

Химия. Ключи ответов 11 класс

Задание 1. Для реакции со смесью твердых гидрокарбонатов калия, натрия и лития потребовалось 25 г раствора серной кислоты. Масса образовавшихся сульфатов на 5,2 г меньше массы исходной смеси гидрокарбонатов.

- 1) Определите массовую долю серной кислоты в растворе.
- 2) Определите объем газа (н.у), выделившегося в результате реакции.
- 3) Каково тривиальное название гидрокарбоната натрия? Укажите области его применения.

20 баллов

Решение

- 1) Уравнение реакции взаимодействия гидрокарбонатов с серной кислотой в общем виде:



Пусть m – масса смеси гидрокарбонатов, тогда масса смеси сульфатов равна $(m-5,2)$.

Пусть количество серной кислоты $\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = x$ моль, тогда масса $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98x$ г.

Согласно уравнению (1), количество воды и углекислого газа соответственно равны: $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 2x$ моль, $\nu(\text{CO}_2) = 2x$ моль, а их массы $m(\text{H}_2\text{O}) = 36x$ г, $m(\text{CO}_2) = 88x$ г.

Согласно закону сохранения массы: масса реагентов равна массе продуктов. Тогда справедливо выражение:

$$m + 98x = m - 5,2 + 36x + 88x \quad (2)$$

Решая уравнение (2), получим: $x = 0,2$.

Тогда масса серной кислоты $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98x = 98 \cdot 0,2 = 19,6$ г.

Массовая доля серной кислоты $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / m_{\text{раств}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 19,6 / 25 = 0,784$ (78,4%).

- 2) Количество углекислого газа, $\nu(\text{CO}_2) = 2x$ моль = $2 \cdot 0,2 = 0,4$ моль, его объем при н.у.

$$V(\text{CO}_2) = \nu(\text{CO}_2) \cdot V_M = 0,4 \cdot 22,4 = 8,96 \text{ л.}$$

- 3) Гидрокарбонат натрия – пищевая (питьевая) сода. Используется как разрыхлитель в кондитерской промышленности и как консервант.

Критерии оценивания

За уравнение реакции (1) - **2 балла**.

За составление уравнения (2) – **8 баллов**.

За нахождение массы серной кислоты – **2 балла**.

За определение массовой доли серной кислоты – **2 балла**.

За вычисление объема углекислого газа – **2 балла**.

За тривиальное название гидрокарбоната и его применение – по 2 балла, всего **4 балла**.

Итого 20 баллов

Задание 2. Органическое вещество **A** представляет собой бесцветные кристаллы без запаха, растворимые в теплой воде, со слабо кислым вкусом. Вещество **A** обладает физиологической активностью, является витамином. При его недостатке у человека развивается болезнь пеллагра. **A** содержится в ржаном хлебе, мясе, гречке, печени, свекле, ананасах.



Плотность паров **A** по воздуху составляет 4,24.

При сжигании 6,15 г вещества **A** в избытке кислорода образовалось 6,72 л (н.у.) углекислого газа, 2,25 г водяных паров и 0,56 л азота.

Такая же масса вещества **A** полностью прореагировала с 2,65 г карбоната натрия с выделением углекислого газа.

Установите молекулярную и предложите возможную структурную формулу вещества **A**, удовлетворяющую условиям задачи, если известно, что в состав молекулы входит цикл. Приведите тривиальное название **A**. Ответ подтвердите расчетами и уравнениями реакций. **20 баллов**

Решение

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.

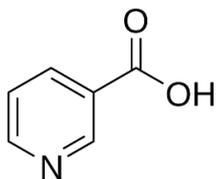
Установим структурную формулу. Т.к. вещество **A** реагирует с выделением углекислого газа с карбонатом натрия – это карбоновая кислота. Т.к. одна молекула **A** содержит два атома кислорода, следовательно, в состав **A** входит одна карбоксильная группа. Выделив ее из состава **A**, можно записать уравнение реакции взаимодействия **A** с цинком:



Количество карбоната натрия, вступившего в реакцию с веществом **A**, согласно уравнению (2)

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

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

За схему реакции (1) - **1 балл**, за вычисление количеств углекислого газа, воды и азота – по 0,5 баллов, всего **1,5 балла**.

За вычисление количеств атомов углерода, водорода и азота – по 0,5 баллов, всего **1,5 балла**.

За определение массы кислорода, входящего в состав навески вещества – **3 балла**, за определение количества кислорода – **1 балл**.

За установление соотношения количеств элементов и определение простейшей формулы – **2 балла**.

За расчет по относительной плотности молярной массы вещества **А–1 балл**. За вывод о совпадении простейшей и молекулярных формул – **1 балл**.

За вывод о том, что вещество **А** - монокарбоновая кислота – **2 балла**. За уравнение (2) – **1 балл**. За подтверждение расчетом массы карбоната натрия, вступившего в реакцию (2) – **2 балла**. За структурную формулу (карбоксильная группа может находиться при любом атоме углерода) – **2 балла**. За тривиальное название вещества – **1 балл**.

Итого 20 баллов

Задание 3. Фенолформальдегидная смола находит широкое применение в технике.



Она используется в качестве связующего компонента для изготовления композиций с различными наполнителями: применяется для изготовления фанеры, древесно-волоконных и древесно-стружечных плит. Из отвержденной фенолформальдегидной смолы (резита) изготавливают эскалаторы в метро, корпуса телефонов, радиоприемников и других приборов, электрические вилки, розетки, выключатели, шашки, шахматы, украшения и т.п.

Предложите способ получения фенолформальдегидной смолы, используя минимальное число стадий, имея в распоряжении поваренную соль, известняк, кокс, воду, воздух, а также небольшое количество веществ-катализаторов. Считайте, что в вашем распоряжении имеется все необходимое оборудование для проведения реакций.

20 баллов

Решение

Фенолформальдегидную смолу получают из фенола и формальдегида реакцией поликонденсации. Поэтому сначала надо получить фенол и формальдегид.

Получение фенола:

Обжиг известняка:



Получение карбида кальция из извести и кокса:



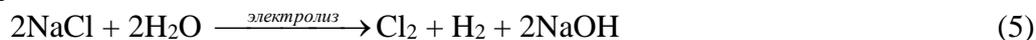
Получение ацетилена:



Получение бензола тримеризацией ацетилена:



Получение хлора, водорода и щелочи электролизом водного раствора поваренной соли:



Получение хлорбензола:



Получение фенола:



Получение формальдегида:

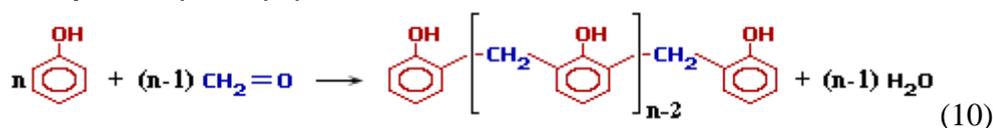
Получение метанола



Получение формальдегида каталитическим окислением метанола:



Получение фенолформальдегидной смолы:



Критерии оценивания

По два балла за каждую реакцию, $2 \times 10 = 20$ баллов

Возможны иные пути получения фенола и формальдегида, в этом случае каждое правильное уравнение оценивается в $20/n$ баллов, где n – число реакций, требуемых для получения фенолформальдегидной смолы. **Итого 20 баллов**

Задание 4. Неорганические вещества **А** и **Б** в определенных условиях реагируют друг с другом с образованием органических веществ **В** и **Г** в соответствии с уравнениями



Вещество **В** может быть получено в две стадии из вещества **Г**. При сгорании смеси веществ **А** и **Б** получают те же продукты, что и при сгорании веществ **В** и **Г**. Один из продуктов сгорания – вещество **Д**, которое образуется также в реакции (2). Второй продукт сгорания – газ **Е**, пропускание которого через известковую воду вызывает ее помутнение. Приведите формулы и название веществ **А** – **Е**, приведите уравнения реакций (1) и (2), а также всех описанных в задаче реакций.

Решение:

1) Так как **В** и **Г** – органические вещества, то при их сгорании образуются углекислый газ и вода.

Вещество **Е** – это углекислый газ CO_2 , пропускание которого через известковую воду вызывает ее помутнение:



Тогда второй продукт сгорания – вещество **Д** – вода, которая образуется также в реакции (2).

Так как при сгорании смеси **А** и **Б** образуются углекислый газ и вода, то вещества **А** и **Б** содержат углерод и водород, причем оба вещества горючи. Это могут быть **С**, **СО** и **Н₂**.

Рассмотрим варианты: **С** и **Н₂**. Уравнения их взаимодействия:

$C + 2H_2 = CH_4$. Такая реакция возможна.

$C + 3H_2 = ?$ Такой реакции с образованием двух продуктов, один из которых – вода, не существует.

СО и **Н₂**. Уравнения их взаимодействия:

$CO + 2H_2 = CH_3OH$. (1)

Такая реакция возможна.

$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$. (2)

Такая реакция возможна, причем один из продуктов – вода, что соответствует условию задачи.

Итак, вещество **А** – это угарный газ **СО**, **Б** – водород **Н₂**. Тогда **В** – метанол **СН₃ОН**, **Г** – метан **СН₄**.

Из метана можно получить метанол в две стадии следующим образом:

$CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl + HCl$ (4)

$CH_3Cl + KOH (водн.) = CH_3OH + KCl$. (5)

Критерии оценивания

За формулы и названия веществ **А – Е** – по 2 балла, $2 \times 6 = 12$ баллов, за уравнения реакций (1) и (2), схемы которых приведены в условии – по 1 баллу, $1 \times 2 = 2$ балла, за уравнения (3), (4) и (5) – по 2 балла, $2 \times 3 = 6$ баллов.

Итого 20 баллов

Задание 5. Реакция в замкнутом сосуде объемом 20 л протекает согласно уравнению:



Через 10 минут после начала реакции концентрации веществ стали равны: $C(SO_2) = 0,3$ моль/л, $C(O_2) = 0,4$ моль/л, $C(SO_3) = 0,5$ моль/л.

1. Определите концентрацию оксида серы (IV) и концентрацию кислорода в начальный момент времени.
2. Вычислите скорость реакции (в моль/л·с).

Решение:

Определим текущие количества всех веществ, участвующих в реакции, к моменту времени 10 мин: $v = C \cdot V$, где C – молярная концентрация, V – объем сосуда.

$v(SO_2) = 0,3 \cdot 20 = 6$ моль, $v(O_2) = 0,4 \cdot 20 = 8$ моль, $v(SO_3) = 0,5 \cdot 20 = 10$ моль.

Поскольку в начальный момент времени количество вещества и концентрация SO_3 были равны нулю: $v^0(SO_3) = 0$; $C^0(SO_3) = 0$, то изменение количества вещества к данному моменту времени $\Delta v(SO_3) = v(SO_3) = 10$ моль.

Для образования 10 моль SO_3 , согласно уравнению реакции (1) требуется 10 моль SO_2 и 5 моль O_2 , т.е. изменение количеств веществ за 10 минут: $\Delta v(SO_2) = 10$ моль, $\Delta v(O_2) = 5$ моль.

Отсюда находим начальные количества реагирующих веществ, которые равны сумме количеств прореагировавшего вещества (Δv) и количества вещества в данный момент времени (v): $v^0(SO_2) = v(SO_2) + \Delta v(SO_2) = 6 + 10 = 16$ моль; $v^0(O_2) = v(O_2) + \Delta v(O_2) = 8 + 5 = 13$ моль.

Тогда начальные концентрации реагентов равны:

$C^0 = v^0/V$. $C^0(SO_2) = 16/20 = 0,8$ моль/л, $C^0(O_2) = 13/20 = 0,65$ моль/л, $C^0(SO_3) = 0$ моль/л.

Скорость реакции

$v = \frac{\Delta C}{\Delta \tau}$, где ΔC – изменение молярной концентрации одного из участников реакции,

например, продукта SO_3 , τ – время, с.

$$v = \frac{\Delta C_{SO_3}}{\Delta \tau} = \frac{0,5}{600} = 8,3 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л} \cdot \text{с}$$

Критерии оценивания

За определение текущих количеств веществ – по 1 баллу, всего **3 балла**. За расчет изменений количеств веществ в ходе реакции – по 2 балла, всего **6 баллов**, за расчет исходных количеств веществ – 1 балл за SO_3 , по 2 балла за SO_2 и O_2 , всего **5 баллов**. За расчет исходных концентраций веществ – по 2 балла за SO_2 и O_2 , всего **4 балла**. За расчет скорости реакции – **2 балла**.

Принимается расчет скорости реакции по изменению концентраций SO_2 или O_2 , в этом случае:

$$v = \frac{\Delta C_{\text{SO}_2}}{\Delta \tau} = \frac{0,5}{600} = 8,33 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}\cdot\text{с}$$

$$v = \frac{\Delta C_{\text{O}_2}}{\Delta \tau} = \frac{0,25}{600} = 4,17 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}\cdot\text{с}$$

Итого 20 баллов