

10 класс 1 задание

Неорганическая химия 106

Изучите следующую схему химических превращений:

Дополнительно известно, что X_1 -простое вещество. X_5 – легко сжижающийся газ, содержащий 90,77% хлора. Вещества X_1 - X_{10} содержат в своем составе химический элемент X.

- 1) Определите о каком химическом элементе X идет речь в задаче. (ответ подтвердите расчетами!)
- 2) Определите формулы соединений X_1 - X_{10} . Напишите уравнения реакций (Всего 10 реакций)
- 3) Изобразите структурную формулу вещества X_9 . В чем особенность электронного строения молекулы этого вещества?
- 4) Аналогом какого известно органического вещества является X_{10} ?

Ответы

1) Неизвестны элемент – бор. (1 балл) Подтвердим это расчетами. При взаимодействии простого вещества с кислородом образуется оксид. Превращение вещества X_2 в X_5 иллюстрирует общий метод получения безводных хлоридов. Следовательно, X_5 - хлорид. Общая формула хлоридов XCl_n , тогда:

$$0,9077 = \frac{35,45n}{35,45n + x}$$

Отсюда, $3,6n = x$

При $n=3$, $x=10,8$ (1балл)

2) Уравнения реакций:



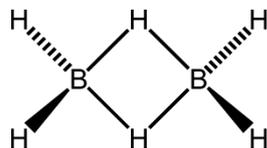
За каждое уравнение по 0,256, итого 2,56

Формулы соединений X1-X10:



За каждую формулу по 0,256, итого 2,56

3) Диборан– соединения с дефицитом электронов. Общее число валентных электронов равно 12, т. е. их не хватает для образования восьми обычных двух электронных двухцентровых связей. Две концевые группы BH_2 лежат в одной плоскости, а атомы водорода и бора связаны двухцентровыми двухэлектронными связями. Два центральных атома водорода расположены симметрично над этой плоскостью и под нею и объединены с атомами бора трехцентровой двухэлектронной связью (2 балла).



4) Боразол - $B_3H_6N_3$ представляет собой шестичленное плоское кольцо, в котором чередуются атомы бора и азота, каждый из них соединён с одним атомом водорода. Молекула боразола изоэлектронна молекуле бензола и имеет аналогичное строение (1 балл).

10 класс 2 задание

Физхимия и электрохимия 156

Химик Горелкин решил получить бертолетову соль. Для этого он собрал установку для электролиза 300 мл 2М раствора хлорида натрия (реакция 1) с отдельным сбором газов на катоде и аноде. Настроил установку на силу тока 1300 мА и ушел на обед, а время засечь забыл. Придя с обеда и поняв свою оплошность, Горелкин не растерялся, остановил установку и решил определить экспериментальным путем время. Для этого он пропустил газ, собранный на катоде, через нагретую трубку с 10,00 г черного оксида с массовой долей неизвестного элемента 80% (реакция 2). После пропускания всего газа Горелкин измерил массу твердого остатка в трубке, она составила 9,20 грамма.

Напишите уравнения реакций 1 и 2. Определите время «обеда» Горелкина.

Газ, собранный над анодом, Горелкин пропустил через 100 мл теплого раствора гидроксида калия с плотностью 1,1 г/мл и массовой долей 11% (реакция 3). После чего, полученный раствор Горелкин аккуратно выпарил, получив белый порошок, не содержащий кристаллизационной воды.

Напишите уравнение реакции 3. Определите массу белого порошка. Как из этого белого порошка можно выделить бертолетову соль?

Решение:

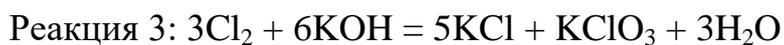


Найдем оксид: $16/0,2 - 16 = 64$ г/моль на один О. Это CuO.



На катоде выделяется водород, на аноде – хлор (и, возможно, кислород, если хлорид «закончился»). Из уравнения 2 видно, что потеря массы в трубке вызвана потерей кислорода, причем 1 моль H_2 «отбирает» 1 моль атомов О. Потеря 0,8 г соответствует $0,8/16 = 0,05$ моль атомов кислорода, следовательно водорода выделилось на катоде 0,05 моль.

Рассчитаем время электролиза $t = (n \cdot z \cdot F) / I = (0,05 \cdot 2 \cdot 96500) / 1,3 = 7423 \text{ с}$
 $= 2,06$ часа. Горелкин явно ушел не только обедать.



Проверим, что выделялось на аноде. $n(\text{NaCl}) = 0,3 \cdot 2 = 0,6$ моль. Значит, электролиз был только самого хлорида, без электролиза воды, поэтому на аноде выделялся только хлор (без кислорода).

Из реакции 1 видно, что моли хлора равны молям водорода, значит, его тоже было 0,05 моль. Рассчитаем моли КОН. Масса раствора $100 \cdot 1,1 = 110$ грамм. Масса щелочи $110 \cdot 0,11 = 12,1$ грамма. Моли КОН $12,1 / 56 = 0,216$ моль. Из реакции 3 видно, что КОН потратится на реакцию $0,05 \cdot 2 = 0,1$ моль, значит, в избытке останется 0,116 моль. КСl образовалось 0,0833 моль, KClO_3 0,0167 моль. После выпаривания хлорид, хлорат и гидроксид калия образуют «белый порошок». Рассчитаем массы: КОН $0,116 \cdot 56 = 6,50$ г; КСl $0,0833 \cdot 74,5 = 6,21$ г; KClO_3 $0,0167 \cdot 122,5 = 2,05$ г. Общая масса $6,50 + 6,21 + 2,05 = 14,76$ г.

Выделить хлорат калия из данной смеси можно разными способами. Например, воспользоваться разной растворимостью солей, особенно при низких температурах хлорат калия очень плохо растворим и будет выпадать в осадок в отличие от гидроксида и хлорида, которые относительно хорошо растворимы.

Критерий	балл
Реакция 1 (неверные коэффициенты – половина баллов)	1
Расчет оксида	1
Реакция 2 (неверные коэффициенты – половина баллов)	1
Расчет выделившегося водорода	2
Расчет времени «обеда»	3
Реакция 3 (неверные коэффициенты – половина баллов)	1
Учет, что NaCl был взят в избытке	1
Расчет кол-ва КОН	1

Расчет массы белого порошка (за каждое вещество по отдельности по 1 баллу)	3
Любой разумный вариант выделения хлората из смеси	1

10 класс 3 задание

Неорганика и общая химия 156

При взаимодействии в эквимольном соотношении 8,22 л аммиака с некоторым предельным углеводородом, чья относительная плотность по воздуху составила 0,55, образовалась смесь газообразных продуктов, состоящая из простого и сложного вещества А. Однако выход целевого продукта по такой реакции является незначительным (23% мас.). После разделения полученной смеси, вещество А сожгли в избытке кислорода, при этом выделилось 3,71 г углекислого газа, 760 см³ воды и 945 см³ простого вещества. Известно, что вещество А является одним из основных реагентов в ходе промышленного получения акрилонитрила. Предположим, что два студента решили повторить синтез в химической лаборатории площадью 11 м² и высотой 3 м, но вследствие негерметичной установки и плохо работающей тяги при получении акрилонитрила из ацетиленов по помещению распространились пары того самого вещества А, чей объем приблизительно составил 10 мл ($\rho = 0,947 \text{ г/см}^3$). Можно ли находиться в этой комнате без вреда для здоровья, если при ингаляционном попадании $LD_{50} = 2 \text{ мг/л}$ (полулетальная доза), а ПДК (предельно допустимая концентрация) вещества А в воздухе не должна превышать 0,3 мг/м³?

На основании данных условия задания:

- 1) установите формулу предельного углеводорода;
- 2) рассчитайте массу вещества А в ходе взаимодействия аммиака с углеводородом;
- 3) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы вещества А;
- 4) установите молекулярную формулу вещества А;
- 5) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- б) укажите тип гибридизации, форму и полярность молекулы А. Растворяется ли вещество в воде? Ответ обоснуйте;

7) напишите уравнение реакции взаимодействия этого вещества с ацетиленом;

8) приведите расчеты, доказывающие, почему можно или нельзя оставаться студентам в лаборатории.

Решение:

1. $M(C_xH_y) = D * M_{\text{возд}} = 0,55 * 29 \approx 16 \text{ г/моль (CH}_4\text{)} \text{ (1 балл)}$



$$n(NH_3) = 8,22 / 22,4 = 0,37 \text{ моль}$$

$$n(HCN) = n(NH_3) = 0,37 \text{ моль}$$

$$m(HCN) = 0,37 * 27 \approx 10 \text{ г}$$

$$m(HCN)_{\text{пр}} = 10 * 0,23 \approx 2,3 \text{ г (2 балл)}$$

3. $n(C) = n(CO_2) = 3,71 / 44 = 0,08 \text{ моль}$

$$n(N) = 2n(N_2) = 2 * 0,945 / 22,4 = 0,08 \text{ моль}$$

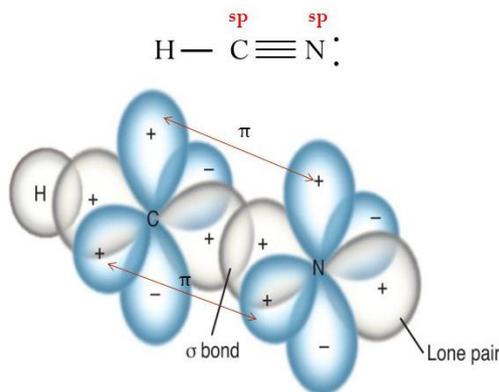
$$n(H) = 2n(H_2O) = 2 * 0,76 / 18 = 0,08 \text{ моль (1 балл)}$$

$$C : H : N = 0,08 : 0,08 : 0,08 = 1 : 1 : 1$$

4. $HCN \text{ (1 балл)}$



6. Молекула синильной кислоты HCN линейна: центральный атом углерода связан одной связью с атомом водорода H и тройной связью с атомом азота N. Одинарная связь образована двумя электронами, а тройная – шестью. Поскольку электроны отталкиваются друг от друга, то связи C-H и C≡N пытаются максимально оттолкнуться друг от друга в пространстве, образуя между собой угол 180 и обеспечивая линейность молекулы.



sp-гибридизация(1 балл)

Рассмотрим полярность и направление дипольного момента каждой связи. Для сигма-связи между углеродом и водородом углерод более полярен, чем водород (электроотрицательность углерода 2.55, а электроотрицательность водорода 2.2 по шкале Полинга). Таким образом, направление дипольного момента — от водорода к углероду. Если мы рассмотрим тройную связь между углеродом и азотом, то увидим, что направление дипольного момента от углерода к азоту, поскольку азот более полярен, чем углерод (электроотрицательность азота 3.04 по шкале Полинга).



Следовательно,HCN является полярной молекулой. (1 балл)

Да, HCN растворим в воде, поскольку HCN является полярной молекулой, а вода также является полярным растворителем. Таким образом, HCN растворяется в воде за счет полярно-полярного взаимодействия.(1 балл)

7. $\text{HC}\equiv\text{CN} + \text{HCN} \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CN}$ (1 балл)

8. $V = S * h = 11 * 3 = 33 \text{ м}^3$

$$m(\text{HCN}) = V * \rho = 10 * 0,947 = 9,47 \text{ г}$$

$$C(\text{HCN}) = m / V = 9,47 / 33 \approx 287 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{(3 балла)}$$

В комнате находиться нельзя т.к. полученное значение во много раз превышает ПДК.(1 балл)

10 класс 4 задание

Органика 10б

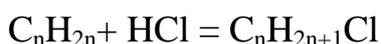
Неизвестный алкен **A** массой 2,6 г способен вступить в химическую реакцию с 2,26 г хлороводорода, с образованием галогенпроизводного **B**. Полученное вещество **B** подвергли следующим превращениям:

- 1) Определите молекулярную формулу неизвестного алкена (ответ подтвердите расчетом)
- 2) Определите структурные формулы соединений **A-G**. Напишите уравнение реакции алкена **A** с хлороводородом

Ответы:

Неизвестный алкен **A** - пропен

Составим схему реакции и определим количество вещества алкена:



$$n(C_nH_{2n}) = n(HCl) = 2,26 / 36,5 = 0,062 \text{ моль}$$

Найдем молярную массу алкена:

$$M(C_nH_{2n}) = 2,6 / 0,062 = 42 \text{ г/моль}$$

$$12n + 2n = 42$$

$$14n = 42$$

$$n = 3 \text{ (3 балла)}$$

Уравнение реакции с хлороводородом:



За каждую правильно определенную структурную формулу **A-G** по 1 баллу, итого 7 баллов

