(\text{H}_2\text{SO}_4)=98 \times 0,0375=3,675$ г

$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{общ.}}=7,00+3,675=10,675$ г **2 балла**

пусть объем раствора азотной кислоты равен V мл,

тогда $m(\text{HNO}_3)=(1,413 \cdot V \cdot 0,7)$ г **1 балл**

$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) / \omega(\text{HNO}_3) = 2$; $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) / \omega(\text{HNO}_3) = 10,675 / (1,413 \cdot V \cdot 0,7)$ **2 балла**

откуда $V(\text{HNO}_3 \text{ р-ра}) = 5,4$ мл **1 балл**

Итого 8 баллов

Задание 11-4. (9 баллов)

При нагревании 1,000 грамма некоторой соли образуется три оксида: твердый (0,878 г), жидкий (0,0354 г) и газообразный (0,0866 г) (агрегатное состояние приведено для 25 °С и 1 атм). С помощью расчетов определите формулу соли и напишите реакцию ее разложения.

Решение

Наиболее вероятным жидким оксидом является вода. **1 балл**

Исходя из этого, определим молярную массу газообразного оксида:

$0,0866 / (0,0354 / 18) = 44$. Наиболее вероятный оксид с такой массой – CO_2 . **3 балла**

Тогда первоначальная соль является основным карбонатом тяжелого металла, разлагающимся по уравнению:

$(\text{MeOH})_2\text{CO}_3 = 2\text{MeO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (для двухвалентного металла). **1 балл**

Определим молярную массу оксида металла: $0,878 / (0,0354 / 18) = 446,4 \times n$. В случае двухвалентного металла n (соотношение между коэффициентами перед водой и оксидом металла в уравнении разложения соли) составляет 0,5.

Получаем молярную массу оксида металла 223,2, которая соответствует PbO . **3 балла**

Уравнение разложения: $(\text{PbOH})_2\text{CO}_3 = 2\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ **1 балл**

Итого: 9 баллов

Задание 11-5. (8 баллов)

Через последовательно соединенные электролизеры с инертными электродами пропускают электрический ток. Раствор в первом электролизере содержит 1 моль хлорида бария и 1 моль нитрата бария, а во втором – 2 моль сульфита калия. Электролиз прекратили, когда проба раствора из первого электролизера перестала давать осадок с раствором нитрата серебра. Определите состав и массу осадка выпавшего при смешении полученных растворов.

Решение

В электролизерах проходят реакции:

$\text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ **1 балл**

$\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2$ **1 балл**

Поскольку электролизеры соединены последовательно, через них протекает одинаковое количество электричества. Когда проба раствора из первого электролизера перестала давать осадок с раствором нитрата серебра, в нем израсходовался весь BaCl_2 , на электролиз которого пошло 2 моль электронов ($2\text{Cl}^- + 2e = \text{Cl}_2$). Те же 2 моль электронов окислили 1 моль K_2SO_3 в сульфат во втором электролизере (можно представить как $\text{SO}_3^{2-} - 2e = \text{SO}_3$, затем $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$). **2 балла**

Таким образом, к окончанию электролиза в первом электролизере находится

1 моль $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и 1 моль $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, **1 балл**

а во втором – 1 моль K_2SO_4 и 1 моль K_2SO_3 . **1 балл**

При смешении растворов выпадают осадки

1 моль (217 г, 48 %) BaSO_3 и 1 моль BaSO_4 (233 г, 52 %) **2 балла**

Итого 8 баллов

Задание 11-6. (8 баллов)

При жестком окислении оптически активного спирта "А" образуется две органические кислоты, а при мягком окислении - вещество "Б" состава $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$, не восстанавливающее фелингову жидкость. "Б" реагирует с гидросиламином с образованием соединения "В", которое при восстановлении превращается в "Г", имеющее состав $\text{C}_5\text{H}_{13}\text{N}$. Реакция "Г" с азотистой кислотой приводит к спирту "Д" того же состава, что и спирт "А".

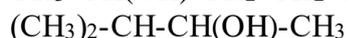
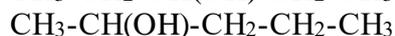
1. Определите структуру исходного спирта "А".

2. Напишите схемы протекающих реакций.

3. Укажите, чем различаются исходный спирт "А" и конечный спирт "Д".

Решение

При мягком окислении спиртов образуется либо альдегид, либо кетон. Поскольку вещество "Б" содержит один атом кислорода и не восстанавливает фелингову жидкость, это кетон, а исходный спирт один из изомеров вторичного амилового (пентилового) спирта: **1 балл**



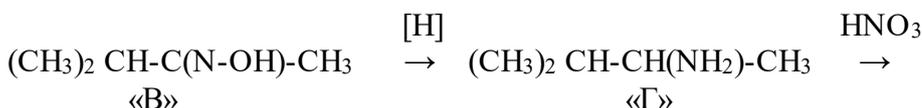
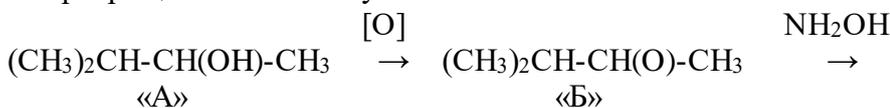
1 балл

Из этих трех спиртов оптически активным и образующим две органические кислоты при глубоком окислении является только третий - 3-метилбутан-2-ол.



1 балл

2. Превращения 3-метилбутан-2-ола :

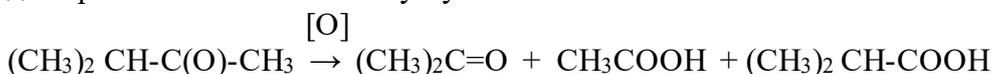


«Д»

4 балла

При жестком окислении кетона "Б" образуются только две органические кислоты - уксусная и изомасляная:

1 балл

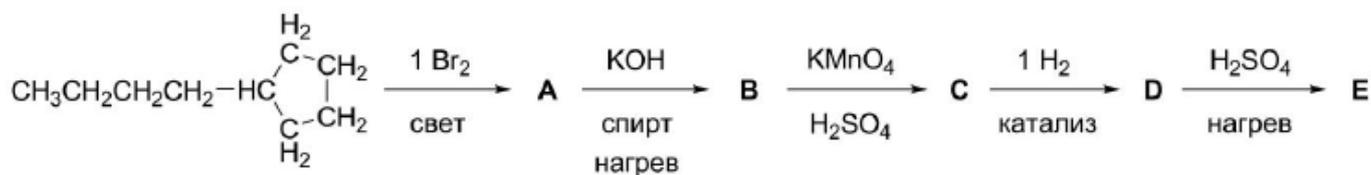


3. В отличие от оптически активного исходного спирта "А" конечный продукт спирт "Д" не обладает оптической активностью, а является рацематом. **2 балла**

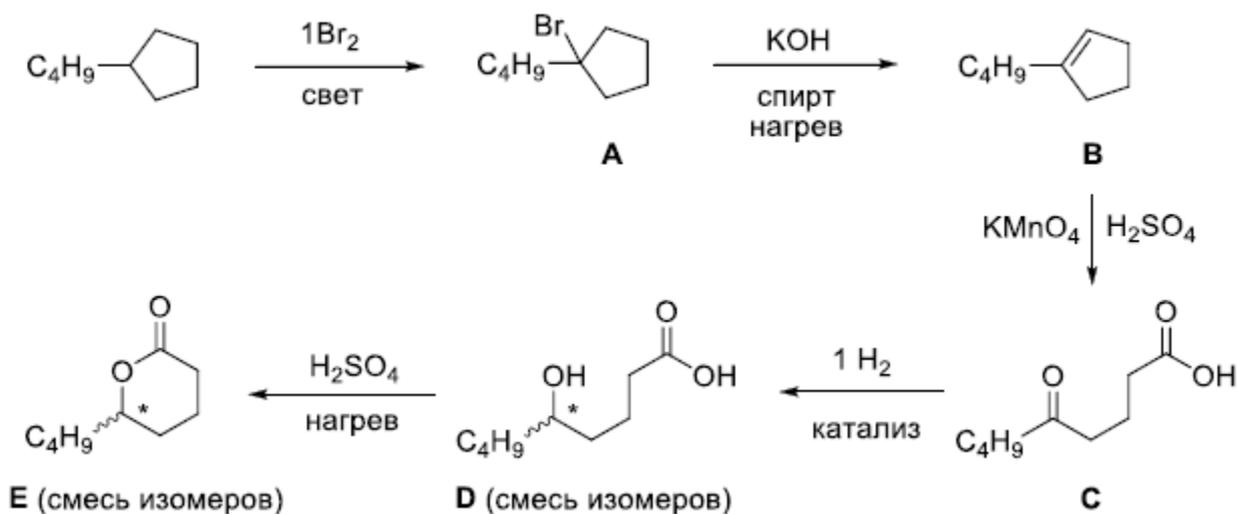
Итого 10 баллов

Задание 11-7. (10 баллов)

Гетероциклическое соединение **Е** состава $C_9H_{16}O_2$ обладает сладковатым фруктовым запахом и часто используется в качестве пищевой добавки. Его можно синтезировать по следующей схеме:



Расшифруйте схему превращений и напишите структуры веществ **А–Е**.

Решение

За каждую реакцию по 2 балла

Итого 10 баллов