



Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева  
ЗАДАНИЕ

XVII Российской дистанционной олимпиады школьников по химии  
(XV Международной дистанционной олимпиады школьников  
«Интер-Химик-Юниор-2017»)

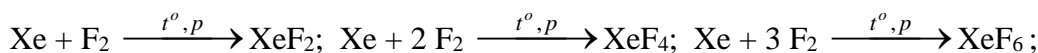
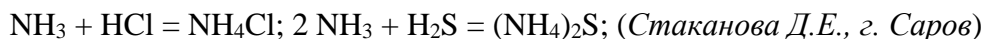
ОТВЕТЫ

При составлении ответов использовались работы участников олимпиады

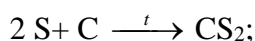
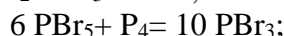
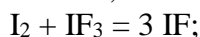
1. Химические реакции протекают по схеме:  $X + Y = Z$ , при этом в них участвуют и образуются жидкие (Ж), твердые (Т) и газообразные (Г) вещества. Предложите для каждого варианта (а – д) по две реакции в которых участвуют и образуются вещества, находящиеся в различных агрегатных состояниях (Ж, Т и Г):

Ответ:

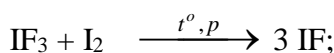
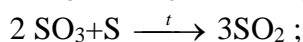
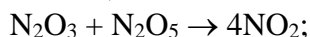
а)  $\Gamma + \Gamma = \Gamma$ :



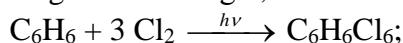
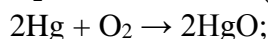
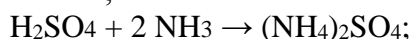
б)  $\text{T} + \text{T} = \text{Ж}$ :



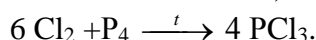
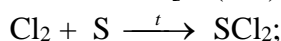
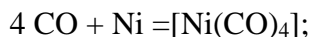
в)  $\text{Ж} + \text{T} = \Gamma$ :



г)  $\text{Ж} + \Gamma = \text{T}$ :



д)  $\Gamma + \text{T} = \text{Ж}$ :

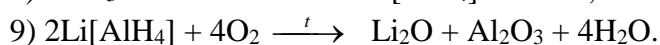
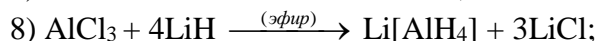
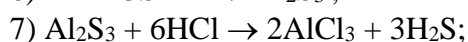
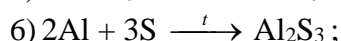
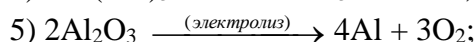
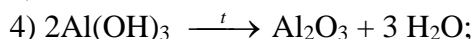
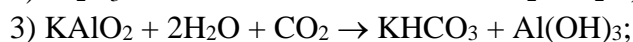
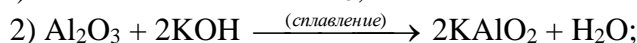
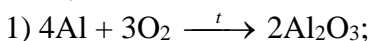


Возможны и другие уравнения химических реакций, в том числе и с участием органических соединений.

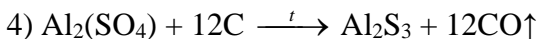
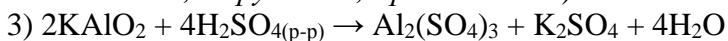
2. Составьте уравнения реакций по схеме (с указанием условий их проведения):



Ответ: (Власов В.С., г. Москва)



(Гнилевская Е.А., г.Трубчевск, Брянская обл.):



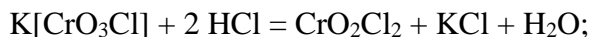
3. Определите, какие два вещества и при каких условиях вступили в химические реакции, если в результате были получены следующие продукты (даны без стехиометрических коэффициентов)?



- б) ? + ? = CrO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> + KCl + H<sub>2</sub>O;  
 в) ? + ? = Tl<sub>2</sub>O + Tl<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;  
 г) ? + ? = NaCl + Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + PH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O;  
 д) ? + ? = PbNH + KI + NH<sub>3</sub>.

Напишите уравнения этих химических реакций.

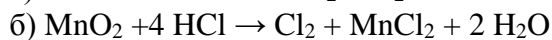
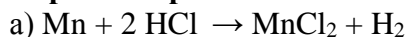
**Ответ:** 3 K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub> + 2 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 2 KMnO<sub>4</sub> + MnO<sub>2</sub> + 2 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O.



4. Навеску тонко измельченной и тщательно перемешанной смеси металла и его оксида растворили в концентрированной хлороводородной кислоте. Определите массовую долю металла в его смеси с оксидом, если в результате растворения смеси: а) может выделяться только газ **А**, б) может выделяться только газ **Б**, в) может вообще не происходить выделение газов.

**Решение.** (Колобовникова Я.И., г. Красноярск)

**Первый вариант:** Смесь состоит из марганца и оксида марганца (IV).



Найдем массовую долю металла для каждого из случаев:

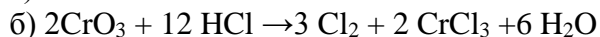
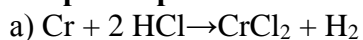
Пусть количество Mn эквимолярно количеству MnO<sub>2</sub>, тогда:

$$\omega_{Mn} = \frac{55}{55+87} = 0,387 \text{ (или } 38,7\%)$$

Делаем вывод, что если массовая доля металла в смеси больше, чем 38,7%, то выделяется газ А (H<sub>2</sub>). Если массовая доля металла меньше 38,7%, то выделяется газ Б (Cl<sub>2</sub>). Если же массовая доля металла равна 38,7 %, значит газа не выделяется.

Ответ: Металл – Mn. а)  $\omega(Mn) > 38,7\%$  б)  $\omega(Mn) < 38,7\%$  в)  $\omega(Mn) = 38,7\%$

**Второй вариант:** Смесь состоит из хрома и оксида хрома (VI).



Найдем массовую долю металла для каждого из случаев:

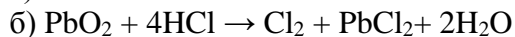
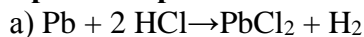
Пусть количество Cr эквимолярно количеству CrO<sub>3</sub>, тогда:

$$\omega_{Cr} = \frac{52}{52+100} = 0,342 \text{ (или } 34,2\%)$$

Делаем вывод, что если массовая доля металла в смеси больше, чем 34,2%, то выделяется газ А (H<sub>2</sub>). Если массовая доля металла меньше 34,2%, то выделяется газ Б (Cl<sub>2</sub>). Если же массовая доля металла равна 34,2 %, значит газ не выделяется.

Ответ: металл – Cr. а)  $\omega(Cr) > 34,2\%$  б)  $\omega(Cr) < 34,2\%$  в)  $\omega(Cr) = 34,2\%$

**Третий вариант:** Смесь состоит из свинца и оксида свинца (IV).



Найдем массовую долю металла для каждого из случаев:

Пусть количество Pb эквимолярно количеству PbO<sub>2</sub>, тогда:

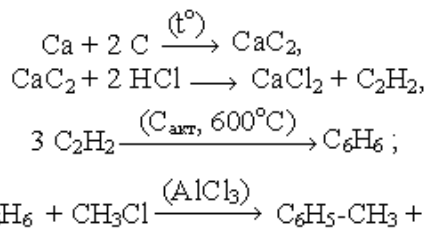
$$\omega_{Pb} = \frac{207}{207+239} = 0,464 \text{ (или } 46,4\%)$$

Делаем вывод, что если массовая доля металла в смеси больше, чем 46,4%, то выделяется газ А (H<sub>2</sub>). Если массовая доля металла меньше 46,4%, то выделяется газ Б (Cl<sub>2</sub>). Если же массовая доля металла равна 46,4 %, значит газ не выделяется.

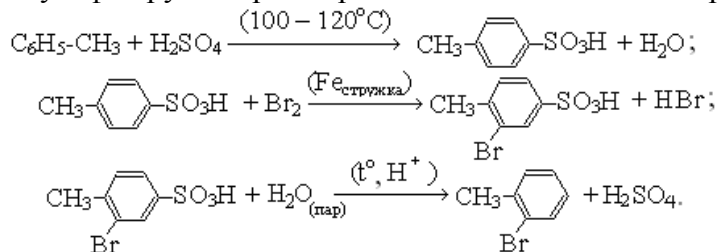
Ответ: металл – Pb. а)  $\omega(Pb) > 46,4\%$  б)  $\omega(Pb) < 46,4\%$  в)  $\omega(Pb) = 46,4\%$

5. Исходя только из неорганических веществ и используя только полученные органические соединения предложите метод получения в лаборатории орто-бромтолуола без примеси пара-изомера. Напишите уравнения реакций с указанием условий их проведения.

**Ответ:**

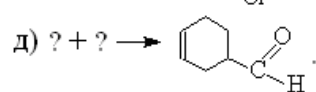
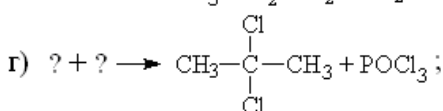
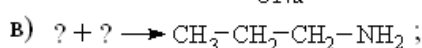
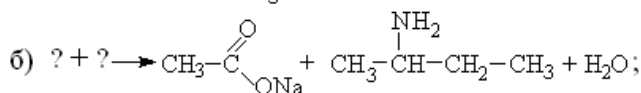
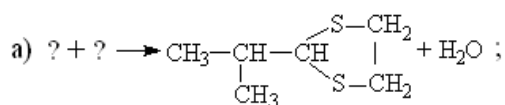


Для получения орто-бромбензола без примеси пара-изомера необходимо сначала провести реакцию сульфирования толуола в условиях термодинамического контроля при высокой (100 – 120 °С) температуре. При этом образуется только пара-толуолсульфо кислота. После ее бромирования удаляется сульфо-группа при нагревании с водой в кислой среде:

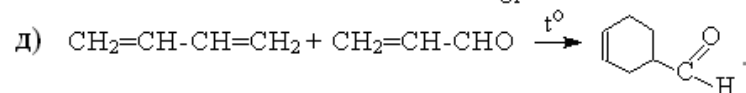
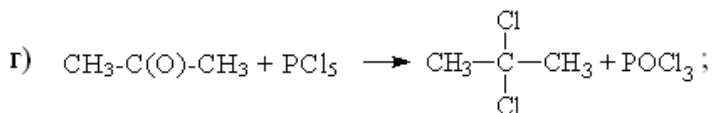
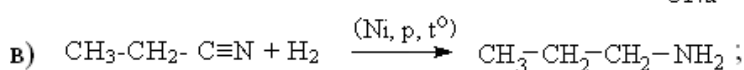
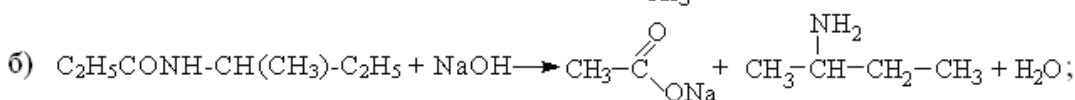
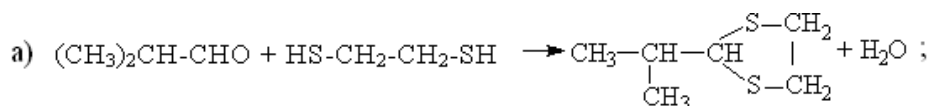


6. Какие два вещества и при каких условиях вступили в химические реакции, если в результате были получены следующие продукты?

Напишите уравнения этих химических реакций с указанием условий их проведения.



Ответ.



7. Для полного восстановления **0,372** моль транс-изомера органического соединения, содержащего одну двойную связь между атомами углерода, потребовалось **25,0** л (н.у.) водорода. В результате был получен спирт, содержащий **35,55** масс.% кислорода. Определите строение исходного органического соединения. Рассчитайте массу серебра, которая выделяется при взаимодействии **0,372** моль рассматриваемого транс-изомера с аммиачным раствором оксида серебра. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

**Решение.** (Линник А.В., г. Полоцк, Республика Беларусь)

Найдем химическое количество водорода

$$n(\text{H}_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{25 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 1,116 \text{ моль}$$

Определим соотношение между химическим количеством водорода и неизвестного соединения

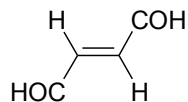
$$\frac{n(H_2)}{n(X)} = \frac{1,116 \text{ моль}}{0,372 \text{ моль}} = \frac{3}{1}$$

Следовательно, на взаимодействие с одной молекулой транс-изомера расходуется 3 молекулы водорода. Одна молекула присоединяется к связи C=C, а остальные две должны восстанавливать некоторую группу с образованием спиртовой. Определим формулу спирта.

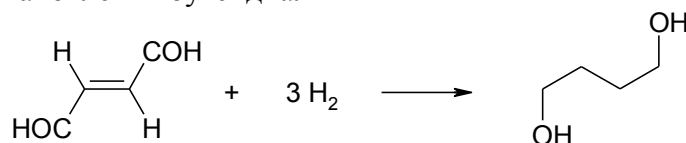
$$n(C):n(O):n(H) = \frac{m(C)}{M(C)} : \frac{m(O)}{M(O)} : \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{3,2 \cdot 1,5}{12} : \frac{3,2}{16} : \frac{1}{1} = 0,4 : 0,2 : 1 = 4 : 2 : 10$$

Формула спирта – C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub>.

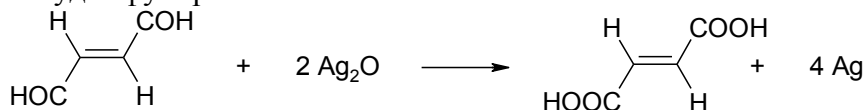
В этой молекуле будет две спиртовые группы, тогда восстановлению подвергались альдегидные. На восстановление одной альдегидной группы с образованием гидроксильной группы расходуется одна молекула водорода. Следовательно, в исходном соединении должно присутствовать две карбонильные группы. Исходное неизвестное соединение – фумаровый диальдегид или транс-бутендиаль. Его структурная формула



Уравнение реакции восстановления бутендиаля



Определим массу серебра. При окислении альдегидной группы образуется карбоксильная группа. Продуктом реакции будет фумаровая кислота

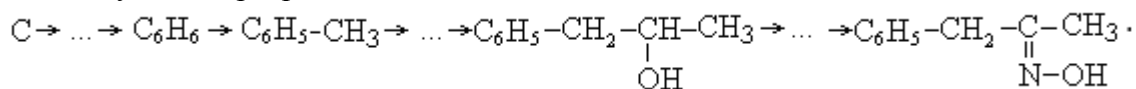


(ОНС-СН=СН-СНО + 4 [Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]ОН = 4 Ag + 6 NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>СОО-СН=СН-СООNH<sub>4</sub> + 2 H<sub>2</sub>O)

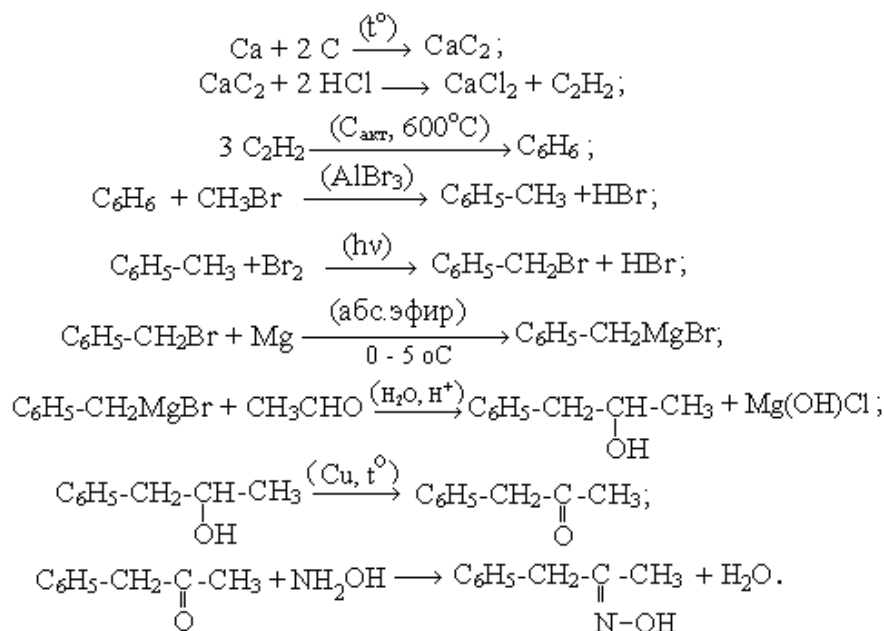
$$n(\text{Ag}) = 4 \cdot n(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_2) = 4 \cdot 0,372 \text{ моль} = 1,488 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ag}) = M \cdot n(\text{Ag}) = 108 \text{ г/моль} \cdot 1,488 \text{ моль} = 160,7 \text{ г}$$

8. Напишите уравнения реакций с указанием условий их проведения, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Ответ:



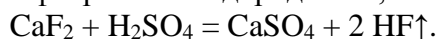
9. 672 мл (н.у.) неизвестного ядовитого газа поглотили избытком известковой воды. При этом выпало 5,94 г осадка. При обработке этого осадка избытком 10,0 масс. % раствора

хлороводородной кислоты произошло его частичное растворение и выделилось **672** мл (н.у.) газа, плотность которого при н.у. равна **2,86** г/л. Если нерастворившуюся часть осадка обработать концентрированным раствором серной кислоты, выделяется вещество, сжижающееся при **19,5 °С** и имеющее плотность в жидком состоянии **~1,0** г/мл. Установите формулу неизвестного газа и напишите уравнения всех упомянутых реакций.

**Решение.** Неизвестный газ – фтористый тионил  $\text{SOF}_2$ . Взаимодействие с известковой водой:



$0,672/22,4=0,03$  моль газа дают  $0,03$  моль  $\text{CaSO}_3$  ( $3,60$  г) и  $0,03$  моль  $\text{CaF}_2$  ( $2,34$  г). При действии разбавленного ( $10\%$ ) раствора  $\text{HCl}$  происходит растворение сульфита кальция, а его фторид не растворяется:  $\text{CaSO}_3 + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ . Т.е. выделяется те же  $672$  мл (н.у.) сернистого газа. При действии на не растворившийся в  $\text{HCl}$  фторид кальция концентрированной серной кислотой выделяется газообразный фтористый водород – газ, сжижающийся при температуре  $19,5$  °С:



10. В результате нейтрализации **100** мл водного раствора едкого натра равным объемом раствора хлороводородной кислоты той же молярной концентрации температура раствора увеличилась на **2,66** градуса. Привлекая необходимые справочные данные, оцените температуру замерзания полученного раствора.

**Решение.**

Для экзотермической реакции  $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$   $Q=55,9$  кДж/моль.

Количество теплоты  $Q = \Delta t \cdot c_p \cdot m_{\text{раствора}}$ , где  $c_p$  – удельная теплоемкость раствора.

В первом приближении принимаем плотность равной единице, а теплоемкость

$q_{\text{H}_2\text{O}}=4183$  Дж/кг·К

$Q = 2,66 \cdot 4183 \cdot 0,2 = 2225,35$  Дж

$n(\text{раствора}) = 0,04$  моль ( $2225,35/55900$ )

$C(\text{NaCl}) = 0,04$  моль /  $0,2$  л =  $0,2$  моль/л.

Понижение температуры замерзания  $\Delta t_{\text{зам}}$  прямо пропорционально моляльной концентрации  $C_m$  раствора  $\Delta t_{\text{зам}} = K \cdot C_m$  ( $K$  – криоскопическая константа; для воды  $K=1,86$ ). Для диссоциирующих в растворе электролитов необходимо увеличение числа частиц в растворе за счет процесса электролитической диссоциации. Этот учет проводится с использованием изотонического коэффициента Вант-Гоффа. Для разбавленных растворов I-I электролитов его можно принять равным двум – т.е. концентрацию раствора необходимо удвоить (*Аркадьев К.А. Лицей БГУ, г. Минск*). В результате  $\Delta t_{\text{зам}} = 1,86 \cdot 0,4 = 0,74$  °С и температура замерзания раствора окажется равной  $t_{\text{зам.}} = 0 - 0,74 = - 0,74$  °С.

**Примечание.** На самом деле в данном расчете необходимо использовать не молярную, а моляльную концентрацию (она чуть больше молярной), а изотонический коэффициент  $0,2$  М раствора  $\text{NaCl}$  немного меньше двух. Увеличение одной и уменьшение другой величины при их умножении приведет к тому, что конечный результат – температура замерзания ненамного будут отличаться от рассчитанной величины ( $- 0,74$  °С).