

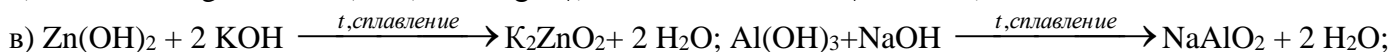
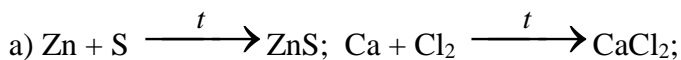
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Ответы на задание

XIV Российской дистанционной олимпиады школьников по химии-2014
(XII Международной дистанционной олимпиады школьников «Интер-Химик-Юниор-2014»)

Обсуждение результатов олимпиады-2014 на Форуме
<http://forum.muotr.ru/viewforum.php?f=18&sid=ef620ff69f6651ba37fd1b45ab62ed37>

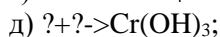
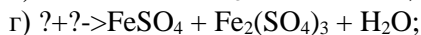
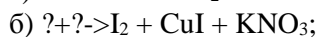
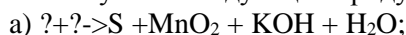
1. Соли обычно получают в лаборатории в результате реакции нейтрализации. Можно ли получить в лаборатории соли взаимодействием двух а) простых веществ; б) солей, в) оснований, г) кислот; д) находящихся при нормальных условиях газов? Напишите уравнения химических реакций и назовите полученные соли.

Ответ.



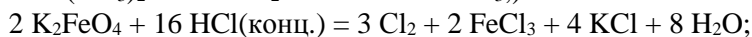
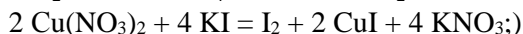
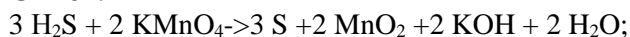
Возможны и другие варианты получения солей. При проверке оценка снижалась, если не были указаны условия проведения реакций и не расставлены правильно стехиометрические коэффициенты.

2. Определите, какие два вещества и при каких условиях вступили в химические реакции, если в ее результате получены следующие продукты (указаны без коэффициентов):



Напишите уравнения этих реакций

Ответ.



3. При разложении в присутствии катализатора веществ **А** и **Б** получается одинаковое количество различных газов с плотностью при н.у. 1,25 г/л. В то же время при разложении вещества **Б** получается в два раза больше воды, чем при разложении вещества **А**. Что из себя представляют вещества **А** и **Б**? Напишите уравнения реакций разложения веществ **А** и **Б**.

Решение.

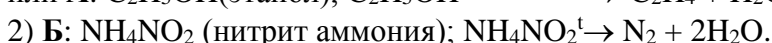
$n(\text{газа}) = 44,8 : 22,4 = 2$ моль;

$m(\text{газа}) = 44,8 \cdot 1,25 = 56$ г.

$M(\text{газа}) = 56 : 2 = 28$ г/моль \Rightarrow возможно, что выделяются газы: CO и/или N_2 , возможно также C_2H_4 .

$m(\text{H}_2\text{O})_A = 36$ г $n(\text{H}_2\text{O})_A = 36 : 18 = 2$ моль, т.е. $n(\text{газа}) = n(\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow$ при разложении **Б** образуется: $n(\text{газа})_B = 2$ моль;

$n(\text{H}_2\text{O})_B = 4$ моль, т.е. $n(\text{газа}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow$



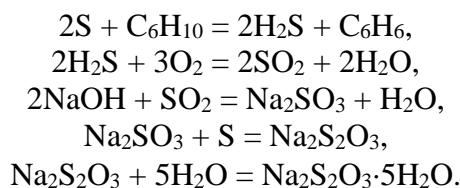
4. Нагревание простого вещества **А** с циклогексеном приводит к образованию жидкого углеводорода, который не обесцвечивает раствор KMnO_4 и выделению газа **Б**. Сжигание **Б** на воздухе дает газ **В**, поглощаемый раствором едкого натра. Образующийся при этом новый раствор

при кипячении растворяет вещество А. После упаривания полученного раствора из него осаждаются кристаллы соединения Г, содержащего 18,5 мас.% натрия, 51,6 мас.% кислорода и 4,1 мас.% водорода. Установите формулы веществ А, Б, В и Г и напишите уравнения всех упомянутых химических реакций.

Решение. Из химизма превращений следует, что в состав Д входит элемент, образующий простое вещество А. Тогда $\text{Na} : \text{O} : \text{H} : \text{A} = \frac{18.5}{23.0} : \frac{51.6}{16.0} : \frac{4.1}{1.0} : \frac{25.8}{X} = 0.804 : 3.23 : 4.1 : \frac{25.8}{X} = 1 : 4 : 5 : \frac{32.1}{A}$.

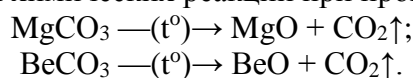
Жидкий углеводород, не обесцвечивающий раствор KMnO_4 , явно относится к классу аренов и представляет собой бензол (получение из циклогексена). То есть А участвует в дегидрировании, превращаясь в летучее водородное соединение. Весь характер превращений, а также проведенный ранее расчет состава Г указывают на то, что А = S (S8), Б = H_2S , В = SO_2 . Простейшая формула Г – NaH_5SO_4 , очевидно не является молекулярной. Способ синтеза, указывает на то, что это гидрат тиосульфата натрия Г = $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Уравнения реакций:



5. При прокаливании смеси карбонатов бериллия и магния ее масса уменьшилась в 2,5 раза. Определите массовую долю карбоната магния в исходной смеси.

Решение. Уравнения протекающих химических реакций при прокаливании карбонатов:



Обозначим через x массовую долю карбоната магния в смеси. Тогда в 100 г смеси карбонатов содержится 100 – x граммов карбоната бериллия. После прокаливании стало $40x/84$ граммов оксида магния и $25(100-x)/69$ граммов оксида кальция. Поскольку масса смеси уменьшилась в 2,5 раза получаем уравнение:

$$100 : (40x/84 + 25(100-x)/69) = 2,5.$$

Из этого уравнения находим $x=33,15$ г. Таким образом, массовая доля карбоната магния в исходной смеси равна **33,15 %**.

6. Определите, какие два вещества и при каких условиях вступили в химические реакции, если в ее результате получены следующие продукты (указаны без коэффициентов):

- $? + ? \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8 + \text{K}_2\text{CO}_3$;
- $? + ? \rightarrow \text{CH}_3\text{COONH}_4 + 2 \text{Ag} \downarrow + 2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
- $? + ? \rightarrow \text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3$ (ацетон);
- $? + ? \rightarrow \text{CH}\equiv\text{C-CH}_3 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$
- $? + ? \rightarrow \text{CH}_4 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

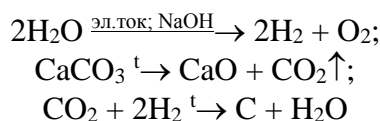
Ответ.

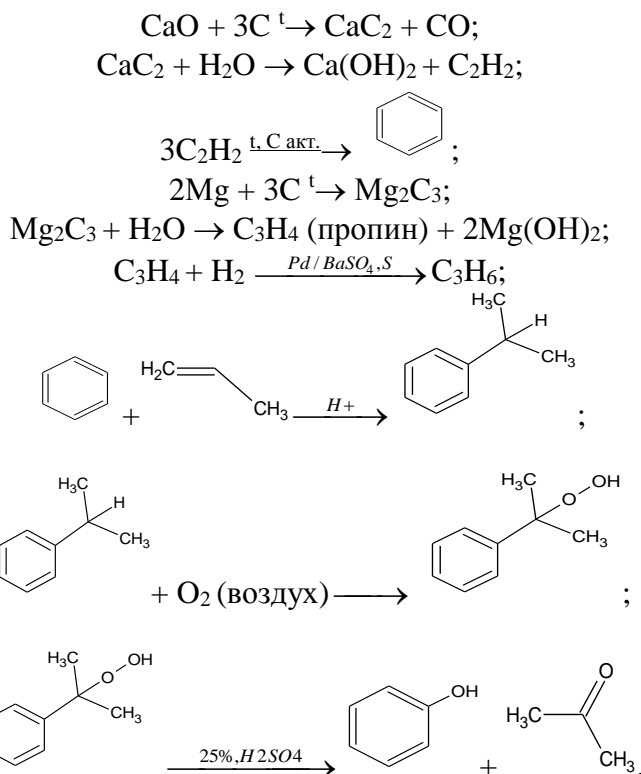
- $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOK} + \text{KOH}(\text{тв.}) \xrightarrow{\text{сплав.}} \text{C}_3\text{H}_8 + \text{K}_2\text{CO}_3$;
- $\text{CH}_3\text{CHO} + 2 [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONH}_4 + 2 \text{Ag} \downarrow + 3 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
- $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{(\text{H}^+, \text{Hg}^{2+})} \text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3$;
- $\text{Br-CH}_2\text{-CH(Br)-CH}_3 + 2 \text{KOH} \xrightarrow{(\text{спирт, t})} \text{CH}\equiv\text{C-CH}_3 + 2 \text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$;
- $\text{Al}_4\text{C}_3 + 6 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3 \text{CH}_4 + 2 \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

7. В Вашем распоряжении имеются карбонат магний, вода и известняк. Предложите схему получения фенола. Можно использовать любые установки и катализаторы.

Ответ.

Имеем: Mg, H_2O , CaCO_3



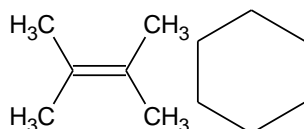


8. Два изомера углеводорода содержат только один тип (первичный, вторичный или третичный) sp^3 -гибридных атомов углерода. **0,486** моль смеси этих углеводородов обработали раствором брома в четыреххлористом углероде. После удаления растворителя и избытка брома масса остатка составила **88,82** г. Массовая доля брома в этом веществе равна **54,05** %. Определите структурные формулы изомеров и назовите эти углеводороды.

Решение.

В результате реакции присоединилось $88,82 \cdot 0,5405 = 48,0$ г брома или 0,3 моль Br_2 . Поскольку количество вещества изомеров больше количества вещества брома, в смеси присутствуют два изомера, принадлежащие к различным классам – алкен и циклоалкан. Молярная масса углеводорода $M = (88,82 - 48) / 0,486 = 84$ г/моль/. Формулы углеводородов C_6H_{12} : **2,3-диметил-2-бутен** и **циклогексан**. В обоих углеводородов все sp^3 гибридизованные атомы углерода одинаковы

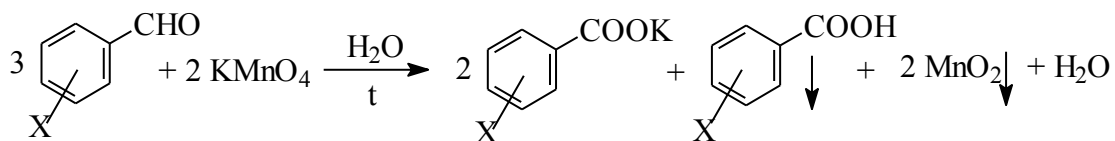
Ответ:



9. 0,3 Моль монозамещенного бенальдегида окислили при нагревании нейтральным водным раствором перманганата калия. Выпавший по окончании реакции осадок отфильтровали, фильтрат обработали избытком разбавленного раствора серной кислоты. Масса осадка, выпавшего при подкислении, составила 33,4 г. Определите возможное строение исходного соединения, если известно, что при его сгорании образуется газ, не поглощаемый водным раствором щелочи. (Растворимостью органических соединений пренебречь).

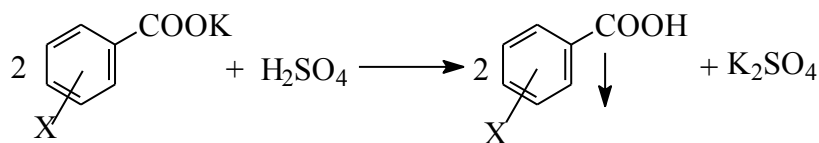
Решение.

Уравнение окисления альдегида в указанных условиях окисления имеет некоторые особенности:



где на 2 моль калиевой соли карбоновой кислоты образуется в осадке 1 моль кислоты.

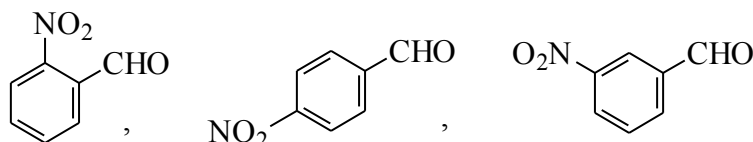
После подкисления в осадок выпадает 0,2 моль карбоновой кислоты массой 33,4 г.



$M(\text{кислоты}) = 33,4 : 0,2 = 167 \text{ г/моль}$.

Газ, который образуется при сгорании и не поглощается водным раствором щелочи – азот (N_2). Косвенно это подтверждается нечетным значением молярной массы кислоты (присутствие в структуре соединения элемента азота). Расчет молярной массы X подтверждает присутствие группы NO_2 , а не NH_2 . $M(\text{X}) = 167 - 7 \cdot 12 - 2 \cdot 16 - 1 \cdot 5 = 46 \text{ г/моль}$, что соответствует группе NO_2

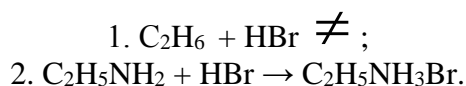
Возможное строение альдегида – орто-, мета- или пара-изомеры:



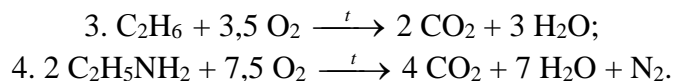
10. Смесь этана и этанамина с массовой долей азота 24,486 % обработали газообразным бромоводородом. Массовая доля азота в полученной газообразной смеси уменьшилась в 1,756 раза. Полученную газообразную смесь сожгли в достаточном количестве кислорода, продукты сгорания пропустили через избыток водного раствора щелочи. При этом не поглотилось 227,46 мл газа. Определите объем исходной газовой смеси и объем добавленного бромоводорода.

Решение.

Решение: Уравнения протекающих реакций:



В смеси после взаимодействия с бромоводородом присутствуют и этан и этанамин, поскольку в продуктах сгорания этой смеси находится азот, не поглощенный раствором щелочи. Уравнения сгорания компонентов смеси:



$v(\text{N}_2) = 0,22746 \text{ л} / 22,4 \text{ моль/л} = 0,01015 \text{ моль}$, $v(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2)_{\text{в ост смеси}} = 2v(\text{N}_2) = 0,02030 \text{ моль}$.

Количество вещества этана рассчитываем по массовой доле азота в смеси, полученной после обработки исходной смеси бромоводородом:

$$\omega(\text{N}) = \frac{14 \cdot 0,02030}{30 v(\text{C}_2\text{H}_6) + 45 \cdot 0,02030} = 0,24486 / 1,756 = 0,13944$$

$v(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,0375 \text{ моль}$ в исходной смеси.

Количество вещества этанамина в исходной смеси рассчитываем по массовой доле азота в исходной смеси:

$$\omega(\text{N}) = \frac{14 \cdot v(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2)_{\text{исходн}}}{30 \cdot 0,0375 + 45 \cdot v(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2)_{\text{исходн}}} = 0,24486$$

$v(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 0,0924 \text{ моль}$ в исходной смеси.

$v(\text{HBr}) = v(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2)_{(\text{прореаг})} = 0,0924 - 0,02030 = 0,0721 \text{ моль}$, $V(\text{HBr}) = 0,0721 \cdot 22,4 = 1,62 \text{ л}$.

$V(\text{исходн. смеси}) = (0,0924 + 0,0375) \cdot 22,4 = 2,91 \text{ л}$.

При составлении ответов использованы материалы, присланные участниками олимпиады