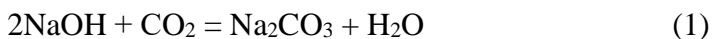


11 класс

Задача 1

Один из газов, образующийся при дегидратации кислот в присутствии серной кислоты – углекислый. На это указывает его взаимодействие со щелочью.

Уравнения реакций:



Так как при реакции со щелочью образуется средняя минеральная соль, можно предположить, что это реакция (1).

Масса $m(\text{NaOH}) = 15 \cdot 0,1 = 1,5$ г, $n(\text{NaOH}) = 1,5/40 = 0,0375$ моль, следовательно, $n(\text{CO}_2) = 0,01875$ моль.

В реакции (2)



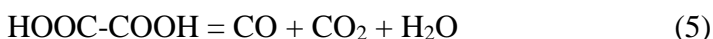
газом является только хлор, значит можно установить молярную массу **X**, в котором, очевидно, есть углерод, кислород и хлор.

$M(\mathbf{X}) = 16/0,1616 = 99$ г/моль, что соответствует фосгену COCl_2 , отсюда делаем вывод, что другой газ, образовавшийся при разложении кислот - это угарный газ CO , уравнение (3):



Находим $n(\text{CO}) = n(\text{MnO}_2) = 3,48/87 = 0,04$ моль, тогда $n(\text{CO}) = 0,04$ моль.

Известно, что после разложения кислот выделилось 0,04 моль CO и 0,01875 моль CO_2 . Количество угарного газа больше, чем углекислого, такое может происходить при разложении смеси муравьиной и щавелевой кислот (уравнения 4 и 5):



Подтвердим расчетом.

Так как $n(\text{CO}_2) = 0,01875$ моль, значит и $n(\text{HOOC-COOH}) = 0,01875$ моль,

тогда масса $m(\text{HOOC-COOH}) = 0,01875 \cdot 90 = 1,6875$ г.

Количество угарного газа, образовавшегося при разложении муравьиной кислоты, равно $n(\text{CO}) = 0,04 - 0,01875 = 0,02125$ моль, значит масса муравьиной кислоты равна $m(\text{HCOOH}) = 0,02125 \cdot 46 = 0,9775$ г, общая масса кислот равна $m(\text{общ}) = 1,6875 + 0,9775 = 2,665$ г, что совпадает с условиями задачи. **A** – муравьиная кислота, **B** – щавелевая кислота.

Критерии оценивания

Уравнения реакций – по 2 балла, всего **10 баллов**.

Расчет молярной массы **X** – **1 балл**.

Расчет количеств углекислого и угарного газов – по 2 балла, всего **4 балла**.

Расчет масс карбоновых кислот – по 2 балла, всего **4 балла**.

Если просто указаны формулы (или названия) кислот без расчета и без уравнений реакций разложения – по 1 б за формулу каждой кислоты.

Тривиальные названия кислот – по 1 баллу, всего **2 балла**. **Итого 21 балл**

Задача 2

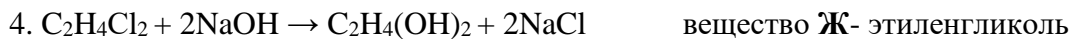
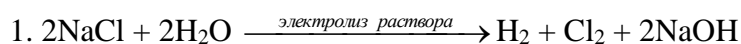
Газы, которые образуются при электролизе растворов, это обычно – водород на катоде и галоген или кислород на аноде. Если принять, что **Б** – водород, то газ **В** имеет молярную массу $2 \cdot 35,5 = 71$ г/моль, что соответствует хлору. Следовательно **А** – хлорид, а **Г** – гидроксид какого-то металла. Расшифруем этот металл.

Пусть степень окисления металла равна +1, тогда формула гидроксида в общем виде MeOH. $\omega(H) = \frac{M(H)}{M(MeOH)}$; $M(MeOH) = 1/0,025 = 40$ г/моль,

следовательно $M(Me) = 40 - 17 = 23$ г/моль, это натрий.

Вещество **А** – NaCl (хлорид натрия), **Г** – NaOH (гидроксид натрия).

Уравнения реакций:



Вещество **Д** – этен используется как мономер для получения полиэтилена;

вещество **Е** – 1,2-дихлорэтан – как растворитель;

вещество **Ж** – этиленгликоль – как антифриз.

Критерии оценивания

Определение натрия в составе гидроксида расчетом – **2 балла**.

Уравнения реакций 1 – 4 – по 2 балла, всего **8 баллов**.

Названия веществ **А-Ж** – по 1 баллу, всего **7 баллов**.

Применение веществ **Д, Е, Ж** – по 1 баллу, всего **3 балла**.

Итого 20 баллов

Задача 3

Соли никеля имеют зеленую окраску в растворе. Зеленый раствор – это хлорид никеля. Никель стоит в ряду напряжений до водорода, растворяется в соляной кислоте:



$$v(\text{NiS}) = 0,0617/91 = 0,000678 \text{ моль.}$$

$$v(\text{Ni}) = v(\text{NiS}) = 0,000678 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Ni}) = v(\text{Ni}) \cdot M(\text{Ni}) = 0,000678 \cdot 59 = 0,04 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{Ni}) = m(\text{Ni})/m(\text{сплава}) = 0,04/0,20 = 0,2 \text{ (20\%)}$$

Поскольку один из металлов, входящих в состав сплава, не растворяется в соляной кислоте, но растворяется в азотной, можно сделать вывод, что он стоит в ряду напряжений после водорода. Это может быть медь, серебро или их смесь. Золото и платину отбрасываем, т.к. они не растворяются в азотной кислоте. Ртуть также отбрасываем, т.к. она летуча и не используется для изготовления монет. Т.к. при растворении металлического осадка в азотной кислоте образовался голубой раствор, то металл – либо медь, либо смесь меди и серебра (т.к. соли меди в растворе имеют голубую окраску, а соли серебра бесцветны). Предположим, что в состав сплава входят только никель и медь. Проверим расчетом.

Уравнение реакции растворения меди в азотной кислоте:



При прокаливании нитрата меди образуется черный порошок оксида меди (II):



$$v(\text{Cu}) = m(\text{Cu})/M(\text{Cu}) = 0,16/64 = 0,0025 \text{ моль.}$$

$$v(\text{CuO}) = v(\text{Cu}) = 0,0025 \text{ моль.}$$

$$m(\text{CuO}) = v(\text{CuO}) \cdot M(\text{CuO}) = 0,0025 \cdot 80 = 0,2 \text{ г. Это соответствует условию задачи.}$$

Таким образом, сплав состоит из меди и никеля.

Массовая доля меди в монетном сплаве:

$$\omega(\text{Cu}) = 100 - 20 = 80\%.$$

Итак, состав сплава: 80% меди, 20% никеля.

Допускаются другие способы решения.

Критерии оценивания

Уравнения реакций (1) - (4) – по 2 балла, всего **8 баллов**.

Указание на то, что металл, растворившийся в соляной кислоте, стоит до водорода - 1 балл, а металл, не растворившийся в соляной, но растворившейся в азотной кислоте, стоит после водорода – 1 балл, всего **2 балла**.

Голубой цвет раствора указывает на ионы меди, а зеленый – на ионы никеля – по 1 баллу, всего **2 балла**.

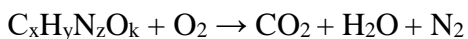
Вычисление молярной массы меди и никеля – по 3 балла, всего **6 баллов**.

Вычисление массовой доли меди и никеля в сплаве – по 1 баллу, всего **2 балла**.

Итого 20 баллов

Задача 4

Схема реакции горения **A** в общем виде:



$$v(CO_2) = V/V_M = 6,72/22,4 = 0,3 \text{ моль. } v(C) = v(CO_2) = 0,3 \text{ моль.}$$

$$v(H_2O) = m/M = 2,25/18 = 0,125 \text{ моль. } v(H) = 2v(H_2O) = 0,25 \text{ моль.}$$

$$v(N_2) = V/V_M = 0,56/22,4 = 0,025 \text{ моль. } v(N) = 2v(N_2) = 0,05 \text{ моль.}$$

Определим, содержится ли кислород в веществе **A**. Для этого найдем массы углерода, водорода, азота, сложим их и сравним результат с массой вещества **A**, взятого для сжигания:

$$m(C) = v \cdot M = 0,3 \cdot 12 = 3,6 \text{ г; } m(H) = v \cdot M = 0,25 \cdot 1 = 0,25 \text{ г; } m(N) = v \cdot M = 0,05 \cdot 14 = 0,7 \text{ г.}$$

$$m(C) + m(H) + m(N) = 3,6 + 0,25 + 0,7 = 4,55 \text{ г.}$$

Сумма масс элементов меньше массы вещества **A**, следовательно, в состав **A** входит кислород:

$$m(O) = m(A) - (m(C) + m(H) + m(N)) = 6,15 - 4,55 = 1,6 \text{ г; } v(O) = 1,6/16 = 0,1 \text{ моль.}$$

Соотношение количеств элементов, входящих в состав **A**

$$x : y : z : k = v(C) : v(H) : v(N) : v(O) = 0,3 : 0,25 : 0,05 : 0,1 = 6 : 5 : 1 : 2.$$

Простейшая формула $C_6H_5NO_2$.

Молярная масса **A**, рассчитанная из плотности по воздуху:

$M(A) = D_{\text{возд}} \cdot 29 = 4,24 \cdot 29 = 123 \text{ г/моль}$, что совпадает с молярной массой $C_6H_5NO_2$, следовательно, молекулярная формула совпадает с простейшей.

Установим структурную формулу **A**. Т.к. вещество **A** реагирует с выделением углекислого газа с карбонатом натрия – это карбоновая кислота. Т.к. одна молекула **A** содержит два атома кислорода, следовательно, в состав **A** входит одна карбоксильная группа.

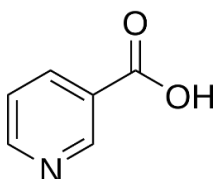
Выделив ее из состава **A**, можно записать уравнение реакции взаимодействия **A** с карбонатом натрия:



Количество карбоната натрия, вступившего в реакцию с веществом **A**, согласно уравнению (1)

$v(Na_2CO_3) = 1/2 v(A)$; $v(A) = m/M = 6,15/123 = 0,05 \text{ моль}$, $v(Na_2CO_3) = 0,025 \text{ моль}$, $m(Na_2CO_3) = v \cdot M = 0,025 \cdot 106 = 2,65 \text{ г}$, что соответствует условию задачи.

Согласно условиям задачи, в состав молекулы входит цикл, тогда структурная формула вещества **A** (карбоксильная группа может располагаться в других положениях):



Это вещество – никотиновая кислота (витамин РР).

Критерии оценивания

Установление молекулярной формулы **A** - **7 баллов**, из них: 6 баллов - установление простейшей формулы **A** расчетом, 1 балл - подтверждение того, что простейшая и молекулярная формулы **A** совпадают (из относительной плотности).

Вывод о том, что вещество содержит ОДНУ карбоксильную группу – **2 балла**.

Установление структурной формулы **A** - **6 баллов**.

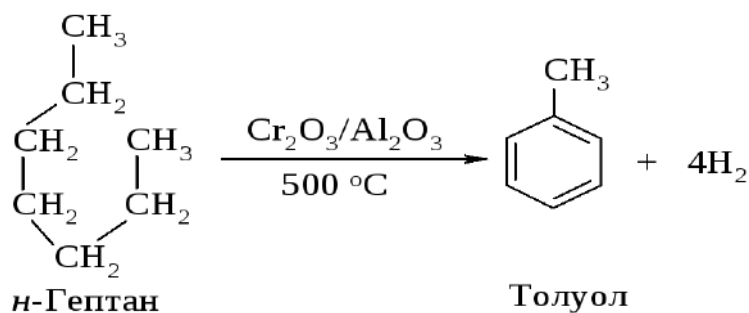
Уравнение реакции (1) – **2 балла**.

Название (никотиновая кислота или витамин РР) – **2 балла**.

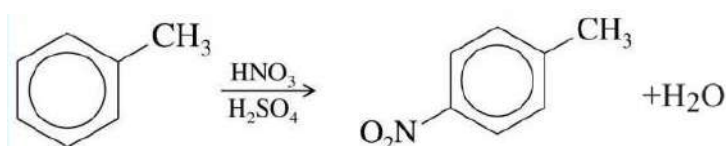
Итого 19 баллов

Задача 5

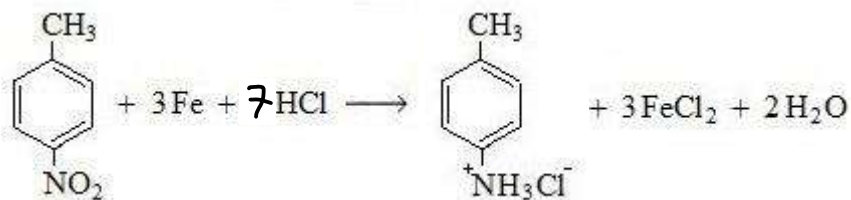
1)



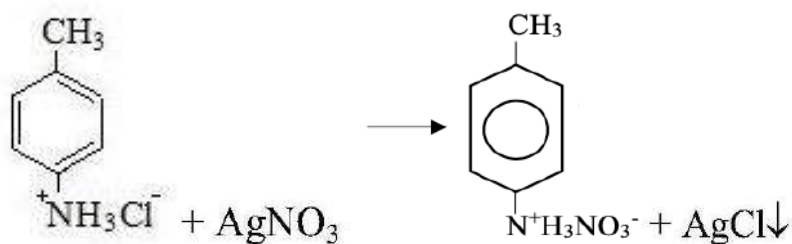
2)



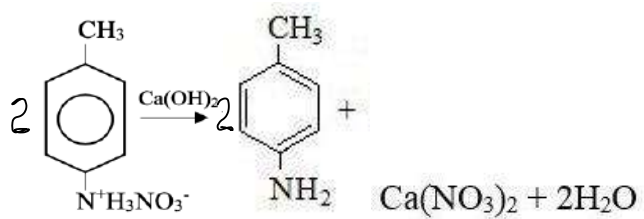
3)



4)



5)

**Критерии оценивания**

Уравнение 1 – 2 балла, уравнение 2 – 3 балла, уравнения 3, 4, 5 – по 5 баллов. Если в уравнениях реакций отсутствуют коэффициенты или условия, то оценка снижается на 1 балл.

Итого 20 баллов