

Московская химическая олимпиада

10 класс

2013/14 уч. год

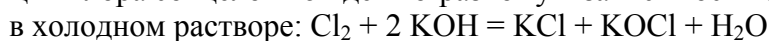
10-1 Из приведенного ниже списка выберите такие пары веществ, чтобы вещества в каждой паре взаимодействовали друг с другом с образованием разных продуктов в зависимости от условий (температура, наличие катализатора, соотношение реагентов, наличие растворителя — воды). Напишите уравнения таких реакций между веществами каждой пары (одно и то же вещество можно использовать в нескольких парах, в случае реакции в растворе вода тоже может участвовать в реакции): Cl_2 , KOH , SO_2 , NH_3 , O_2 , H_2SO_4 , толуол.

Решение:

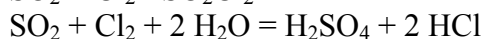
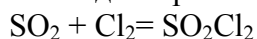
1) в списке есть несколько пар веществ, которые взаимодействуют в водном растворе с образованием солей, причем в зависимости от соотношения реагентов, может получиться кислая либо средняя соль:



2) Реакция хлора со щелочью идет по-разному в зависимости от температуры:



3) SO_2 и Cl_2 образуют хлористый сульфурил при взаимодействии в газовой фазе в присутствии катализатора (камфоры) или вступают в окислительно-восстановительную реакцию в водном растворе:



4) толуол + Cl_2 на свету хлорирование идет в боковую цепь, а в присутствии катализатора (AlCl_3) в бензольное кольцо

5) $\text{NH}_3 + \text{O}_2$

При окислении аммиака без катализатора образуется азот, а в присутствии платины окисление идет до NO

Также возможны другие варианты

Каждая пара веществ с реакциями (и условиями) — 2 балла

10-2 Смесь двух бинарных соединений массой 1,06 г, имеющих в своем составе общий элемент, растворили в избытке соляной кислоты. При этом выделилось 672 мл газовой смеси с плотностью по водороду меньше 6. При пропускании газов через бромную воду часть поглощается, а объем оставшейся части составляет 448 мл. Если исходную смесь газов пропустить над платиновым катализатором, то полученный при этом газ не обесцвечивает бромную воду, и его объем составляет 224 мл. Все объемы газов относятся к н.у. О каких соединениях идет речь? Определите массу каждого из них в исходной смеси. Напишите уравнения реакций.

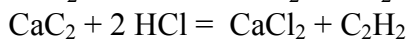
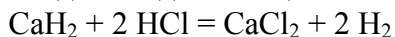
Решение:

Количество газовой смеси 0,3 моль.

Судя по молярной массе, один из газов — водород.

Так как 0,1 моль поглощается бромной водой, 0,2 моль остается, а при гидрировании получается также 0,1 моль, то второй газ предположительно ацетилен.

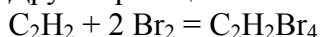
Тогда исходные вещества — гидрид и карбид, скорее всего кальция.



Соотношение газов 2 : 1 получается, если исходные вещества присутствуют в смеси в соотношении 1 : 1 по молям, т.е. 0,42 г CaH_2 и 0,64 CaC_2

Суммарная масса 1,06 г, что соответствует условию и подтверждает предположение.

Другие реакции:

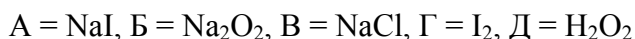




Максимальная оценка 12 баллов

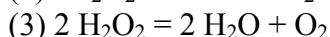
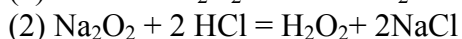
10-3 В раствор, содержащий 6,00 г вещества А и соляную кислоту, добавили вещество Б. Вещества А и Б полностью прореагировали, при этом образовалась соль В массой 4,68 г, простое вещество Г массой 5,08 г и вода. При добавлении крахмала в данный раствор появляется интенсивное синее окрашивание. Если осторожно смешать вещество Б в том же количестве с избытком соляной кислоты, то образуется соль В массой 2,34 г и вещество Д. В свободном виде вещество Д представляет собой бесцветную жидкость, легко разлагающуюся с выделением простого газообразного вещества с плотностью по водороду 16. Полное разложение жидкости Д, полученной в данной реакции, дает 224 мл газа. Что представляют собой вещества А—Д? Напишите уравнения упомянутых реакций. Ответ подтвердите расчетом.

Решение:



Синее окрашивание в присутствии крахмала указывает на иод. Бесцветная жидкость, которая разлагается с выделением кислорода, предположительно пероксид водорода. Следовательно А — иодид, а Б — пероксид, причем одного и того же металла, так как получается одна и та же соль (хлорид).

Если металл = натрий:



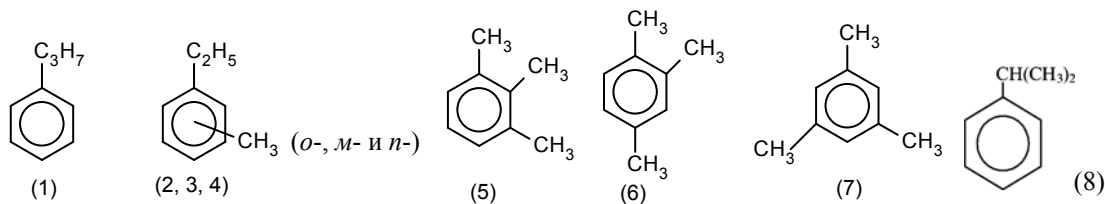
В реакции (1) получается 0,02 моль иода и 0,08 моль хлорида натрия, было взято 0,04 моль иодида натрия. В реакции (2) образуется 0,04 моль хлорида натрия и 0,02 моль пероксида водорода. Кислорода получается 0,01 моль. Количества соответствуют условию, что подтверждает предположения.

Максимальная оценка 14 баллов

10-4 При бромировании молекулярным бромом на свету ароматический углеводород, производное бензола, состава C_9H_{12} образует два изомерных монобромпроизводных. Предложите возможные структурные формулы для этого соединения. Ответ обоснуйте. Сколько изомерных моносоединений может быть получено при нитровании данного углеводорода? Изобразите их структурные формулы.

Решение:

Углеводород C_9H_{12} может иметь следующее строение:

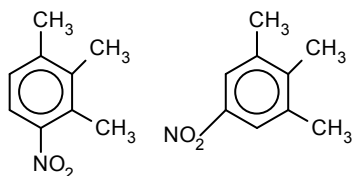


На свету идет радикальное бромирование в боковую цепь

В случае соединений (1), (2), (3), (4) и (6) формально можно получить по три изомерных продукта с одним атомом брома. В случае (7) — только один продукт.

Два продукта можно получить для изомеров (5) и (8)

При нитровании изомера (5) в кольцо можно получить два нитропроизводных



При нитровании изомера (8) можно также получить два продукта (*орто* и *пара*-замещение, так как алкильный радикал является орто-пара ориентантом)

Максимальная оценка 12 баллов

Если принять во внимание реальное соотношение продуктов при бромировании, то в случае изопропилбензола в основном получится продукт замещения по третичному атому С, а монобромпроизводного по первичному атому С практически не будет.

Поэтому для данной задачи ответ, содержащий только изомер (5), также является правильным, но только при наличии соответствующего обоснования относительно изопропилбензола.

10-5 Два сосуда объемом 1 литр заполнены бесцветным газом (н. у.). Плотности газов относятся друг к другу как 1 : 1,071. При пропускании содержимого любого из сосудов через раствор перманганата калия объем газа уменьшается вдвое, а плотность остается неизменной. Если содержимое любого из сосудов сжечь в кислороде и пропустить продукты сгорания через избыток известковой воды, то образуется 6,7 г осадка (при этом (вещества полностью вступают в реакцию с кислородом). Определите содержимое каждого из сосудов.

Решение:

В каждом сосуде находится два газа с одной и той же молекулярной массой — один окисляется раствором перманганата, другой нет.

Осадок скорее всего CaCO_3 , его масса 6,7 г в случае 1 л газовой смеси.

В расчете на 1 моль исходных газов $6,7 \times 22,4 = 150,08 \text{ г} = 1,5 \text{ моль } \text{CO}_2$.

То есть газовая смесь в каждом сосуде содержит в среднем 1,5 атома С. Значит один из двух газов содержит один атом С, а другой два атома С.

Газы в 2 сосудах имеют близкую молекулярную массу, с учетом содержания С подходит 28 и 30.

Первый сосуд: этилен + СО (28), во 2 сосуде этан + формальдегид (30)

Максимальная оценка 14 баллов

10-6 При сжигании 5,2 г органического вещества было получено только 3,36 л диоксида углерода (н.у.) и 1,8 г воды. Молекулярная масса вещества находится в интервале от 80 до 120. Определите брутто-формулу вещества и изобразите его возможные структурные формулы. Напишите три реакции, характеризующие разные химические свойства одного из изомеров данного вещества по вашему выбору.

Решение:

1) При сжигании получается 0,15 моль CO_2 и 0,1 моль $\text{H}_2\text{O} = 0,2 \text{ моль } \text{H}$
 $0,15 \times 12 + 0,2 \times 1 = 1,8 + 0,2 = 2,0 \text{ г}$. Значит в молекуле есть кислород.

$5,2 - 2,0 = 3,2 \text{ г}$, что соответствует 0,2 моль О

Соотношение С : Н : О = 0,15 : 0,2 : 0,2 = 3 : 4 : 4.

Брутто формула с учетом мол. массы $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$

2) Возможное строение:

$\text{H}_2\text{C}(\text{COOH})_2$ малоновая кислота

HOOC-COOCCH_3 метиловый эфир щавелевой кислоты

ONC-CH(OH)-COOH

$\text{HOCH}_2-\text{C(O)-COOH}$

$\text{HO}(\text{O})\text{OC(O)CH}_3$

3) химические свойства проще всего написать для малоновой кислоты. Например, реакции с гидроксидом натрия, со спиртом (этерификация), с хлоридом фосфора (получение хлорангидрида).

Максимальная оценка 14 баллов