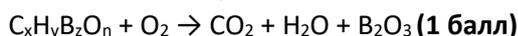


1. При полном сгорании смеси 300 мл паров некоторого соединения, содержащего бор, кислород, углерод и водород (плотность паров по метану примерно 9) и 3.00 л кислорода образовалось белое твердое вещество и смесь газов объемом 4.35 л. После конденсации паров воды объем смеси уменьшился до 2.10 л, а после 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

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

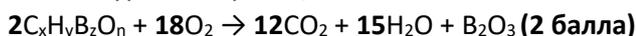
Поскольку после конденсации паров воды и полного поглощения CO_2 остается еще газ, то это может быть только кислород, который остался в избытке. Значит, объем кислорода вступившего в реакцию

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

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:

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

Теперь мы в состоянии частично уравнивать 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:

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

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)**

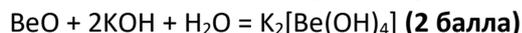
За верный ответ при отсутствии решения ставился максимальный балл

2. 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?

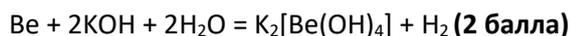
10 баллов

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

$$n(\text{K}) = 2 \cdot n(\text{Be}) = 2 \cdot \frac{2}{5} = 0,444 \text{ моль (2 балла)}$$

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

$$V_{\text{р-ра}}(\text{K}) = \frac{n(\text{K}) \cdot M(\text{K})}{w_{\text{р-ра}}(\text{K}) \cdot \rho_{\text{р-ра}}(\text{K})} = \frac{0,4 \cdot 5}{0,2 \cdot 1,1} = 105,5 \text{ мл (3 балла)}$$

За верный ответ при отсутствии решения ставился максимальный балл

3. В четырех пробирках без этикеток находятся бензол, четыреххлористый углерод, водный раствор хлорида этиламмония и уксусный ангидрид. В вашем распоряжении имеются любые растворители и набор индикаторов. Предложите схему определения содержимого каждой из пробирок.

10 баллов

Решение

Поскольку в нашем распоряжении имеются только индикаторы и растворители, то качественные реакции мы провести не можем.

Первый шаг – проверить растворимость в воде. Бензол в воде не растворяется, поэтому произойдет расслоение жидкостей. При этом бензол окажется сверху, так как его плотность меньше плотности воды.

Четыреххлористый углерод так же не растворяется в воде, но его плотность больше плотности воды. Поэтому слой с четыреххлористым углеродом окажется на дне.

При растворении уксусного ангидрида в воде образуется уксусная кислота. В ее растворе, так же как и в растворе хлорида этиламмония среда кислая (хлорид амина гидролизуется по катиону, поскольку эта соль образована слабым основанием и сильной кислотой).

С помощью лакмуса или метилоранжа два оставшихся раствора различить нельзя. Поэтому нужно использовать либо универсальный индикатор (в этом случае в растворе уксусной кислоты цвет будет более теплого оттенка, так как среда более кислая), либо сравнить растворимость в других растворителях. Например, уксусный ангидрид растворим в бензоле, а при смешении водного раствора хлорида этиламмония с бензолом произойдет расслаивание.

По **2 балла** за определение каждого вещества. Дополнительно **2 балла** за определение всех четырех веществ.

4. При неполном гидролизе пентапептида получены следующие дипептидные фрагменты: Гли-Ала, Фен-Гли, Ала-Сер, Три-Фен. Определите аминокислотную последовательность исходного пептида. Какие трипептиды могли быть получены в ходе гидролиза исходного соединения?

10 баллов

Решение

В депептидных фрагментах содержится пять разных аминокислотных остатков, следовательно, исходный пентапептид содержит пять различных аминокислот. Глядя на порядок соединения аминокислот между собой в продуктах гидролиз, легко восстановить исходную аминокислотную последовательность:

Три-Фен-Гли-Ала-Сер (2 балла)

При частичном гидролиз такого пептида может разорваться любая пептидная связь, поэтому могут быть получены следующие трипептиды:

Три-Фен-Гли Фен-Гли-Ала Гли-Ала-Сер

По **3 балла** за каждый трипептид (но не более 8 баллов суммарно)

5. Предложите уравнения реакций, соответствующих последовательности превращений:

-диол → -диен → -аль + -он

↓

-овая кислота → -ан

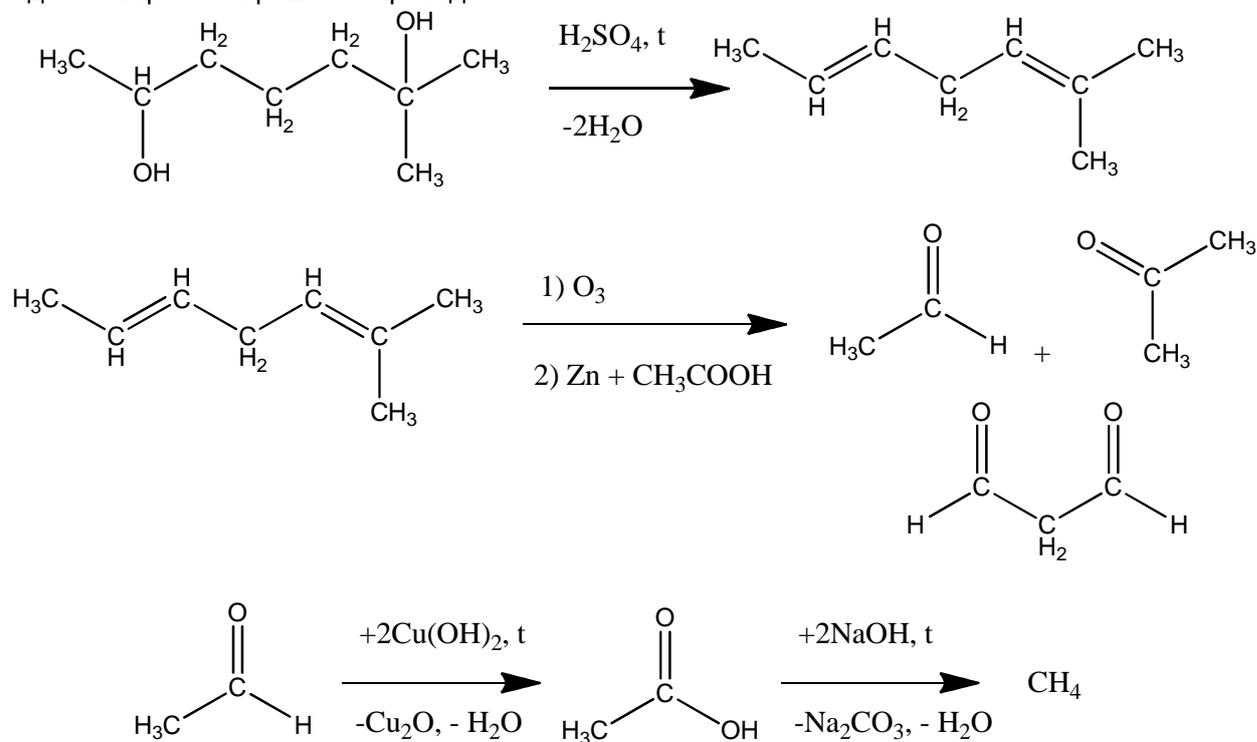
Укажите условия протекания процессов

15 баллов

Решение.

Однозначного решения в этой задаче нет, поскольку количество атомов углерода, входящих в состав веществ, может быть различным. В любом случае, опираясь на окончания названий, можно определить классы органических веществ, о которых идет речь, и типы описанных реакций.

Двухатомный спирт подвергается внутримолекулярной дегидратации с образование алкадиена (по правилу Зайцева). Алкадиен подвергается озонолузу. Образующийся альдегид окисляется до карбоновой кислоты (значит, реакцию серебряного зеркала использовать нельзя, так как в этом случае будем образовываться **аммонийная соль** соответствующей кислоты). Последний шаг – это взаимодействие карбоновой кислоты с избытком щелочи при сплавлении. Кислота сначала превращается в соль, которая дальше со щелочью подвергается реакции декарбоксилирования. Один из вариантов решения приведен ниже



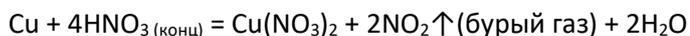
По **15 баллов** за каждую реакцию (всего максимально 12 баллов). По **1 баллу** за правильные условия каждой реакции (но не более 3 баллов суммарно).

6. 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?

10 баллов

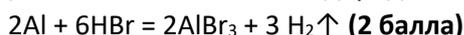
Решение

Запишем уравнения реакций:



$\text{Al} + \text{HNO}_3(\text{конц})$ - реакция не идет. Алюминий пассивируется холодной концентрированной азотной кислотой. **(2 балла)**

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



Зная объем бурого газа NO_2 найдем его количество:

$$n(\text{NO}_2) = \frac{V}{V_M} = \frac{0,5}{22,4} = 0,022 \text{ моль (1 балл)}$$

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 **(1 балл)**. Можем найти массу прореагировавшей меди:

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

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

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

Найдем количество алюминия

$$n(\text{A}) = \frac{0,796}{27} = 0,0295 \text{ моль (1 балл)}$$

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

Найдем объем выделяющегося водорода

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_M = 0,295 \cdot 1,5 \cdot 22,4 = 0,99 \text{ л (1 балл)}$$

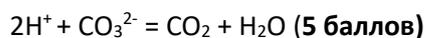
За верный ответ при отсутствии решения ставился максимальный балл

7. 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.

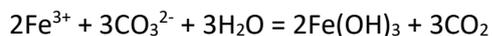
15 баллов

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)**

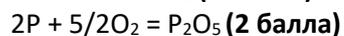
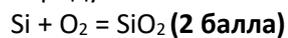
Значит, состав конечного раствора может быть следующим: Na^+ , K^+ , NO_3^- , CO_3^{2-} .

8. Расположите элементы Si, P, S в порядке увеличения количества тепла, выделяющегося при их сгорании в кислороде в расчете на 1 моль продукта.

15 баллов

Решение

Запишем уравнения реакций на 1 моль продукта:



Для того, чтобы понять, где выделится больше тепла, надо понять сколько связей элемент-кислород содержится в 1 моль оксида и знать агрегатные состояния продуктов.

В диоксиде кремния (твердый) суммарно 4 связи **(2 балла)**, в диоксиде серы (газ) 4 связи **(2 балла)**, оксиде фосфора (V) (твердый) 10 связей **(2 балла)**. Чем больше связей элемент-кислород образуется, тем больше тепловой эффект. При этом заведомо более выгодным является образования твердого вещества по сравнению с газом. **(3 балла)**

Таким образом правильный ответ выглядит следующим образом: **S < Si < P**.

За верный ответ при отсутствии решения ставился максимальный балл