

10 класс

1. К 35 мл 15% водного раствора селитряной водки (плотность 1,08 г/мл) прибавили небольшими порциями 2,34 г гидроксида алюминия. Какую реакцию среды будет иметь полученный раствор?
15 баллов

Решение.

Селитряная водка – это азотная кислота, ее соли называются селитры. Запишем уравнения реакции между азотной кислотой и гидроксидом алюминия



Найдем количества реагирующих веществ

$$n(\text{Al}(\text{OH})_3) = \frac{2,34}{98} = 0,03 \text{ моль}$$

$$n(\text{HNO}_3) = \frac{V \cdot \rho \cdot \omega}{M} = 0,09 \text{ моль} \quad (5 \text{ баллов})$$

По уравнению реакции, эти вещества должны взаимодействовать в соотношении 3 моль к 1 моль, следовательно, имеющаяся смесь является стехиометрической, то есть оба вещества прореагируют полностью, и в образующемся растворе будет только нитрат алюминия. Поскольку Нитрат алюминия, эта соль, образованная сильной кислотой и слабым основанием, она гидролизует по катиону. Следовательно, в полученном растворе среда будет **кислая. (5 баллов)**

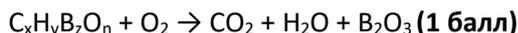
За верный ответ при отсутствии решения ставился максимальный балл

2. При полном сгорании смеси 300 мл паров некоторого соединения, содержащего бор, кислород, углерод и водород (плотность паров по метану примерно 9) и 3.00 л кислорода образовалось белое твердое вещество и смесь газов объемом 4.35 л. После конденсации паров воды объем смеси уменьшился до 2.10 л, а после пропускания оставшихся веществ через избыток раствора едкого кали объем непоглощенного газа составил 300 мл (все объемы измерены при одинаковых условиях). Определите состав исходного соединения.

15 баллов

Решение

Запишем реакцию сгорания неизвестного вещества:



Единственное твердое вещество, которое образуется при сгорании – это оксид бора. Из условий задачи можно найти объемы образовавшихся газов.

Так как после конденсации паров воды объем смеси уменьшился с 4,35 до 2,1 л, значит

$$V(H_2O) = 4,35 - 2,1 = 2,25 \text{ л (1 балл)}$$

При пропускании оставшихся газов через **избыток** раствора едкого кали поглощается **весь** углекислый газ



Следовательно, объем выделившегося при сгорании CO_2 равен

$$V(CO_2) = 2,1 - 0,3 = 1,8 \text{ л (1 балл)}$$

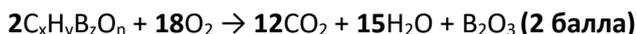
Поскольку после конденсации паров воды и полного поглощения CO_2 остается еще газ, то это может быть только кислород, который остался в избытке. Значит, объем кислорода вступившего в реакцию

$$V(O_{2 \text{ перг}}) = 3 - 0,3 = 2,7 \text{ л (1 балл)}$$

Таким образом, нам стали известны объемы всех газообразных веществ, вступивших в реакцию, и образовавшихся в результате горения. По закону простых объемных соотношений, мы можем определить коэффициенты перед газами в реакции:

$$V(\text{в-ва}):V(O_2):V(CO_2):V(H_2O) = 0,3:2,7:1,8:2,25 = 1:9:6:7,5 = 2:18:12:15 \text{ (1 балл)}$$

Теперь мы в состоянии частично уравнять реакцию



Мы по-прежнему не знаем коэффициент оксидом бора, но зато можем определить количество атомов водорода и углерода, входящих в состав неизвестного вещества, потому что эти элементы уже уравнены.

Следовательно, $x=6$, $y=15$, и мы получаем частичную формулу вещества: $C_6H_{15}B_zO_n$. **(1 балл)**

Кроме этого, нам известна плотность паров этого вещества по метану, значит мы можем найти его молярную массу:

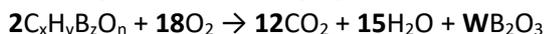
$$M(\text{в-ва}) = D(CH_4) \cdot M(CH_4) \approx 9 \cdot 16 \approx 144 \text{ г/моль (1 балл)}$$

Тогда мы можем приравнять молярную массу вещества к 144:

$$12 \cdot 6 + 15 + 11z + 16n = 144$$

$$11z + 16n \approx 57$$

Предположим, что коэффициент перед оксидом бора равен **W**, тогда



Мы можем приравнять количество кислорода и количество бора в левой и правой частях уравнения:

$$2z = 2W \text{ и } 2n + 36 = 24 + 15 + 3W$$

Из этих двух уравнений можем исключить **W** и связать **z** с **n**:

$$2n = 3 + 3z$$

А поскольку

$$11z + 16n \approx 57$$

Мы можем найти неизвестные индексы z и n:

$$z = 1, n = 3 \text{ (4 балла)}$$

Таким образом, формула вещества, подвергшегося сгоранию $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{BO}_3$. Например, это может быть триэтиловый эфир борной кислоты $\text{B}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$. **(1 балл)**

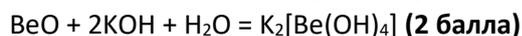
За верный ответ при отсутствии решения ставился максимальный балл

3. В 2,00 л воздуха (давление 2 атм, температура 0 °С) сожгли 2,00 г бериллия. Какой минимальный объем 20% раствора едкого кали (плотность 1,18 г/мл) потребуется для растворения оставшегося после реакции твердого остатка?

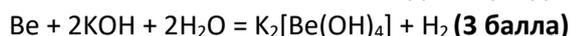
15 баллов

Решение

Запишем уравнения реакций:



Если в первой реакции бериллий остался в избытке, то пойдет еще один процесс:



Из уравнений видно, что вне зависимости от того, в форме какого соединения бериллий реагирует с гидроксидом калия (в виде металла или в виде оксида) на один моль атомов бериллия всегда приходится 2 моль щелочи. Поэтому, можно не утруждать себя расчетами по первой реакции и сразу сказать, что количество KOH, потребовавшегося для растворения остатка, в 2 раза больше, чем количество бериллия, сгоревшего в кислороде

$$n(\text{K}) = 2 \cdot n(\text{Be}) = 2 \cdot \frac{2}{9} = 0,444 \text{ моль} \quad \text{(4 балла)}$$

Зная плотность раствора щелочи и его массовую долю, можем найти объем

$$V_{\text{р-ра}}(\text{K}) = \frac{n(\text{K}) \cdot M(\text{K})}{w_{\text{р-ра}}(\text{K}) \cdot \rho_{\text{р-ра}}(\text{K})} = \frac{0,4 \cdot 56}{0,2 \cdot 1,1} = 105,5 \text{ мл} \quad \text{(4 балла)}$$

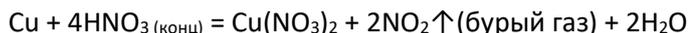
За верный ответ при отсутствии решения ставился максимальный балл

4. Смесь порошков меди и алюминия массой 3.00 г разделили на две равные части. Одну часть обработали при нормальных условиях концентрированной азотной кислотой. При этом выделилось 0.50 л бурого газа. Вторую часть обработали при тех же условиях избытком бромоводородной кислоты. Какой объем газа при этом выделился?

15 баллов

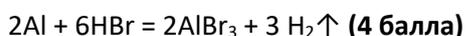
Решение

Запишем уравнения реакций:



$\text{Al} + \text{HNO}_3 (\text{конц})$ - реакция не идет. Алюминий пассивируется холодной концентрированной азотной кислотой. **(4 балла)**

$\text{Cu} + \text{HBr}$ – реакция не идет, медь не может вытеснить водород из кислот.



Зная объем бурого газа NO_2 найдем его количество:

$$n(\text{NO}_2) = \frac{V}{V_M} = \frac{0,5}{2,4} = 0,022 \text{ моль (1 балл)}$$

По уравнению реакции, количество меди, вступающей во взаимодействие с азотной кислотой, в 2 раз меньше, чем объем выделяющегося диоксида азота. Значит, в реакцию. Вступило 0,011 моль меди **(2 балла)**. Можем найти массу прореагировавшей меди:

$$m(\text{Cu}) = n \cdot M = 0,011 \cdot 64 = 0,704 \text{ г (1 балл)}$$

Так как смесь была разделена на две равные части, масса алюминия

$$m(\text{Al}) = 1,5 - m(\text{Cu}) = 0,796 \text{ г (1 балл)}$$

Найдем количество алюминия

$$n(\text{Al}) = \frac{0,7}{27} = 0,0257 \text{ моль (1 балл)}$$

По уравнению реакции, количество водорода в полтора раза больше, чем количество алюминия. Найдем объем выделяющегося водорода

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_M = 0,0295 \cdot 1,5 \cdot 22,4 = 0,99 \text{ л (1 балл)}$$

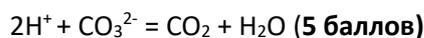
За верный ответ при отсутствии решения ставился максимальный балл

5. Проводя анализ бесцветного раствора, не содержащего осадка, студент определил наличие в растворе следующих ионов: H^+ , K^+ , Fe^{3+} , NO_3^- , CO_3^{2-} . Преподаватель указал ему, что в то время как набор анионов абсолютно правилен, в определении катионов есть ошибки: часть из них определена неверно, а еще один катион отсутствует. Предложите вариант правильного ответа. В чем заключались ошибки студента? Свой ответ подтвердите уравнениями реакций.

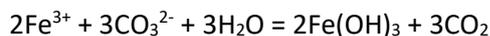
15 баллов

Решение

Ошибки студента заключались в том, что он определил присутствие в растворе ионов, которые не могут там одновременно находиться. Так, H^+ не может одновременно находиться с CO_3^{2-} , так как они реагируют с образованием углекислого газа и воды:



Так же одновременно с карбонатным анионом не может существовать катион железа Fe^{3+} , потому что такие ионы подвергаются совместному гидролизу:



Кроме того, катион Fe^{3+} окрашивает раствор в желто-коричневый цвет. **(5 баллов)**

Вместо этих ионов в растворе может присутствовать тот, который не взаимодействует с нитратным и карбонатным анионами и который в растворе бесцветен. Таким ионом может быть, например, катион натрия Na^+ или катион аммония NH_4^+ . **(5 баллов)**

Значит, состав конечного раствора может быть следующим: Na^+ , K^+ , NO_3^- , CO_3^{2-} .

6. Приведите название по систематической номенклатуре углеводорода, который имеет плотность по воздуху 3,38, а при его окислении кислым раствором перманганата калия образуется ацетон и метилэтил кетон.

15 баллов

Решение

Так как при окислении углеводорода образуются кетоны, таким углеводородом может быть алкен. **(2 балла)** При его окислении кислым раствором перманганата калия происходит полный разрыв двойной связи углерод-углерод.

Зная плотность алкена по воздуху, мы можем установить его молекулярную формулу

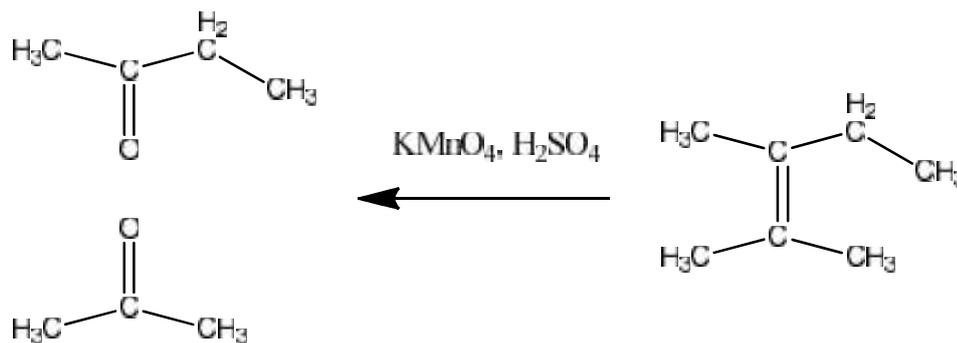
$$M(C_nH_{2n}) = D(\text{возд}) \cdot M(\text{возд}) = 3,38 \cdot 29 = 98 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$$

$$12n + 2n = 98$$

$$n = 7$$

(4 балла)

Значит, искомым алкеном является один из изомеров состава C_7H_{14} . Нас интересует тот, который при окислении превращается в ацетон $CH_3-C(O)-CH_3$ и метилэтил кетон $CH_3-C(O)-C_2H_5$. Зная структуры этих кетонов, можем определить структуру алкена:



(5 баллов)

Название исходного алкена: **2,3-диметилпентен-2** или **2,3-диметилпент-2-ен**. **(4 балла)**

За верный ответ при отсутствии решения ставился максимальный балл

7. Приведите как можно большее число газообразных (при н.у.) веществ, имеющих молекулярную массу 32.

10 баллов

Решение

Так как масса газов равна 32, самым тяжелым элементом, входящим в состав таких газов, может быть сера. Металлы не образуют газообразных при н.у. соединений, поэтому из оставшегося набора легких неметаллов можно составить формулы как минимум трех газов:

PH_3 , SiH_4 , O_2 .

Кроме этих веществ, газообразным соединением является так же гидразин **N_2H_4** .

По **3 балла** за каждую правильную формулу (но не более 10 баллов)