

1. При сгорании 22,4 г непредельного органического соединения образовалось 35,84 л углекислого газа (н.у.) и 28,8 г воды. Известно, что при гидробромировании этого соединения может быть получен лишь один бромалкан, молярная масса которого в 2,45 раз превышает молярную массу исходного соединения (в реакции с выходом 100%).

На основании условия:

- 1) произведите **все** необходимые вычисления
- 2) установите молекулярную формулу исходного вещества
- 3) составьте структурную формулу вещества, которая будет однозначно отражать порядок связей атомов в молекуле, и приведите структурные формулы всех возможных внутриклассовых изомеров
- 4) напишите уравнение реакции гидрирования исходного вещества

10 баллов

Решение:

1. определяем количество вещества по реакции сгорания

$$n(\text{CO}_2) = 35,84 / 22,4 = 1,6 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 28,8 / 18 = 1,6 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 1,6 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 3,2 \text{ моль}$$

проверяем соответствие количества вещества исходной массе

$$m(\text{C}) = 1,6 * 12 = 19,2 \text{ г}$$

$$m(\text{H}) = 3,2 * 1 = 3,2 \text{ г}$$

$$m \text{ общая} = 19,2 + 3,2 = 22,4 \text{ г}$$

вывод: соединение содержит только углерод и водород, кислорода нет.

находим простейшую формулу вещества

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 1,6 : 3,2 = 1 : 2$$

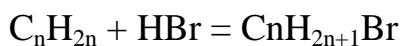
простейшая формула C_nH_{2n} **2 балла**

молярная масса простейшего фрагмента $M(\text{CH}_2) = 12 + 2 \cdot 1 = 14$ г/моль

это молярная масса фрагмента алкена C_nH_{2n}

2. определяем исходное вещество по реакции гидробромирования

Уравнение реакции в общем виде:



Молярная масса алкена в общем виде: $M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 14n$ г/моль

Молярная масса бромалкана в общем виде: $M(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br}) = (14n + 81)$ г/моль

По условию: $(14n + 81) / 14n = 2,45$

$$n = 4$$

исходное вещество **C_4H_8 – бутен 2 балла**

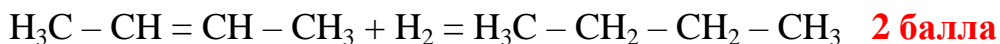
3. устанавливаем структурную формулу

По условию: при гидробромировании может быть получен лишь **один** бромалкан

Только **бутен-2** даст один изомер бромалкана: **$\text{H}_3\text{C} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$ 2 балла**

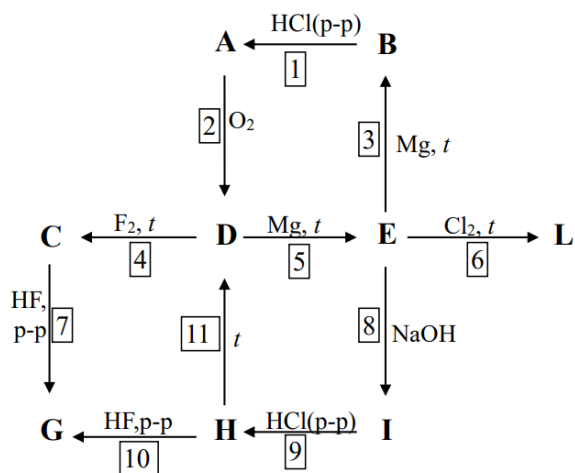
Внутриклассовые изомеры: бутен-1 и 2-метил-пропен (изобутен) **2 балла**

4. реакция гидрирования алкена



Задача 2.

Расшифруйте схему превращений



Известно, что химический элемент **Е** имеет широкое применение в жизни человека. На схеме представлены химические превращения веществ, содержащих этот элемент.

Также известно, что вещества **А** и **С** – бесцветные газы, плотности которых при нормальных условиях равны 1,432 г/л и 4,647 г/л, соответственно. Вещество **Л** – бесцветная жидкость, дымящая на воздухе, а **Г** – сильная кислота, вещество **Д** входит в состав горных пород.

Напишите уравнения реакций всех указанных превращений, укажите неизвестные вещества. Состав веществ **А**, **С** подтвердите расчетом. Напишите несколько названий минералов, имеющих состав **Д**.

15 баллов

Решение.

Вещество **В** образуется при взаимодействии простого вещества **Е** с **Mg**, т. е. имеет состав $MgxE$, далее это вещество реагирует с кислотой при этом образуется газ. Таким образом, газ **А** образован элементом **Е** и водородом ($MgxE + 2xHCl = xMgCl_2 + H_2xE$).

Из плотности газа при н. у. вычисляем его молярную массу:

$$M = d \cdot V_M = 1,4323 \cdot 22,4 = 32,08 \text{ г/моль, (1б)}$$

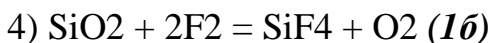
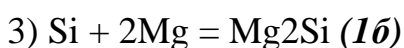
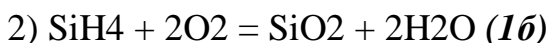
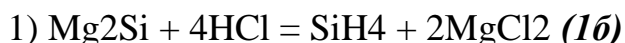
что соответствует SiH₄, по молярной массе подходит также N₂H₄, однако в силу основного характера этого соединения оно не может быть получено действием соляной кислоты.

D образуется при взаимодействии A с кислородом, из чего следует, что D скорее всего является оксидом. При взаимодействии D с F₂, образуется фторид или оксофторид (т. к. D образуется при взаимодействии с O₂), его молярная масса:

$$M = d \cdot V_M = 4,647 \cdot 22,4 = 104,09 \text{ г/моль. (1б)}$$

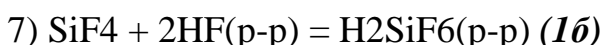
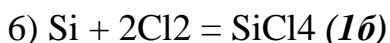
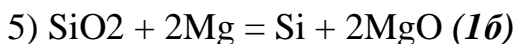
Ближкие молярные массы имеют RbF, ZnF₂, SiF₄, POF₃. Однако RbF, ZnF₂ – твердые соединения в силу ионного характера связи. POF₃ не подходит, т. к. в этом случае E – фосфор, B – фосфид магния, A – фосфин, а D – HPO₃, это вязкая гигроскопичная жидкость не может входить в состав горных пород. Таким образом, элемент E – кремний, B – Mg₂Si, A – SiH₄, D – SiO₂, C – SiF₄.

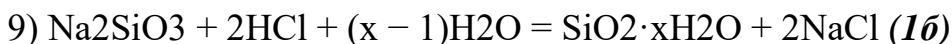
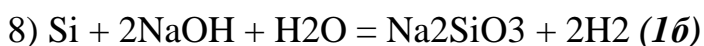
При взаимодействии Si с хлором образуется хлорид SiCl₄ (L). Кремний реагирует с щелочами с выделением водорода и образованием силиката (I). «Кремниевая кислота» очень слабая и легко вытесняется из солей в виде SiO₂·xH₂O (H). Сродство кремния к фтору велико и гидратированный оксид растворяется в плавиковой кислоте с образованием гексафторкремниевой кислоты H₂SiF₆ (G).



(в ходе этой реакции выделяется большое количество теплоты, поэтому OF₂ в условиях

реакции образоваться не может, т. к. термически неустойчив)





(SiO_2 , H_2SiO_3 или H_4SiO_4 – неверно, т. к. в условиях реакции образуется смесь

поликремниевых кислот)



Минералы имеющие состав SiO_2 – кварц, кристобалит, стришовит, тридимит, коэсит,

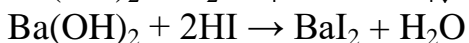
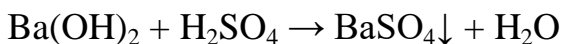
горный хрусталь и многие другие (2б)

3. Бинарное соединение **A** (отношение масс элементов в котором равно 14,7) подвергли гидролизу, в результате которого получили раствор вещества **B**, хорошо растворимого в воде, и бесцветный газ **B** с резким запахом. Газ **B** пропустили через раствор соляной кислоты до слабокислой реакции. Образующееся соединение **Г** хорошо растворимо в воде. После добавления нитрита натрия выделился малореакционноспособный газ без цвета и запаха. Раствор после гидролиза разделили на 2 части, к первой добавили раствор серной кислоты, вследствие чего выпал белый осадок. Ко второй части прилили раствор иодоводорода, но при этом видимых изменений не произошло. Определите вещества **A-Г** и запишите уравнения реакций.

(10 баллов)

Решение:

По результатам реакций кислот с веществом **B** можно сделать вывод что это Ba .

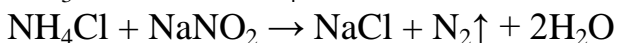
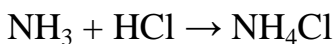


2,5 б

Из курса неорганической химии мы знаем следующие газы с резким запахом Cl_2 , NO_2 , HCl , NH_3 , H_2S . Из них без цвета и с резким запахом NH_3 . 3 б

Предположительно вещество Ba_3N_2 . Проверим это по соотношению масс элементов $412/28=14,7$. Значит наше утверждение верно. 2 б

После этого можно записать оставшиеся реакции:



2,5 б

4. Задача

Легкий белый порошок бинарного соединения X, в котором массовые доли атомов составляют 87,5 и 12,5 %, добавили в 120 мл воды, при этом наблюдали самовоспламенение. В результате этого процесса выделилось 14,84 л бесцветного горючего газа Y (объем газа был измерен при 23,5 °С и давлении 1 атм). Через полученный раствор пропустили смесь газов Z и H, полученную в результате взаимодействия бертолетовой соли массой 19 г с этандиовой кислотой массой 9 г. Образовавшийся раствор разделили на две части в отношении 2:3 по массе и меньшую из них подвергли электролизу с инертными электродами. Процесс вели до тех пор, пока объем выделившихся газов не составил 33,6 л (н.у.). Рассчитайте, с каким объемом 20 % уксусной кислоты ($\rho=1,026$ г/мл) сможет максимально прореагировать данная порция раствора после окончания электролиза, а также массовые доли всех компонентов в ней после всех реакций. (15 баллов)

Решение

Можно понять, что бесцветный горючий газ Y, который выделился в результате гидролиза бинарного соединения – это водород. Следовательно, в качестве бинарного соединения был гидрид какого-то металла. (За рассуждения – 1 балл)

Узнаем, какой же металл был в составе гидрида:

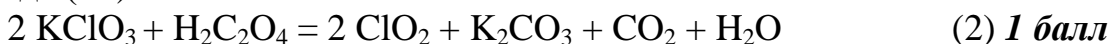
$$\omega(\text{мет}) = M(\text{мет}) / (M(\text{мет}) + 1 \cdot y); \quad 0,875 = M(\text{мет}) / (M(\text{мет}) + y); \quad 7y = M(\text{мет}).$$

Если $y=1$, то $M(\text{мет})=7$ г/моль. Это Li. 0,5 балла

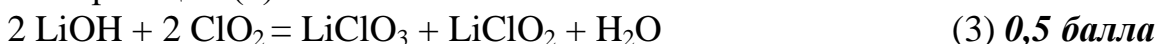
Запишем уравнение реакции:



Взаимодействие бертолетовой соли KClO_3 с этандиовой кислотой HOOC-COOH дает нам в качестве смеси газов Z и H оксид хлора (IV) и оксид углерода (IV):



Данную смесь газов пропустили через раствор, образовавшийся в результате реакции (1):



балла

Приведем объем выделившегося водорода к н.у. При давлении 1 атм можно сделать пересчет так: $V_1/T_1 = V_2/T_2 \rightarrow V_2 = V_1 \cdot T_2/T_1 = 14,84 \text{ л} \cdot 273,15 \text{ К} / 296,65 \text{ К} = 13,66 \text{ л}$. Тогда $n(\text{H}_2) = 13,66 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,61 \text{ моль} = n(\text{LiH})$

= n(LiOH). **1 балл**

$m(\text{LiH}) = 0,61 \text{ моль} * 8 \text{ г/моль} = 4,88 \text{ г}$. $m(\text{H}_2) = 0,61 \text{ моль} * 2 \text{ г/моль} = 1,22 \text{ г}$.

0,25 балла

Рассчитаем, по какому из веществ - бертолетовой соли или этандиовой кислоте - вести расчет выделившихся газов Z и H:

$n(\text{KClO}_3) = 19 \text{ г} / 122,5 \text{ г/моль} = 0,155 \text{ моль}$, $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 9 \text{ г} / 90 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль}$. Соотношение: $n(\text{KClO}_3):n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)=0,155:0,1=1,55:1$, а по уравнению реакции – 2:1 → KClO₃ в недостатке, расчет ведем по нему: **0,25 балла**

$n(\text{ClO}_2) = n(\text{KClO}_3) = 0,155 \text{ моль}$, $n(\text{CO}_2) = 0,0775 \text{ моль}$. $m(\text{CO}_2) = 0,0775 \text{ моль} * 44 \text{ г/моль} = 3,41 \text{ г}$, $m(\text{ClO}_2) = 0,155 \text{ моль} * 67,5 \text{ г/моль} = 10,46 \text{ г}$
1,25 балла

Если из раствора после реакции отбирают порцию, то нужно определиться, какие компоненты будут входить в ее состав.

После реакции (1) в растворе остался только LiOH (и вода). Через этот раствор пропустили ClO₂, CO₂. На это затратилось $n_3(\text{LiOH}) = 0,155 \text{ моль}$, $n_4(\text{LiOH}) = 0,155 \text{ моль}$. Осталось $n_{\text{ост}}(\text{LiOH}) = (0,61-0,155*2) \text{ моль} = 0,3 \text{ моль}$. Также образовались соли: $n(\text{Li}_2\text{CO}_3) = n(\text{LiClO}_3) = n(\text{LiClO}_2) = 0,0775 \text{ моль}$. Масса раствора перед отбором порции: $m(\text{рра}) = m(\text{LiH}) + m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2) + m(\text{CO}_2) + m(\text{ClO}_2) = 4,88 \text{ г} + 120 \text{ г} - 1,22 \text{ г} + 3,41 \text{ г} + 10,46 \text{ г} = 137,53 \text{ г}$.

2 балла

Пересчитаем компоненты смеси в порции: $137,53 \text{ г} / 5 * 2 = 55 \text{ г}$, $55 \text{ г} / 137,53 \text{ г} = 0,4$ → количество каждого компонента нужно умножить на 0,4:

$n_{\text{порц}}(\text{Li}_2\text{CO}_3) = n_{\text{порц}}(\text{LiClO}_3) = n_{\text{порц}}(\text{LiClO}_2) = 0,0775 \text{ моль} * 0,4 = 0,031 \text{ моль}$.

$m_{\text{порц}}(\text{LiClO}_3) = 0,031 \text{ моль} * 90,5 \text{ г/моль} = 2,806 \text{ г}$

$m_{\text{порц}}(\text{LiClO}_2) = 0,031 \text{ моль} * 74,5 \text{ г/моль} = 2,31 \text{ г}$

$m_{\text{порц}}(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 0,031 \text{ моль} * 74 \text{ г/моль} = 2,294 \text{ г}$

$n_{\text{порц}}(\text{LiOH}) = 0,3 \text{ моль} * 0,4 = 0,12 \text{ моль}$

$m_{\text{порц}}(\text{H}_2\text{O}) = 120 \text{ г} * 0,4 = 48 \text{ г}$

2 балла

При электролизе раствора, содержащего LiOH, LiClO₃, LiClO₂, Li₂CO₃ идет только электролиз воды:



балла

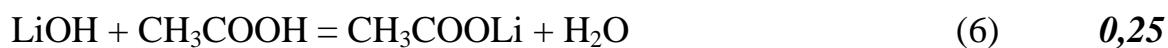
По объему выделившихся газов рассчитаем степень протекания электролиза воды: $n(\text{газов}) = 33,6 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 1,5 \text{ моль}$, $n(\text{H}_2) = n(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ моль}$, $n(\text{O}_2) = 0,5 \text{ моль}$. $m(\text{H}_2) = 1 \text{ моль} * 2 \text{ г/моль} = 2 \text{ г}$, $m(\text{O}_2) = 0,5 \text{ моль} * 32 \text{ г/моль} = 16 \text{ г}$

$n_{\text{порц}}(\text{H}_2\text{O}) = 48 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 2,67 \text{ моль}$, $n_{\text{ост}}(\text{H}_2\text{O}) = 2,67 \text{ моль} - 1 \text{ моль} = 1,67 \text{ моль}$

$m \text{ порции р-ра после электролиза} = 55 \text{ г} - 16 \text{ г} - 2 \text{ г} = 37 \text{ г}$

1,25 балла

Уксусная кислота реагирует с LiOH и Li₂CO₃ в порции:



балла



балла

$$n_6(\text{CH}_3\text{COOH}) = n_{\text{порц}}(\text{LiOH}) = 0,12 \text{ моль}$$

$$n_7(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2 * n_{\text{порц}}(\text{Li}_2\text{CO}_3) = 2 * 0,0775 \text{ моль} = 0,155 \text{ моль}$$

$$n_{6+7}(\text{CH}_3\text{COOH}) = (0,12 + 0,155) \text{ моль} = 0,275 \text{ моль}, m_{\text{общ}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,275 \text{ моль} * 60 \text{ г/моль} = 16,5 \text{ г}, m_{\text{пра}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 16,5 \text{ г} / 0,2 = 82,5 \text{ г}, V_{\text{пра}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 82,5 \text{ г} / 1,026 \text{ г/мл} = 80,4 \text{ мл. } \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Масса раствора после взаимодействия с уксусной кислотой: $m(\text{пра}) = m$ порции р-ра после электролиза + $m_{\text{пра}}(\text{CH}_3\text{COOH}) - m_7(\text{CO}_2) = 37 \text{ г} + 82,5 \text{ г} - 0,0775 \text{ моль} * 44 \text{ г/моль} = 116,09 \text{ г}$.

$$m(\text{CH}_3\text{COOLi}) = (0,12 + 0,155) \text{ моль} * 66 \text{ г/моль} = 18,15 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOLi}) = 18,15 \text{ г} / 116,09 \text{ г} * 100 \% = 15,63 \%$$

$$\omega(\text{LiClO}_3) = 2,806 \text{ г} / 116,09 \text{ г} * 100 \% = 2,42 \%$$

$$\omega(\text{LiClO}_2) = 2,31 \text{ г} / 116,09 \text{ г} * 100 \% = 1,99 \%$$

1,5 балла