

10 класс

Задача 1

Кальцинированную соду, представляющую собой декагидрат карбоната натрия массой 143 г растворили 700 мл воды. Через полученный раствор пропустили 6,72 л (н.у.) углекислого газа. Газ растворился полностью.

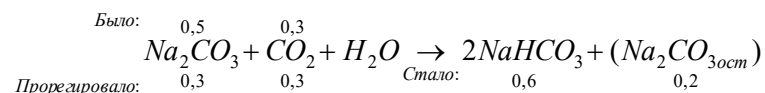
Задание: укажите вещества, содержащиеся в полученном растворе, и определите их массовые доли.

Решение:

$$\omega(\text{б/в} Na_2CO_3) = \frac{M(Na_2CO_3)}{M(Na_2CO_3 \cdot 10H_2O)} = \frac{106}{286} = 0,3706$$

$$m(Na_2CO_{3\text{б/в}} \text{ соде}) = m(\text{соды}) \cdot \omega(\text{б/в} Na_2CO_3) = 143 \cdot 0,3706 = 53,2$$

$$\nu(CO_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ моль}$$



После реакции в растворе находится 0,6 моль $NaHCO_3$ и 0,2 моль Na_2CO_3 .

$$m(NaHCO_3) = 0,6 \cdot 84 = 50,4 \text{ г}$$

$$m(Na_2CO_3) = 0,2 \cdot 106 = 21,2 \text{ г}$$

$$m(p - \text{ра конечного}) = 143 + 700 = 843 \text{ г}$$

$$\omega(NaHCO_3) = \frac{50,4}{843} = 0,0598 \text{ или } 5,98\%$$

$$\omega(Na_2CO_3) = \frac{21,2}{843} = 0,0251 \text{ или } 2,51\%$$

Система оценивания:

- | | |
|---|---------|
| 1) Определение количества безводной соли в соде | 1 балл |
| 2) Определение количеств солей в растворе | 2 балла |
| 3) Определение массовых долей солей в растворе | 1 балл |

Всего 4 балла

Задача 2

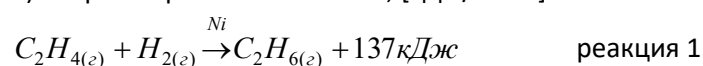
Известно, что в процессе химической реакции связи в исходных веществах разрываются – это энергозатратный, эндотермический процесс. А в продуктах новые связи образуются с выделением тепла – это экзотермический процесс.

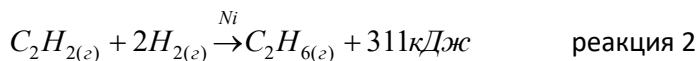
$E_{\text{св}}$ – это энергия, затраченная на разрыв связи между двумя атомами либо выделившаяся при образовании связи между ними, [кДж/моль].

На основании термохимических уравнений и приведенных значений энергий некоторых связей, вычислите:

А) энергию двойной связи $C=C$, [кДж/моль]

Б) энергию тройной связи $C \equiv C$, [кДж/моль]





$$E_{св}(C-H) = 414 \text{ кДж/моль};$$

$$E_{св}(C-C) = 337 \text{ кДж/моль};$$

$$E_{св}(H-H) = 430 \text{ кДж/моль}$$

Решение:

В реакции 1 происходит разрыв одной связи C=C и одной связи H-H и образуются две связи C-H и одна C-C, тогда:

$$\text{Затраченная энергия} = x + 430 \text{ кДж}$$

$$\text{Выделившаяся энергия} = 2 \cdot 414 + 337$$

Тепловой эффект – это разность между затраченной и выделившейся энергиями:

$$Q_1 = 137 = 2 \cdot 414 + 337 - x - 430$$

$$E_{св}(C=C) = 598 \text{ кДж/моль}$$

$$x = 598$$

В реакции 2 происходит разрыв одной связи C≡C и двух связей H-H, а образуются 4 связи C-H и одна связь C-C:

$$Q_2 = 311 = 4 \cdot 414 + 337 - E_{св}(C \equiv C) - 2 \cdot 430$$

$$E_{св}(C \equiv C) = 822 \text{ кДж/моль}$$

$$x = 822$$

Система оценивания:

1) за определения энергии каждой связи по 2 балла

4 балла

Всего 4 балла

Задача 3

Цинковый кубик с ребром, равным 1 см, и массой 6,54 г погрузили в раствор соляной кислоты. Объем раствора 200 мл, концентрация кислоты в нем 1 моль/л. В момент начала реакции скорость выделения газа составляла 200 мл/мин.

Задание: определите скорость реакции, выраженную по объему выделившегося газа [мл/мин], в момент, когда выделится 1120 мл (н.у.) газа.

Считать скорость реакции прямо пропорциональной концентрации кислоты и площади поверхности твердого вещества, а объем раствора – постоянным в течение всего процесса.

Молярную массу цинка принять 65,4 г/моль.

Решение

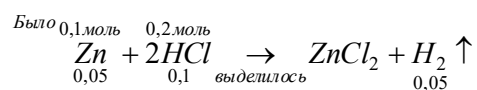
$$V(\text{кубика}) = a^3 = 1 \text{ см}^3$$

$$S_{\text{поверх}}(\text{кубика}) = 6 \text{ см}^2$$

$$\nu_{\text{исх}}(Zn) = \frac{m}{M} = \frac{6,54 \text{ г}}{65,4 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{исх}}(HCl) = V \cdot C_M = 0,2 \text{ л} \cdot 1 \text{ моль/л} = 0,2 \text{ моль}$$

$$\nu_{\text{выд}}(H_2) = \frac{V}{V_M} = \frac{1,120 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$



$$\nu_{\text{ост}}(Zn) = 0,05 \text{ моль}$$

Количество цинка уменьшилось вдвое, значит, вдвое уменьшился объем кубика:

$$V_{\text{ост}}(\text{кубика}) = 0,5 \text{ см}^3, \text{ тогда } a = \sqrt[3]{0,5} = 0,794 \text{ см}; \quad S_{\text{ост}}(\text{кубика}) = a^2 \cdot 6 = 3,78 \text{ см}^2$$

Площадь поверхности цинкового кубика уменьшилась в $6/3,78=1,59$ раз

Концентрация кислоты уменьшилась в 2 раза.

За счёт уменьшения концентрации кислоты в два раза и поверхности кубика в 1,59 раза общее уменьшение скорости реакции будет в 3,17 раз.

Скорость во второй момент времени будет равна

$$v_p = 200 : 3,17 = 65 \text{ мл/мин}$$

Система оценивания:

- | | |
|---|---------|
| 1) Определение количеств реагирующих веществ в начальный и конечный моменты реакции | 2 балла |
| 2) За расчет площади поверхности кубика после реакции | 2 балла |
| 3) За определение скорости в конечный момент времени | 2 балла |

Всего: 6 баллов

Задача 4

Простое кристаллическое вещество желтого цвета А сожгли в кислороде, полученный газообразный продукт Б пропустили через избыток раствора гидроксида натрия и получили раствор соли В.

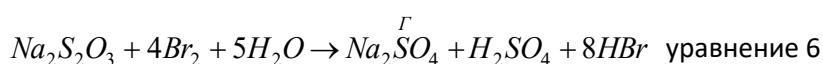
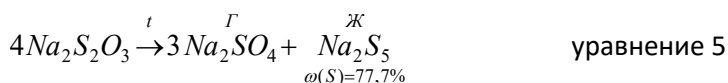
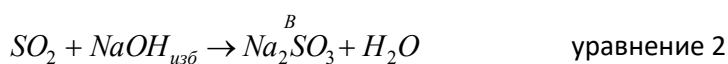
Этот раствор разделили на две части: из одной выпарили воду, а твердый остаток прокалили – в результате образовались соли Г и Д. Ко второй части раствора добавили порошок вещества А и встряхивали до тех пор, пока оно полностью не растворилось. В результате получили раствор соли Е.

Этот раствор так же разделили на две части: из одной выпарили воду, а твердый остаток прокалили – в результате образовались соль Г и бинарное соединение Ж, относящееся к классу полисульфидов, в котором массовая доля атомов, из которых состояло простое вещество А, составляет 77,7%, ~~и которое относится к классу полисульфидов~~. Ко второй части добавили бромную воду и наблюдали её обесцвечивание. Одним из продуктов реакции в данном процессе явилась соль Г.

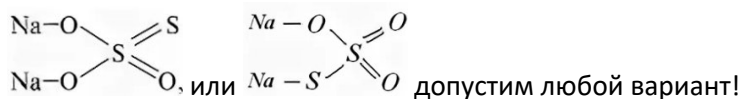
Задание:

- 1) Напишите уравнения всех описанных процессов и определите вещества А, Б, В, Г, Д, Е и Ж.
- 2) Составьте структурную формулу соли Е.

Решение



Структурная формула тиосульфата натрия:



Система оценивания:

- | | |
|--|-----------------|
| 1) За составление уравнений 1 и 2 по 0,5 балла | всего 1 балл |
| 2) За составление уравнений 3 – 6 по 1 баллу | всего 4 балла |
| 3) За определение формул веществ А, Б, В, Г и Д по 0,5 балла | всего 2,5 балла |
| 4) За определение формулы Е и Ж по 1 баллу | всего 2 балла |
| 5) За составление структурной формулы тиосульфата | 0,5 балла |

Всего: 10 баллов (если схемы реакций составлены правильно, но коэффициенты неверны, то общий балл рекомендуется снизить на 1, но уравнения засчитать как правильные).

Задача 5

Через смесь изомерных неароматических углеводородов массой 42 г и плотностью паров по азоту 3,0 пропустили хлор в темноте при комнатной температуре. В результате масса смеси возросла на 50,71%. Практический выход реакции хлорирования считать 100%.

Задание:

- 1) Определите молекулярные формулы изомеров
- 2) Рассчитайте массовые доли каждого из изомеров в смеси
- 3) Составьте структурные формулы если известно, что при хлорировании на свету каждый из изомеров образует только одно монохлорпроизводное
- 4) Напишите уравнения хлорирования изомеров в темноте при комнатной температуре и на свету, используя структурные формулы органических веществ. Назовите исходные вещества по номенклатуре ИЮПАК.

Решение

Средняя молярная масса смеси изомерных углеводородов:

$$\overline{M}(\text{смеси}) = D_{N_2} \cdot M(N_2) = 3 \cdot 28 = 84 \text{ г/моль}$$

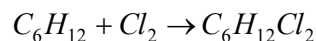
Общее количество смеси:

$$\nu_{\text{общ}} = \frac{m}{M} = \frac{42 \text{ г}}{84 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

Хлорирование в темноте при комнатной температуре – это реакция присоединения. В реакции присоединения вступают непредельные УВ, либо младшие циклоалканы. В условии сказано, что неароматические, следовательно, это либо C_nH_{2n} либо C_nH_{2n-2} .

Проверяем формулы по молярной массе, приходим к выводу, что подходит C_nH_{2n} , значит, изомеры могут относиться к алкенам и циклоалканам, а молекулярная формула изомеров C_6H_{12} .

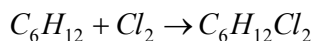
Циклоалканы, у которых в цикле больше 5 атомов С в реакции присоединения не вступают, значит, хлорированию в темноте подвергся алкен.



Тогда по разности масс исходной и полученной смесей можно найти массу присоединенного хлора, а через неё выйти на количество алкена:

$$m(\text{получ.смеси}) = m(\text{исх.смеси}) \cdot 1,5071 = 63,3 \text{ г}$$

$$m(Cl_2) = 63,3 - 42 = 21,3г$$



$$\nu(\text{алкена}) = \nu(Cl_2) = \frac{m(Cl_2)}{M(Cl_2)} = \frac{21,3г}{71г/моль} = 0,3\text{моль}$$

Количество алкена меньше количества исходной смеси, значит, в составе смеси были изомерные алкен и циклоалкан, который не хлорируется при обычных условиях.

$$\nu(\text{циклоалкана}) = 0,2\text{моль}$$

Таким образом, в исходной смеси находились изомеры с молекулярной формулой C_6H_{12} – алкен и циклоалкан.

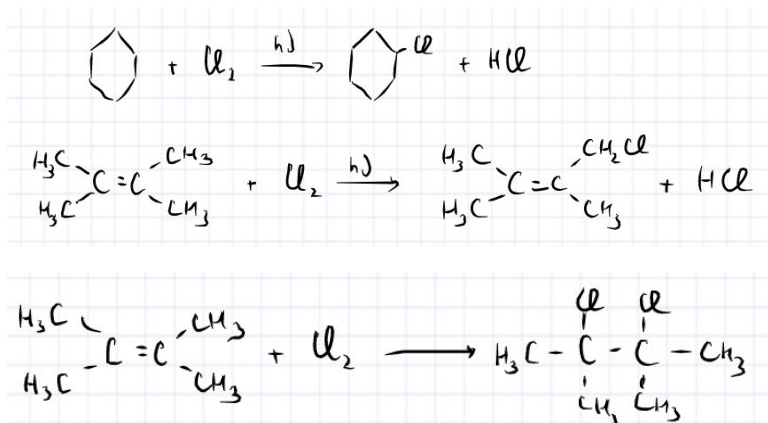
$$\text{Количество алкена } 0,3 \text{ моль, масса } 25,2 \text{ г, массовая доля } \omega(\text{алкена}) = \frac{25,2}{42} = 0,6 \text{ или } \mathbf{60\%}$$

$$\text{Тогда } \omega(\text{циклоалкана}) = 40\%$$

При составлении структурных формул следует учесть, что оба изомера при хлорировании на свету образуют только одно монохлорпроизводное. Это значит, что все атомы углерода в обоих изомерах, подвергающиеся атаке радикала хлора, одинаковые.

Таким образом, циклоалкан – это **циклогексан**, в котором все атомы С вторичные.

Алкен – **2,3-диметилбутен-2**, у которого все sp^3 -гибридные атомы С находятся в аллильном положении.



Система оценивания:

- | | |
|---|-----------|
| 1) За определение молекулярной формулы изомеров | 2 балла |
| 2) За расчет массовых долей изомеров в исходной смеси | 3 балла |
| 3) За вывод структурной формулы циклогексана | 1 балл |
| 4) За вывод структурной формулы 2,3-диметилбутена-2 | 2 балла |
| 5) За написание уравнений реакций хлорирования по ИЮПАК | 1,5 балла |
| 6) За названия исходных изомеров по ИЮПАК | 0,5 балла |

Всего: 10 баллов