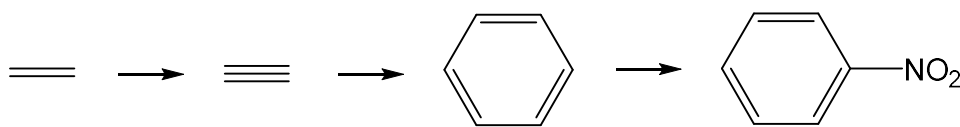


БИБН 2022-23
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ФИНАЛЬНЫЙ ТУР
(5 февраля 2023 года)

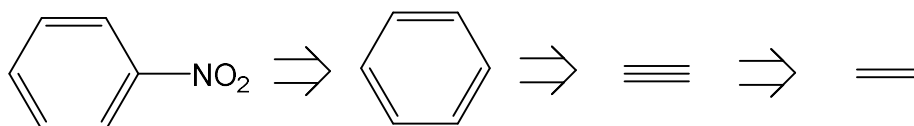
11 класс

Задача 11-1

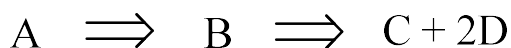
В 1990 г. известный органик синтетик Элайас Кори (США) получил Нобелевскую премию по химии за разработку ретросинтетического анализа. Это такой подход к планированию органического синтеза, когда целевое сложное вещество постадийно «превращается» в более простые предшественники. Например, 3-стадийный метод получения нитробензола из этилена может быть представлен как привычной цепочкой органического синтеза:



так и цепочкой ретросинтетического анализа:



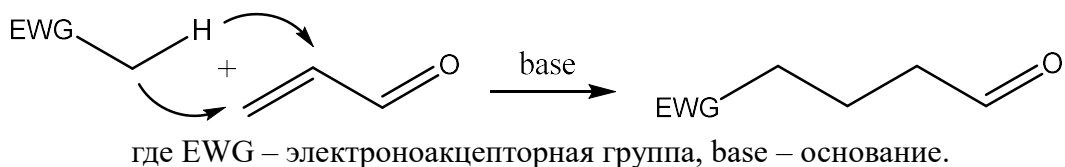
Расшифруйте схему ретросинтетического анализа для получения 1,1,7,7-тетра(аминокарбонил)гептан-4-имина А ($C_{11}H_{19}N_5O_4$) в 2 стадии из исходных С и D через промежуточный продукт В ($C_{15}H_{22}O_9$):



Определите структурные формулы А, В, С, D. Превращение В в А происходит при нагревании с аммиаком под давлением.

Одно из исходных веществ (С или D) имеет формулу $C_5H_8O_4$ и способно гидролизоваться горячим водным раствором NaOH с выделением 2 моль метанола. Другое исходное вещество содержит все атомы углерода в sp^2 -гибридном состоянии, не реагирует с реактивом Толленса $[Ag(NH_3)_2]OH$, но может присоединить до 2 моль брома при обработке бромной водой. При полном сгорании 10.25 г этого вещества выделяются только 6.75 г воды и 27.5 г CO_2 . Если 1 моль паров этого вещества разбавить в 2 раза водородом, то полученная смесь будет иметь плотность по водороду 21.

Взаимодействие соединений С и D представляет широко распространенную реакцию Михаэля (нуклеофильное присоединение CN -реагента, активированного имеющимися в молекуле рядом с $C-H$ связью одной или несколькими электроноакцепторными группами, к α,β -непредельному карбонильному соединению в присутствии основания в качестве катализатора):

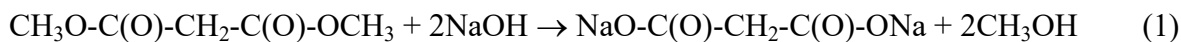


Напишите уравнения для каждой стадии получения вещества А и для указанных выше

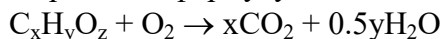
реакций с участием водной щелочи и брома.

Решение

Вещество D ($C_5H_8O_4$) – диметилмалонат – диметилловый эфир пропандиовой кислоты, это активированный двумя электроноакцепторными сложноэфирными группами СН-реагент реакции Михаэля.



Определим формулу соединения С по результатам сгорания 10.25 г его:



$$n(CO_2) = 27.5/44 = 0.625 \text{ моль.} \quad m(C) = 0.625 \cdot 12 = 7.5 \text{ г.}$$

$$n(H_2O) = 6.75/18 = 0.375 \text{ моль.} \quad m(H) = 0.375 \cdot 2 = 0.75 \text{ г.}$$

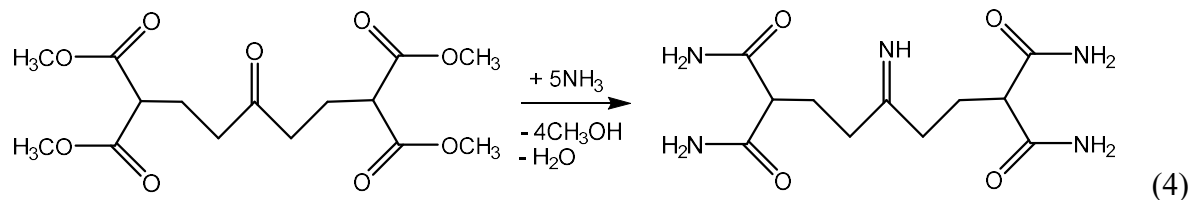
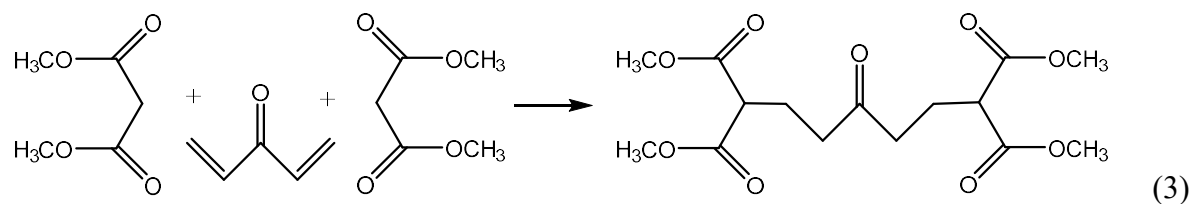
$m(C)+m(H) = 7.5+0.75 = 8.25$. Это меньше, чем 10.25 г. Значит, вещество содержит еще кислород. $m(O) = 10.25 - 8.25 = 2$ г. $n(O) = 2/16 = 0.125$ моль.

$n(C):n(H):n(O) = 0.625:0.375:0.125 = 5:6:1$. Простейшая формула вещества С - C_5H_6O .

Определим молярную массу вещества С. Если пары его разбавить в 2 раза водородом, то $\varphi(\text{вещества С}) = \varphi(H_2) = 0.5$ $M(\text{смеси}) = 21 \cdot 2 = 42$ г/моль.

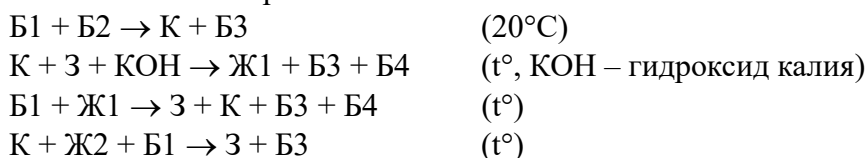
$0.5M(\text{вещества С}) + 0.5M(H_2) = 42$ $0.5M + 1 = 42$ $M=82$. Значит простейшая формула вещества С (C_5H_6O) совпадает с искомой.

Вещество С (C_5H_6O) – пентадиен-1,4-он-3, это α,β -непредельный кетон в р. Михаэля.



Задача 11-2

Концентрированные водные растворы соединений Б1 [бинарное вещество, $\omega(\text{H}) = 1.235\%$] и Б2 [$\omega(\text{H}) = 0.775\%$] при 20°C реагируют с образованием соединений К (простое вещество) и Б3 [бинарное вещество, $\omega(\text{H}) = 11.11\%$]. Молярные массы веществ Б1, Б2, Б3 относятся как 4.500:7.167:1.000. Расшифруйте вещества, составьте уравнения четырех окислительно-восстановительных реакций, протекающих в водной среде. Цвета веществ: К – красное, Ж1 и Ж2 – желтые, З – зеленое, Б1, Б2, Б3, Б4 – бесцветные. Из всех веществ не растворяется в воде только Ж2, оно является кристаллогидратом – тетрагидратом гидроксида металла. Бинарные вещества Б4 и З – соли одной кислоты, причем массовые доли металлов в них отличаются в 1.84 раза.



Решение

Простое вещество красного цвета, растворимое в воде, **К – это бром Br_2** .

Определим Б3 – бинарное соединение водорода.

Представим его формулу как $\text{H}_n\text{Э}$, где n – валентность элемента.

По условию $\omega(\text{H}) = 11.11\%$. Рассмотрим варианты:

а) пусть $n=1$, тогда $M(\text{HЭ}) = 1/0.1111 = 9$ г/моль, значит $M(\text{Э}) = 8$ г/моль. Нет такого.

б) пусть $n=2$, тогда $M(\text{H}_2\text{Э}) = 2/0.1111 = 18$ г/моль, значит $M(\text{Э}) = 16$ г/моль. Это кислород, а **Б3 – это вода H_2O** .

в) пусть $n=3$ или 4 или 5, тогда $M(\text{HЭ}) = 27$ или 36 или 45 г/моль. Нет таких водородных соединений.

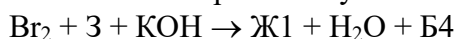
Бинарное водородное соединение **Б1 – это HBr** . $\omega(\text{H}) = 1/81 = 0.1235$ (1.235%).

$M(\text{HBr})=81$ г/моль, что в 4.5 раза превышает $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$ г/моль.

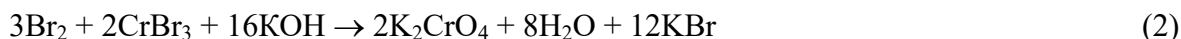
Схема 1 принимает вид: $\text{HBr} + \text{Б2} \rightarrow \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$, значит водородное соединение Б2 должно включать атомы кислорода и иметь $M(\text{Б2}) = 18 \cdot 7.167 = 129$ г/моль. **Б2 – это HBrO_3** – бромноватая кислота.



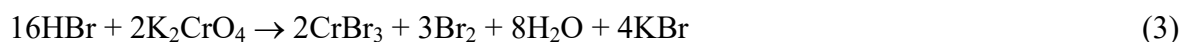
Рассмотрим схему 2. Она включает 3 уже известные вещества:



Б4 и З – соли одной кислоты, это бромиды. Бесцветный **Б4 – это KBr** . Зеленый бромид MeBr_n металла в более низкой степени окисления окисляется бромом в щелочной среде до желтого соединения металла в более высокой степени окисления, это соединения $\text{Cr}(\text{III}, \text{VI})$. Вещество **З – это CrBr_3** , $M(\text{CrBr}_3) = 292$ г/моль, $\omega(\text{Cr}) = 52/292 = 0.1781$ (17.81%), что в 1.84 раза меньше, чем $\omega(\text{K})$ в молекуле $\text{KBr} = 39/119 = 0.3277$ (32.77%).



Реакция 3 представляет противоположный реакции 2 процесс восстановления Cr^{+6} до Cr^{+3} действием HBr . Причина инверсии – большое различие редокс-потенциалов окислителей (Cr^{+6} , Br^0) и восстановителей (Cr^{+3} , Br^-) в кислой и щелочной средах.



В реакции 4 происходит окисление Cr^{+2} до Cr^{+3} действием Br_2 :



Задача 11-3

Металл X массой 1.44 г сплавляли в муфельной печи с твердым тугоплавким оксидом YO_n. При этом образовалась гомогенная смесь серого цвета массой 2.34 г, которая содержала лишь оксид металла X и продукт состава YX_n, причем вещества прореагировали полностью. При действии на сплав разбавленной (10–15%-ной) соляной кислоты среди продуктов реакции обнаружены четыре вещества A₁–A₄, принадлежащие к одному гомологическому ряду и имеющие одинаковый качественный состав (два из которых при н.у. являются газами). Массовые доли элемента Y в этих соединениях составляют: 87.5%, 90.3%, 91.3%, 91.8% соответственно. Вещества A₁–A₄ очень легко загораются на воздухе, активно реагируют с водой и галогенами.

1. Расшифруйте элементы X, Y и вещества A₁–A₄, если известно, что эти соединения бинарные. Ответ подтвердите необходимыми расчетами.

2. На примере вещества A₂ опишите химические свойства этого класса соединений, подтвердив их уравнениями химических реакций, упомянутых в задаче.

3. Каково геометрическое строение и состояние гибридизации центрального атома в соединениях A₃ и A₄?

4. Какова общая формула гомологического ряда для соединений A₁–A₄?

Решение

1. Высокое содержание Y в бинарных соединениях указывает на то, что A₁–A₄ – это соединения водорода. Наименьшее содержание Y соответствует соединению YH_x: $M(Y)/(M(Y)+x) = 0.875$, $M(Y) = 7x$, где x – степень окисления Y в соединении A₁.

Степень окисления x	M(Y)	элемент
1	7	
2	14	C – углерод – не подходит по условию задачи
3	21	
4	28	Si – кремний
5	35	
6	42	
7	49	

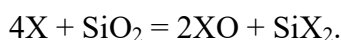
Единственный подходящий вариант Y – это кремний. Бинарные соединения A₁, A₂, A₃ и A₄ имеют формулы: SiH₄, Si₂H₆, Si₃H₈ и Si₄H₁₀. Этот состав подтверждают и расчеты:

$$\omega(\text{Si в Si}_2\text{H}_6) = 28 \cdot 2 / (28 \cdot 2 + 6 \cdot 1) = 0.903;$$

$$\omega(\text{Si в Si}_3\text{H}_8) = 28 \cdot 3 / (28 \cdot 3 + 8 \cdot 1) = 0.913;$$

$$\omega(\text{Si в Si}_4\text{H}_{10}) = 28 \cdot 4 / (28 \cdot 4 + 10 \cdot 1) = 0.918.$$

В муфельной печи протекает реакция:



Установим природу X, для этого найдем его молярную массу. Учитывая, что масса X равна 1.44 г, то количество X, вступившего в реакцию равно $1.44 / M(X)$ моль. В результате реакции образовалось $[0.5 \cdot 1.44 / M(X)]$ моль XO и $[0.25 \cdot 1.44 / M(X)]$ моль SiX₂. Выразим массы образовавшихся веществ:

$$m(\text{XO}) = [0.5 \cdot 1.44 / M(X)] \cdot (M(X) + 16) = 0.5 \cdot 1.44 \cdot (M(X) + 16) / M(X) = 0.72 + 11.52 / M(X);$$

$$m(\text{SiX}_2) = [0.25 \cdot 1.44 / M(X)] \cdot (28 + 2 \cdot M(X)) = 0.25 \cdot 1.44 \cdot (28 + 2 \cdot M(X)) / M(X) =$$

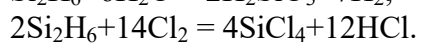
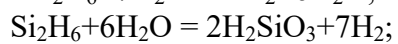
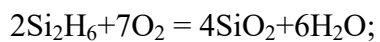
$$= 10.08 / M(X) + 0.72.$$

С другой стороны, масса смеси равна 2.34 г. Из следующего уравнения находим молярную массу X.

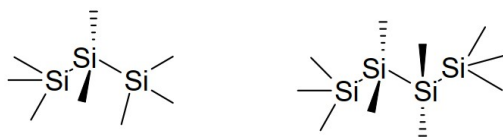
$$0.72 + 11.52 / M(X) + 10.08 / M(X) + 0.72 = 2.34;$$

$$21.6 / M(X) = 0.9, \text{ отсюда } M(X) = 24 \text{ г/моль, то есть X – это магний.}$$

2.



3. Гибридизация у всех атомов кремния sp^3 . Геометрическое строение A_3 и A_4 :



4. Формула гомологического ряда силанов: $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$.

Задача 11-4

Во время электролиза 50%-ного раствора хлорной кислоты в течение 1 часа 15 минут при силе тока 2А на аноде выделилось 516 мл газовой смеси 1 (температура 298К, нормальное давление). Газовую смесь пропустили через избыток подкисленного водного раствора KI, на титрование выделившегося йода пошло 5.00 мл 0.2 моль/л раствора тиосульфата натрия. Если начальную смесь 1 ввести в реакцию с газом, который выделился на катоде, то образуется чистая вода (при этом наблюдается очень сильный взрыв), а газы из смеси 1 и катода реагируют полностью.

1. Установите качественный и количественный состав (в мол. %) газовой смеси 1, если в нее входят два компонента.

2. Запишите уравнения процессов, которые происходят на электродах. Какой газ выделяется при этом на катоде? Рассчитайте его объем.

3. Рассчитайте выходы продуктов на каждом из электродов.

4. Почему для проведения анализа использовали именно подкисленный раствор KI? Запишите уравнения реакций, протекающих при пропускании газовой смеси 1 через избыток подкисленного раствора KI и титровании выделившегося йода.

Решение

1. На электродах протекают следующие реакции:

Катод: $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$,

Анод: $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} = 4\text{H}^+ + \text{O}_2$,

$3\text{H}_2\text{O} - 6\text{e} = 6\text{H}^+ + \text{O}_3$.

Реакции, протекающие в электролизере:

$2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$,

$3\text{H}_2\text{O} = 3\text{H}_2 + \text{O}_3$.

Об образовании озона, свидетельствует несколько данных в условии задачи:

1) на катоде образуется смесь газов;

2) при взаимодействии этой смеси газов с газом, выделившимся на катоде, образуется только вода, при этом наблюдается взрыв:

$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$; $3\text{H}_2 + \text{O}_3 = 3\text{H}_2\text{O}$;

3) реакция с KI:

$\text{O}_3 + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+ = \text{O}_2 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$;

$\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$.

4) приведенные ниже расчеты.

Найдем количество газа, выделившегося на аноде:

$n(\text{смесь 1}) = PV/RT = 101.3 \cdot 0.516 / (8.314 \cdot 298) = 0.0211$ моль;

$n(\text{O}_3) = n(\text{I}_2) = n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) / 2 = 0.005 \cdot 0.2 / 2 = 5 \cdot 10^{-4}$ моль.

Рассчитаем состав этой смеси.

$\chi(\text{O}_3) = 5 \cdot 10^{-4} / 0.0211 = 0.0237$ (2.37%);

$\chi(\text{O}_2) = 100 - 2.37 = 97.63\%$,

2. Реакции, протекающие на электродах, представлены выше. На катоде выделяется водород. Найдем его объем.

$n(\text{H}_2) = (n(\text{O}_3) \cdot 3 + n(\text{O}_2) \cdot 2) = (5 \cdot 10^{-4} \cdot 3 + (0.0211 - 5 \cdot 10^{-4}) \cdot 2) = 0.0427$ моль;

$V(\text{H}_2) = 0.0427 \cdot 22.4 \cdot 298 / 273 = 1.044$ л.

3. Выходы на катоде и аноде одинаковы, что следует из эквивалентности количества газов смеси 1 (газов из анода) и катодного газа (вещества прореагировали полностью). Поэтому теоретическое количество пропущенного электричества:

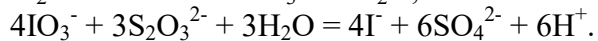
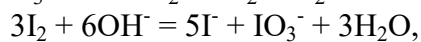
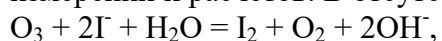
$n(\text{теор.}) = I \cdot t / (F \cdot n) = 2 \cdot 75 \cdot 60 / (96500 \cdot 2) = 0.0466$ (моль);

практически получено:

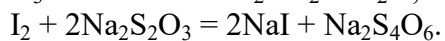
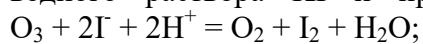
$$n(\text{практ.}) = (n(\text{O}_3) \cdot 3 + n(\text{O}_2) \cdot 2) = (5 \cdot 10^{-4} \cdot 3 + (0.0211 - 5 \cdot 10^{-4}) \cdot 2) = 0.0427 \text{ моль.}$$

Выход продуктов на электродах: $0.0427/0.0466 = 91.6\%$

4. Подкисленный раствор KI используют для предотвращения процессов частичного растворения йода, количество которого прямо влияет на точность дальнейших измерений и расчетов. В отсутствие кислоты будут протекать следующие реакции:



Реакции, протекающие при пропускании газовой смеси 1 через избыток подкисленного водного раствора KI и при титровании выделившегося йода, представлены ниже:



БИБН 2022-23
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ФИНАЛЬНЫЙ ТУР
(5 ФЕВРАЛЯ 2023 года)

10 класс

Задача 10-1

После сгорания равных количеств веществ толуола и некоторого его гомолога А в необходимом количестве кислорода объемы продуктов их сгорания, измеренные при 300°C, отличаются в 1.545 раза. Углеводород А не реагирует с раствором KMnO_4 в обычных условиях, но при длительном действии кипящего раствора KMnO_4 в присутствии поташа (карбоната калия) в растворе образуется одно органическое вещество Б, содержащее 52.50% С, 3.125% Н, 20.00% О, остальное - металл. Предложите кратчайший метод синтеза вещества А из бензола и подходящего 1-бромалкана. Определите структурные формулы веществ А и Б, если первое существует в виде 2 оптических изомеров. Составьте уравнения всех указанных реакций.

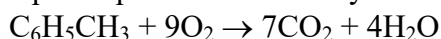
Решение

Пусть формула продукта окисления $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{K}_k$.

$x : y : z : k = 52.50/12 : 3.125/1 : 20.00/16 : 24.375/39 = 4.375 : 3.125 : 1.25 : 0.625 = 7 : 5 : 2 :$

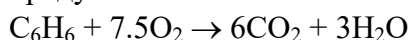
Формула продукта $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{K}$. Это бензоат калия. Следовательно, неизвестный углеводород - монозамещенный гомолог бензола $\text{C}_6\text{H}_5\text{R}$.

При сгорании 1 моль толуола образуется 11 моль газообразных продуктов при 300°C.

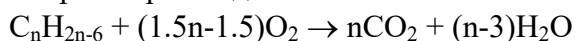


По условию при сгорании 1 моль неизвестного гомолога бензола А должно получаться газообразных продуктов либо $11/1.545 = 7.120$ моль, либо $11 \cdot 1.545 = 17$ моль.

Первый вариант должен соответствовать только бензолу ($n < 7$), но C_6H_6 бы дал 9 моль продуктов. Это не бензол.

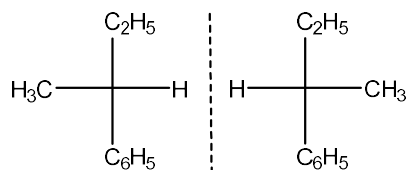


Второй вариант должен соответствовать гомологу $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$, где $n > 7$. Определим его.

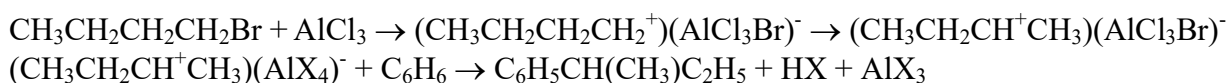


$$n + (n-3) = 17 \quad 2n-3 = 17 \quad 2n = 20 \quad n = 10$$

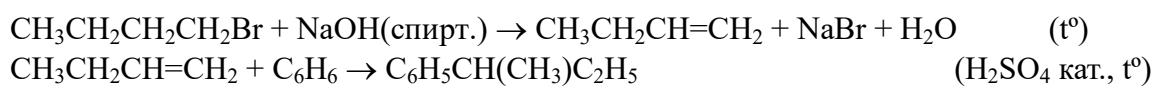
Состав углеводорода $\text{C}_{10}\text{H}_{14}$. Это вторичный бутилбензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)\text{C}_2\text{H}_5$. Только он существует в виде 2 оптических антиподов, так как содержит один асимметрический атом углерода, имеющий 4 разных заместителя.



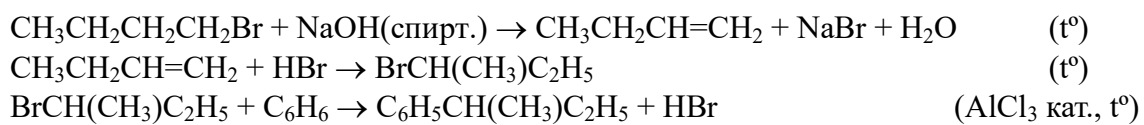
Втор-бутилбензол получается по известной одностадийной методике алкилированием бензола 1-бромбутаном в присутствии катализатора Фриделя-Крафтца AlCl_3 при нагревании. В ходе этой реакции на промежуточной стадии быстро происходит изомеризация первичного бутильного карбокатиона в более стабильный втор-бутильный:



Втор-бутилбензол можно также получить в 2 стадии через бутен-1:

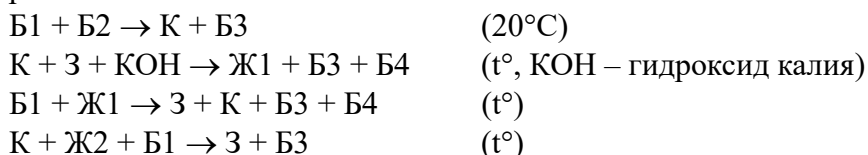


Втор-бутилбензол можно также получить в 3 стадии через втор-бутилбромид:



Задача 10-2

Концентрированные водные растворы соединений Б1 [бинарное вещество, $\omega(\text{H}) = 1.235\%$] и Б2 [$\omega(\text{H}) = 0.775\%$] при 20°C реагируют с образованием соединений К (простое вещество) и Б3 [бинарное вещество, $\omega(\text{H}) = 11.11\%$]. Молярные массы веществ Б1, Б2, Б3 относятся как 4.500:7.167:1.000. Расшифруйте вещества, составьте уравнения четырех окислительно-восстановительных реакций, протекающих в водной среде. Цвета веществ: К – красное, Ж1 и Ж2 – желтые, З – зеленое, Б1, Б2, Б3, Б4 – бесцветные. Из всех веществ не растворяется в воде только Ж2, оно является кристаллогидратом – тетрагидратом гидроксида металла. Бинарные вещества Б4 и З – соли одной кислоты, причем массовые доли металлов в них отличаются в 1.84 раза. Вещества Ж1, Ж2 и З содержат один и тот же металл в трех различных степенях окисления.



Решение

Простое вещество красного цвета, растворимое в воде, **К – это бром Br_2** .

Определим Б3 – бинарное соединение водорода.

Представим его формулу как $\text{H}_n\text{Э}$, где n – валентность элемента.

По условию $\omega(\text{H}) = 11.11\%$. Рассмотрим варианты:

а) пусть $n=1$, тогда $M(\text{HЭ}) = 1/0.1111 = 9$ г/моль, значит $M(\text{Э}) = 8$ г/моль. Нет такого.

б) пусть $n=2$, тогда $M(\text{H}_2\text{Э}) = 2/0.1111 = 18$ г/моль, значит $M(\text{Э}) = 16$ г/моль. Это кислород, а **Б3 – это вода H_2O** .

в) пусть $n=3$ или 4 или 5, тогда $M(\text{HЭ}) = 27$ или 36 или 45 г/моль. Нет таких водородных соединений.

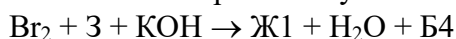
Бинарное водородное соединение **Б1 – это HBr** . $\omega(\text{H}) = 1/81 = 0.1235$ (1.235%).

$M(\text{HBr})=81$ г/моль, что в 4.5 раза превышает $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$ г/моль.

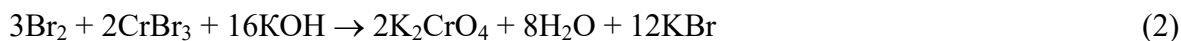
Схема 1 принимает вид: $\text{HBr} + \text{Б2} \rightarrow \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$, значит водородное соединение Б2 должно включать атомы кислорода и иметь $M(\text{Б2}) = 18 \cdot 7.167 = 129$ г/моль. **Б2 – это HBrO_3** – бромноватая кислота.



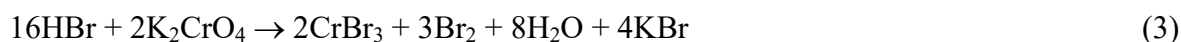
Рассмотрим схему 2. Она включает 3 уже известные вещества:



Б4 и З – соли одной кислоты, это бромиды. Бесцветный **Б4 – это KBr** . Зеленый бромид MeBr_n металла в низкой степени окисления окисляется бромом в щелочной среде до желтого соединения металла в высокой степени окисления, это соединения $\text{Cr}(\text{III}, \text{VI})$. Вещество **З – это CrBr_3** , $M(\text{CrBr}_3) = 292$ г/моль, $\omega(\text{Cr}) = 52/292 = 0.1781$ (17.81%), что в 1.84 раза меньше, чем $\omega(\text{К})$ в молекуле $\text{KBr} = 39/119 = 0.3277$ (32.77%).



Реакция 3 представляет противоположный реакции 2 процесс восстановления Cr^{+6} до Cr^{+3} действием HBr . Причина инверсии – большое различие редокс-потенциалов окислителей (Cr^{+6} , Br^0) и восстановителей (Cr^{+3} , Br^-) в кислой и щелочной средах.



В реакции 4 происходит окисление Cr^{+2} до Cr^{+3} действием Br_2 :



Задача-3

При 600°C металл **A** массой 4.00 г полностью сгорает в газе **B**. При этом образуется смесь двух твердых веществ **E** и **F**. При растворении этой смеси в 100 г раствора кислоты **C** с массовой долей 12.19% образуется раствор вещества **D** с массовой долей 14.87% и остается 1.00 г нерастворимого простого вещества **E**. Массовая доля водорода в кислоте **C** равна 2.74%. Газ **B** – один из компонентов воздуха. Вещества реагируют в стехиометрических количествах. Реакции протекают до конца.

1. Расшифруйте вещества **A–E**.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
3. Как можно погасить горящий металл **A**?

Решение

1. Сначала определим кислоту **C** (H_xAn). Для этого найдем молярную массу кислотного остатка:

$$\omega(H) = M(H) \cdot x / (M(H) \cdot x + M(An)) = x / (x + M(An)) = 0.0274;$$

отсюда получаем:

$$M(An) = 35.5 \cdot x - \text{для } x = 1 \text{ получаем } M(An) = 35.5 \text{ г/моль, то есть кислота } C - \text{ это } HCl.$$

При сгорании металл **A** дает соединение **F**, которое растворяется в соляной кислоте. Можно представить, что **D** – это хлорид металла **A**, то есть ACl_y . Количество вещества HCl , прореагировавшего с **F**: $n(HCl) = 100 \cdot 0.1219 / 36.5 = 0.334$ моль. Количество образовавшегося вещества **D** (ACl_y) равно $(0.334 / y)$ моль. Количество металла **A** также равно $(0.334 / y)$ моль, тогда его масса равна $[(0.334 / y) \cdot M(A)]$ или 4 г:

$$[(0.334 / y) \cdot M(A)] = 4, \text{ отсюда } M(A) / y = 12 \text{ г/моль}$$

Молярная масса вещества **A** равна: $M(A) = (12 \cdot y)$ г/моль.

Степень окисления A	$M(A)$, г/моль	металл
y		
1	12	
2	24	магний
3	36	
4	48	титан
5	60	
6	72	
7	84	

Найдем массу хлорида металла **D** (ACl_y).

$$m(ACl_y) = (M(A) + 35.5 \cdot y) \cdot n(ACl_y) = (12 \cdot y + 35.5 \cdot y) \cdot (0.334 / y) = 15.865 \text{ г.}$$

Масса раствора хлорида: $m(p\text{-ра } ACl_y) = m(ACl_y) / \omega(ACl_y) = 15.865 / 0.1487 = 106.69 \text{ г.}$

Тогда масса вещества **F**, образованного при сгорании металла **A** в газе **B**, $m(F) = 106.69 - 100 = 6.69 \text{ г}$, а молярная масса **F** равна: $M(F) = 6.69 / [0.334 / y] = [20 \cdot y]$ г/моль. Для $y = 2$ получаем $M(F) = 40$ г/моль, $40 - 24 = 16$ – это кислород, а соединение **F** – оксид магния MgO . Для $y = 4$ получаем $M(F) = 80$ г/моль, $80 - 48 = 32$ – это два атома кислорода, а соединение **F** – оксид магния TiO_2 . Однако оксид титана не растворяется в соляной кислоте, поэтому соединение **F** это однозначно оксид магния, а металл **A** – магний.

Из условия следует, что газ является бинарным оксидом. Массовая доля кислорода в газе **B** равна: $\omega(O) = (6.69 - 4) / (1 + 6.69 - 4) = 0.729$, что соответствует CO_2 . Вещество **E** – это углерод.



3. Магний нельзя потушить водой, поскольку он с ней реагирует с образованием водорода, который с кислородом дает гремучую смесь. Нельзя потушить магний и углекислым газом. Магний прекрасно горит и в смеси с песком. Он отнимает у песка кислород, который входит в его состав и образуется оксид магния. Прекратить доступ кислорода к горящему магнию можно асбестовым одеялом, помещенным на горящий магний. **A** – Mg; **B** – CO_2 ; **C** – HCl ; **D** – $MgCl_2$; **E** – C; **F** – MgO .

Задача 10-4

При нагревании 14.30 г кристаллического соединения **A** до 32°C образовался только раствор средней соли **B** с массовой долей растворенного вещества 37.06%. Полученный раствор разделили поровну на две пробирки. К первой пробирке добавили избыток раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а ко второй – избыток раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$. При этом образовались белые осадки массой 2.500 г и 4.925 г соответственно.

1. Определите соединения **A** и **B**. Ответы подтвердите необходимыми расчетами.

2. Приведите уравнения химических реакций.

3. Какую среду (кислотную, нейтральную или щелочную) имеет полученный раствор.

Ответ обоснуйте.

Решение

1. При взаимодействии соли **B** с гидроксидами кальция и магния образуются соединения, которые в общем виде можно записать $\text{Ca}(\text{An})_x$ и $\text{Ba}(\text{An})_x$.

$$\begin{aligned} m(\text{Ca}(\text{An})_x) &= n(\text{Ca}(\text{An})_x) \cdot M(\text{Ca}(\text{An})_x) = n(\text{Ca}(\text{An})_x) \cdot [M(\text{Ca}) + x \cdot M(\text{An})] = \\ &= n(\text{Ca}(\text{An})_x) \cdot [40 + x \cdot M(\text{An})] = 2.500; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(\text{Ba}(\text{An})_x) &= n(\text{Ba}(\text{An})_x) \cdot M(\text{Ba}(\text{An})_x) = n(\text{Ba}(\text{An})_x) \cdot [M(\text{Ba}) + x \cdot M(\text{An})] = \\ &= n(\text{Ba}(\text{An})_x) \cdot [137 + x \cdot M(\text{An})] = 4.925. \end{aligned}$$

$n(\text{Ca}(\text{An})_x) = n(\text{Ba}(\text{An})_x)$ – так как гидроксиды были в избытке и количество образовавшегося осадка определялось количеством **B**.

$$[137 + x \cdot M(\text{An})] / [40 + x \cdot M(\text{An})] = 4.925 / 2.500 = 1.97;$$

Отсюда $x \cdot M(\text{An}) = 60$ г/моль, для $x = 1$ получаем CO_3^{2-} .

Количество карбонатов в одной пробирке равно $2.500 / 100 = 0.025$ моль, а в исходном растворе в два раза больше, то есть 0.05 моль.

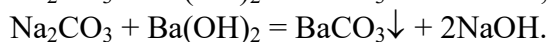
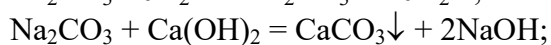
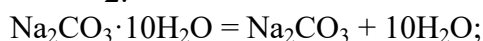
$$m(\text{B}) = 14.3 \cdot 0.3706 = 5.3 \text{ г.}$$

$M(\text{B}) = 5.3 / 0.05 = 106$ г/моль. Вещество **B** – это карбонат натрия Na_2CO_3 .

Поскольку при разложении соединения **A** образовался только раствор соли **B**, то **A** – кристаллогидрат состава $\text{B} \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

$$n = [(100 - 37.06) / 18] / [37.06 / 106] = 10, \text{ тогда } \text{A} = \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}.$$

2.



3. Водный раствор имеет щелочную среду в результате реакции гидролиза:



БИБН 2022-23
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ФИНАЛЬНЫЙ ТУР
(5 февраля 2023 года)
9 класс

Задача 9-1

Пигмент железный сурик имеет красно-коричневый цвет, представляет собой оксид железа с массовой долей железа 70.0%. Оранжевый пигмент свинцовый сурик – тоже оксид, но массовая доля металла в 1.29514 раза больше.

- Выведите формулы этих оксидов.
- К какому еще классу химических соединений можно отнести оксид - свинцовый сурик?
- При взаимодействии железного и свинцового сурика в определенных условиях с NaOH и HCl можно получить соли. Напишите уравнения и условия протекания реакций.

Атомные массы металлов округляйте до целых чисел.

Решение

Определим формулу железного сурика Fe_2O_x .

$n(Fe) : n(O) = 70/56 : 30/16 = 1.25 : 1.875 = 1:1.5 = 2 : 3$. Формула Fe_2O_3 . $M(Fe_2O_3) = 160$ г/моль. Массовая доля свинца в свинцовом сурике равна $70 \cdot 1.29514 = 90.66\%$.

$n(Pb) : n(O) = 90.66/207 : 9.34/16 = 0.4380 : 0.5838 = 1 : 1.33 = 3 : 4$.

Относится к классу оксидов [оксид Pb(II,IV)] и к классу солей

$Pb^{+2}Pb^{+4}O_4$ – соль гидроксида свинца(II) и ортосвинцовой кислоты $H_4Pb^{+4}O_4$.

Формула Pb_3O_4 .

$Fe_2O_3 + 2NaOH \rightarrow 2NaFeO_2 + H_2O$ (сплавление при $600^\circ C$)

$Pb_3O_4 + 6NaOH + 4H_2O \rightarrow 2Na_2Pb(OH)_4 + Na_2Pb(OH)_6$ (нагревание с конц. р-ром NaOH)

$Fe_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 3H_2O$ ($20^\circ C$)

$Pb_3O_4 + 8HCl \rightarrow 3PbCl_2 + Cl_2 + 4H_2O$ (нагревание с конц. р-ром HCl)

Задача 9-2

Концентрированные водные растворы соединений Б1 [бинарное вещество, $\omega(H) = 1.235\%$] и Б2 [$\omega(H) = 0.775\%$, $\omega(O) = 37.21\%$] при $20^\circ C$ реагируют с образованием соединений К (простое вещество) и Б3 [бинарное вещество, $\omega(H) = 11.11\%$]. Молярные массы веществ Б1, Б2, Б3 относятся как 4.500:7.167:1.000. Расшифруйте вещества, составьте уравнения четырех окислительно-восстановительных реакций, протекающих в водной среде. Цвета веществ: К – красное, Ж1 и Ж2 – желтые, З – зеленое, Б1, Б2, Б3, Б4 – бесцветные. В чистом виде Б1 – газообразное вещество, Б3 и К – жидкие. Из всех веществ не растворяется в воде только Ж2, оно является кристаллогидратом – тетрагидратом гидроксида металла с содержанием металла 32.91%. Бинарные вещества Б4 и З – соли разных металлов и одной кислоты, причем массовые доли металлов в них отличаются в 1.84 раза. Вещества Ж1, Ж2 и З содержат один и тот же металл в трех различных степенях окисления.

$B1 + B2 \rightarrow K + B3$ ($20^\circ C$)

$K + З + KOH \rightarrow Ж1 + Б3 + Б4$ (t° , KOH – гидроксид калия)

$B1 + Ж1 \rightarrow З + K + Б3 + Б4$ (t°)

$K + Ж2 + B1 \rightarrow З + Б3$ (t°)

Решение

Простое вещество красного цвета, жидкое, растворимое в воде, **К** – это бром Br_2 .

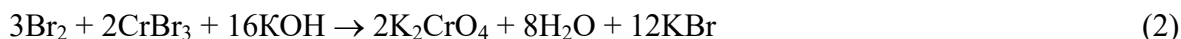
Б3 – жидкое бинарное соединение водорода должно обязательно содержать кислород и водород, причем $\omega(H) = 11.11\%$. **Б3** – это вода H_2O .

Б1 - бинарное газообразное водородное соединение - это **HBr**. $\omega(\text{H}) = 1/81 = 0.1235$ (1.235%).
 $M(\text{HBr})=81$ г/моль, что в 4.5 раза превышает $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$ г/моль.
 Схема 1 принимает вид: $\text{HBr} + \text{Б2} \rightarrow \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$, соединение Б2 включает атомы Н, О [$\omega(\text{H}) = 0.775\%$, $\omega(\text{O}) = 37.21\%$], это не может быть H_2O_2 . Вещество Б2 кроме Н, О может включать только бром. $M(\text{Б2}) = 18 \cdot 7.167 = 129$ г/моль. **Б2 – это HBrO₃** – бромноватая кислота, бесцветная, существует только в растворе.

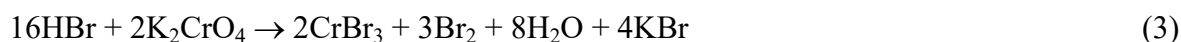


Рассмотрим схему 2. Она включает 3 уже известные вещества:
 $\text{Br}_2 + 3 + \text{KOH} \rightarrow \text{Ж1} + \text{H}_2\text{O} + \text{Б4}$

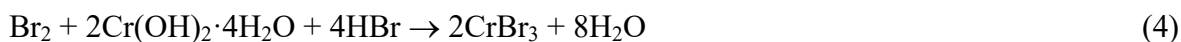
Бесцветная соль **Б4 – это KBr**. $\omega(\text{K})$ в молекуле $\text{KBr} = 39/119 = 0.3277$ (32.77%).
 Б4 и 3 – соли одной кислоты, это бромиды. Зеленый бромид MeBr_n металла в более низкой степени окисления окисляется бромом в щелочной среде до желтого соединения металла в более высокой степени окисления, это соединения Cr(III,VI) . Вещество **3 – это CrBr₃**, $M(\text{CrBr}_3) = 292$ г/моль, $\omega(\text{Cr}) = 52/292 = 0.1781$ (17.81%), что в 1.84 раза меньше, чем $\omega(\text{K})$ в молекуле KBr .



Реакция 3 представляет противоположный реакции 2 процесс восстановления Cr^{+6} до Cr^{+3} действием HBr . Причина инверсии – большое различие редокс-потенциалов окислителей (Cr^{+6} , Br^0) и восстановителей (Cr^{+3} , Br^-) в кислой и щелочной средах.



В реакции 4 происходит окисление Cr^{+x} до Cr^{+3} действием Br_2 в кислой среде HBr .
 Обозначим формулу Ж2 за $\text{Cr}^{+n}(\text{OH})_n \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и выразим массовую долю хрома:
 $\omega(\text{Cr}) = 52/(52+17n+72) = 0.3291$, значит $124+17n=158$, $n=2$. **Ж2 – это Cr(OH)₂·4H₂O**.



Задача 9-3

На Земле в свободном состоянии встречаются три оксида железа: минералы иоцит FeO , магнетит Fe_3O_4 и гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$).

1. Определите степени окисления железа в этих соединениях. Приведите уравнения реакций получения этих соединений, в которых не участвует свободный кислород.

2. Прокаливание как иоцита, так и магнетита в атмосфере кислорода приводит к образованию гематита. Соответствующие стандартные значения мольных энтальпий для этих реакций составляют -292.6 и -232.4 кДж/моль (продукта). Определите стандартную энтальпию реакции окисления иоцита в магнетит.

Решение

1.
 Fe^{2+}O , $(\text{Fe}^{2+})(\text{Fe}^{3+})_2\text{O}_4$, $(\text{Fe}^{3+})_2\text{O}_3$.
 $\text{FeC}_2\text{O}_4 = \text{FeO} + \text{CO} + \text{CO}_2$ (термическое разложение),
 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ (нагревание с нагретым водяным паром),
 $2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (дегидратация).

2.

$4\text{FeO} + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\Delta\text{H}^\circ_1 = -585.2$ кДж
$4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 = 6\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\Delta\text{H}^\circ_2 = -1394.4$ кДж
$6\text{FeO} + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_3\text{O}_4$	$\Delta\text{H}^\circ_3 = 3/2\Delta\text{H}^\circ_1 - 1/2\Delta\text{H}^\circ_2 = -877.8 + 697.2 = -180.6$ кДж

Задача 9-4

При нагревании 14.30 г кристаллического соединения **A** до 32°C образовался только раствор средней соли **B** с массовой долей растворенного вещества 37.06%. Полученный раствор разделили поровну на две пробирки. К первой пробирке добавили избыток раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а ко второй – избыток раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$. При этом образовались белые осадки массой 2.500 г и 4.925 г соответственно.

1. Определите соединения **A** и **B**. Ответы подтвердите необходимыми расчетами.

2. Приведите уравнения химических реакций.

3. Какую среду (кислотную, нейтральную или щелочную) имеет полученный раствор.

Ответ обоснуйте.

Решение

1. При взаимодействии соли **B** с гидроксидами кальция и магния образуются соединения, которые в общем виде можно записать $\text{Ca}(\text{An})_x$ и $\text{Ba}(\text{An})_x$.

$$\begin{aligned} m(\text{Ca}(\text{An})_x) &= n(\text{Ca}(\text{An})_x) \cdot M(\text{Ca}(\text{An})_x) = n(\text{Ca}(\text{An})_x) \cdot [M(\text{Ca}) + x \cdot M(\text{An})] = \\ &= n(\text{Ca}(\text{An})_x) \cdot [40 + x \cdot M(\text{An})] = 2.500; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(\text{Ba}(\text{An})_x) &= n(\text{Ba}(\text{An})_x) \cdot M(\text{Ba}(\text{An})_x) = n(\text{Ba}(\text{An})_x) \cdot [M(\text{Ba}) + x \cdot M(\text{An})] = \\ &= n(\text{Ba}(\text{An})_x) \cdot [137 + x \cdot M(\text{An})] = 4.925. \end{aligned}$$

$n(\text{Ca}(\text{An})_x) = n(\text{Ba}(\text{An})_x)$ – так как гидроксиды были в избытке и количество образовавшегося осадка определялось количеством **B**.

$$[137 + x \cdot M(\text{An})] / [40 + x \cdot M(\text{An})] = 4.925 / 2.500 = 1.97;$$

Отсюда $x \cdot M(\text{An}) = 60$ г/моль, для $x = 1$ получаем CO_3^{2-} .

Количество карбонатов в одной пробирке равно $2.500 / 100 = 0.025$ моль, а в исходном растворе в два раза больше, то есть 0.05 моль.

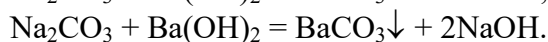
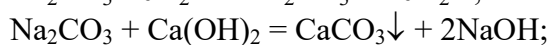
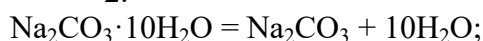
$$m(\text{B}) = 14.3 \cdot 0.3706 = 5.3 \text{ г.}$$

$M(\text{B}) = 5.3 / 0.05 = 106$ г/моль. Вещество **B** – это карбонат натрия Na_2CO_3 .

Поскольку при разложении соединения **A** образовался только раствор соли **B**, то **A** – кристаллогидрат состава $\text{B} \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

$$n = [(100 - 37.06) / 18] / [37.06 / 106] = 10, \text{ тогда } \text{A} = \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}.$$

2.



3. Водный раствор имеет щелочную среду в результате реакции гидролиза:

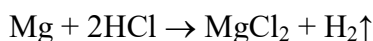


БИБН 2022-23
«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР
(5 февраля 2023 года)
8 класс

Задача 8-1

Воздушный шар наполнили 400 граммами водорода, полученного растворением магния в соляной кислоте. Напишите уравнение реакции. Определите необходимые массы магния и 35%-ного раствора соляной кислоты. Определите объем шара (условия нормальные), а также массу объема гелия, равного объему водорода.

Решение



$$n(\text{H}_2) = 400/2 = 200 \text{ моль. } n(\text{Mg}) = n(\text{H}_2) = 200 \text{ моль. } m(\text{Mg}) = 200 \cdot 24 = 4800 \text{ г.}$$

$$n(\text{He}) = n(\text{H}_2) = 200 \text{ моль. } m(\text{He}) = 200 \cdot 4 = 800 \text{ г.}$$

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{H}_2) = 400 \text{ моль. } m(\text{HCl}) = 400 \cdot 36.5 = 14600 \text{ г.}$$

$$m(\text{HCl}_{\text{р-ра}}) = 14600/0.35 = 41714 \text{ г.}$$

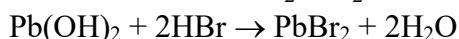
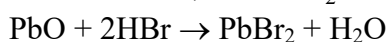
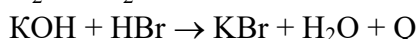
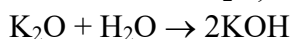
$$V(\text{шара}) = 200 \text{ моль} \cdot 22.4 \text{ л/моль} = 4480 \text{ л.}$$

Задача 8-2

Твердое вещество **А** хорошо растворяется в жидком веществе **Б**, и полученный раствор содержит только водород, кислород и калий, газы и осадки при растворении не образуются. Газообразное вещество **В** тоже хорошо растворяется в веществе **Б**, и полученный раствор содержит только водород, кислород и бром. При сливании этих растворов происходит химическая реакция с разогреванием. При добавлении к раствору **В** твердого вещества **Г** выпадает осадок, содержащий только свинец и бром, газы не образуются. Предложите варианты, какими веществами могут быть **А**, **Б**, **В** и **Г**? Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

Решение

А – КОН или K_2O , **Б** - H_2O , **В** - HBr , **Г** – PbO или $\text{Pb}(\text{OH})_2$.



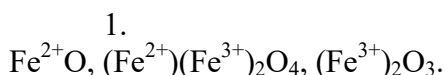
Задача 8-3

На Земле в свободном состоянии встречаются три оксида железа: минералы иоцит FeO , магнетит Fe_3O_4 и гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$).

1. Определите степени окисления железа в этих соединениях. Приведите уравнения реакций получения этих соединений, в которых не участвует свободный кислород.

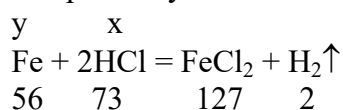
2. Навеску железа растворили в соляной кислоте и получили раствор с одинаковой процентной концентрацией соли и хлороводорода, равной 10%. Вычислите массовую долю хлороводорода в исходном растворе кислоты.

Решение



$\text{FeC}_2\text{O}_4 = \text{FeO} + \text{CO} + \text{CO}_2$ (термическое разложение),
 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ (нагревание с нагретым водяным паром),
 $2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (дегидратация).

2. Пусть было 100 г раствора кислоты, в котором содержалось x г хлороводорода, и прореагировало y г железа.



В ходе реакции выделилось $2y/56$ г водорода и образовалось $127y/56$ г хлорида железа. При этом прореагировало $73y/56$ г хлороводорода и осталось $(x - 73y/56)$ г. Масса раствора после опыта составляла $(100 - 2y/56 + y)$ г. Составляем систему уравнений:

$$\begin{aligned} (127y/56) : (100 - 2y/56 + y) &= 0.1; \\ (x - 73y/56) : (100 - 2y/56 + y) &= 0.1. \end{aligned}$$

Решив первое уравнение, получаем: $y = 4.6$ г. Подставив значение во второе уравнение, получаем $x = 16.43$ г. Итак, массовая доля в исходном растворе $\omega(\text{HCl}) = 16.43\%$.

Задача 8-4

В четырех неподписанных пробирках находятся разбавленные растворы Na_2S , Na_2CO_3 , HCl , H_2SO_4 .

1. Предложите такую последовательность действий, благодаря которой, совершив не больше четырех опытов, можно однозначно определить, раствор какого вещества находится в каждой пробирке. Из дополнительных реагентов можно использовать только раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и металлический порошок Mg . Приведите объяснение своих действий. Под опытом следует понимать смешивание порции раствора одной из пробирок только с одним из дополнительных реагентов или с порцией раствора из другой неподписанной пробирки.

2. Напишите уравнение всех реакций, происходящих во время опытов.

Решение

1. Ниже описан один из возможных алгоритмов.

Пронумеруем пробирки.

Опыт 1. Смешаем порции из пробирок 1 и 2.

Вариант 1. Если при смешивании не наблюдается выделение газа, то (а) в пробирках 1 и 2 находятся HCl и H_2SO_4 (тогда в 3 и 4 – Na_2S и Na_2CO_3) или наоборот (б) в пробирках 1 и 2 находятся Na_2S и Na_2CO_3 (тогда в 3 и 4 – HCl и H_2SO_4).

Опыт 2. Добавляем в порцию из пробирки 1 металлический магний. Если наблюдается выделение газа, то верно утверждение (а), если нет – утверждение (б). Теперь известно точно, в каких двух пробирках находятся растворы солей, а в которых – растворы кислот. Пусть для определенности оказалось, что растворы кислоты содержатся в пробирках 1 и 2.

Опыт 3. К порции одной из пробирок, содержащих кислоты (пробирки 1), добавляем раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Если наблюдается выпадение осадка – тогда в пробирке 1 – раствор H_2SO_4 (тогда во 2 – раствор HCl). Если же выпадение осадка не наблюдается, то в 1 находится раствор HCl (тогда во 2 – раствор H_2SO_4). Таким образом, четко определяется, в какой из пробирок находится раствор HCl , а в какой – раствор H_2SO_4 . Остается определить, в каких пробирках находятся растворы Na_2S и Na_2CO_3 .

Опыт 4. К порции одной из пробирок с солью, для определенности пусть будет пробирка 3, добавляем порцию из пробирки, содержащей H_2SO_4 (или HCl). Если наблюдается выделение газа с запахом тухлых яиц (H_2S), то в 3 находится раствор Na_2S (а в 4 – Na_2CO_3), а если наблюдается выделение газа без запаха (CO_2), то в 3 находится раствор Na_2CO_3 (а в 4 – Na_2S).

Вариант 2. Если при смешивании наблюдается выделение газа, тогда в одной из

пробирок 1 и 2 (как и в одной из пробирок 3 и 4) находится кислота, а в другой соль. Если выделившийся газ не имеет запаха, то соль в случае пробирок 1 и 2 – Na_2CO_3 (соответственно в случае пробирок 3 и 4 – Na_2S). Если же газ имеет запах тухлых яиц, то наоборот соль в случае пробирок 1 и 2 – Na_2S (соответственно в случае пробирок 3 и 4 – Na_2CO_3).

Опыт 2. Добавляем в порцию из пробирки 1 порошок металлического магния. Если наблюдается выделение газа, то в пробирке 1 кислота, а в 2 – известная соль, если газ не выделяется, то в пробирке 1 – соль, а в пробирке 2 – кислота. Пусть для определенности кислота оказалась в пробирке 1.

Опыт 3. К пробирке, содержащей кислоту (1), добавляем раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Если наблюдается выпадение осадка, то кислота в 1 – H_2SO_4 (тогда в одной из пробирок 3 и 4 содержится раствор HCl). Если выпадение осадка не наблюдается, то, наоборот, в 2 – HCl (тогда в одной из пробирок 3 и 4 содержится раствор H_2SO_4). Понятно, что в другой пробирке содержится раствор уже определенной соли. Таким образом, становится известно содержимое пробирок 1 и 2. Остается узнать, в какой из пробирок 3 и 4 находится другая кислота, в которой другая соль.

Опыт 4. К порции из пробирки 3 добавляем порцию из пробирки 1 (содержащую кислоту). Если наблюдается выделение газа (при этом выделяющийся газ будет отличаться от того, который выделялся в опыте 1), тогда в 3 – уже определенная после опыта 1 соль (в пробирке 4 – определенная кислота). Если же выделение газа не наблюдается, то в пробирке 3 – определенная кислота, а в 4 – определенная после опыта 1 соль.

2. При идентификации могут протекать следующие реакции:

