

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Алтайский государственный университет»

Химический факультет

**РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ
МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ
АЛТАЙСКИЙ КРАЙ**

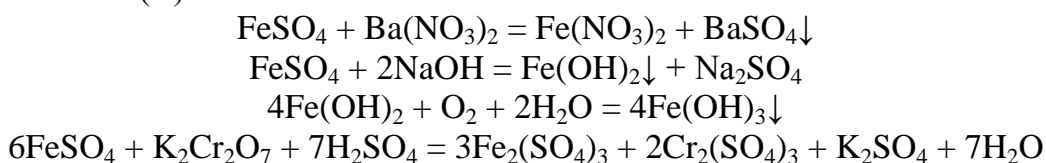
Барнаул 2016

11 КЛАСС

Всего: 35,5 баллов

Задание 11.1 (8 баллов)

1) По описанию свойств соли можно сделать вывод, что она представляет собой сульфат железа (II):



2) Исходя из последнего уравнения, можно рассчитать массу безводного сульфата железа (II):

$$\begin{aligned} n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) &= 2,94 \text{ г} / 294 \text{ г/моль} = 0,010 \text{ моль} \\ n(\text{FeSO}_4) &= 6n(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,060 \text{ моль} \\ m(\text{FeSO}_4) &= n \cdot M = 0,060 \text{ моль} \cdot 152 \text{ г/моль} = 9,12 \text{ г} \\ m(\text{H}_2\text{O}) &= 16,68 \text{ г} - 9,12 \text{ г} = 7,56 \text{ г} \\ n(\text{H}_2\text{O}) &= 7,56 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 0,420 \text{ моль} \\ n(\text{FeSO}_4) : n(\text{H}_2\text{O}) &= 0,060 : 0,420 = 1 : 7 \end{aligned}$$

3) Следовательно, формула соли $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – гексагидрат сульфата железа (II).

Система оценивания:

за первый этап решения – 5 баллов (за первые три – по 1 баллу, за ОВР – 2 балла);
за второй этап решения – 2 балла (за нахождение количества вещества сульфата железа (II) и воды – по 1 баллу);
за третий этап решения – 1 балл (по 0,5 баллов за формулу и название).

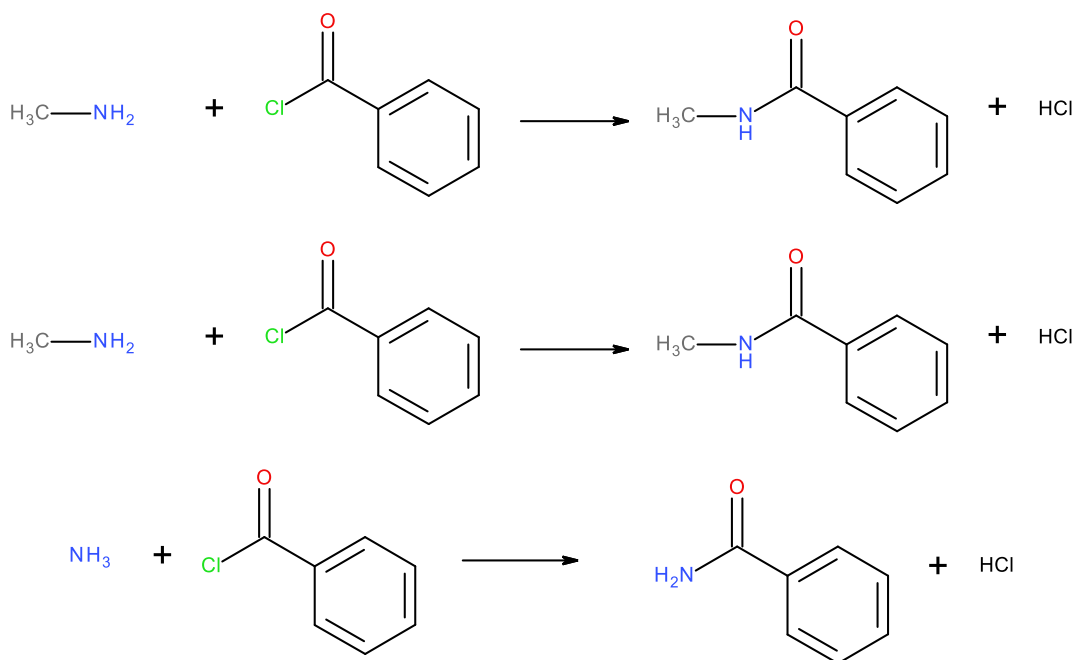
Задание 11.2 (5 баллов)

1) Среди всех компонентов смеси только третичный амин не имеет в своем составе связи N–H.



Поэтому задача сводится к выбору реагента, который мог бы взаимодействовать с метиламином, диметиламином и аммиаком, давая резко отличающиеся по физическим свойствам соединения.

2) Одним из возможных способов выделения триметиламина является обработка реакционной смеси хлорангидами карбоновых кислот (высоко-реакционноспособные функциональные производные карбоновых кислот).



3) Триметиламин в данные взаимодействия не вступает. После обработки хлорангидридом бензойной кислоты (см. примеры выше) образуются твердые (высококипящие) вещества и поэтому триметиламин можно легко удалить из этой смеси.

Система оценивания:

за первый и третий этапы решения – по 1 баллу;

за второй этап решения – 3 балла (за каждую реакцию – по 1 баллу).

Примечание: возможно использование и других галогенангидридов.

Задание 11.3 (10,5 баллов)

1) При сжигании навески вещества **X** получено следующее количество вещества H₂O и CO₂:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_2\text{O}) / M(\text{H}_2\text{O}) = 0,90 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 0,05 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = m(\text{CO}_2) / M(\text{CO}_2) = 3,52 \text{ г} / 44 \text{ г/моль} = 0,08 \text{ моль}$$

Соответственно количество вещества водорода и углерода в веществе **X** составляет:

$$n(\text{H}) = 2 \times n(\text{H}_2\text{O}) = 0,10 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,08 \text{ моль}$$

Находим массы углерода и водорода в веществе **X**:

$$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,10 \text{ г}$$

$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) = 0,08 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 0,96 \text{ г}$$

Поскольку $m(\text{H}) + m(\text{C}) = 0,10 + 0,96 = 1,06 \text{ г}$, что соответствует массе навески вещества **X**, взятой для анализа, то исходное соединение состоит только из углерода и водорода – углеводород (C_xH_y).

2) Находим простейшую формулу углеводорода:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 0,08 : 0,10 = 4 : 5$$

Отсюда простейшая формула C₄H₅.

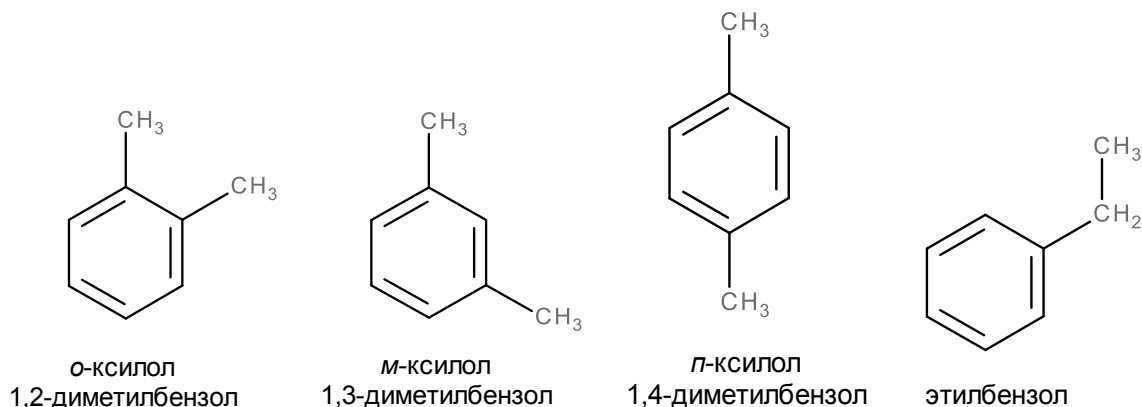
$$M(C_4H_5) = 53 \text{ г/моль}$$

Точную молярную массу вещества **X** можно рассчитать, исходя из относительной плотности его паров по азоту:

$$M_r(X) = M_r(N_2) / D_{N_2} = 28 \cdot 3,79 = 106.$$

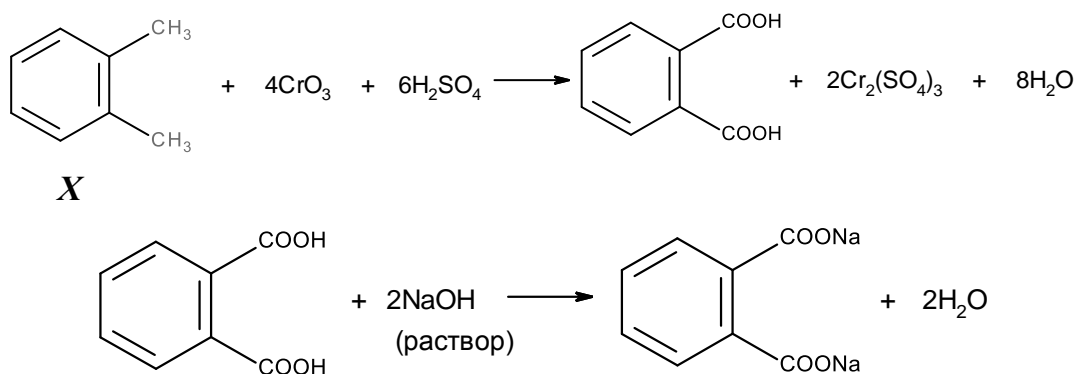
Из сопоставления этого значения со значением молекулярной массы, соответствующей простейшей формуле, следует, что формула исходного соединения C_8H_{10} .

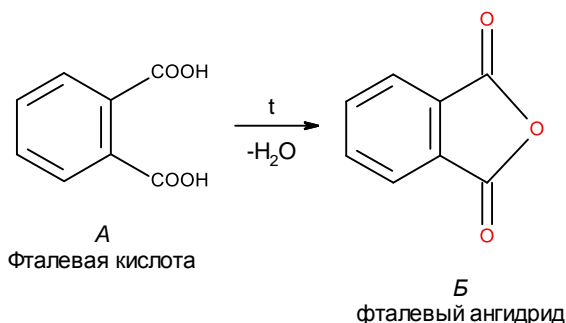
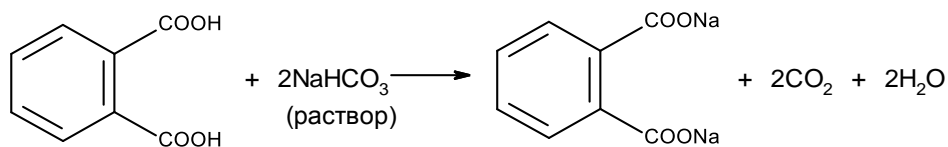
3) Эта формула отвечает общей формуле углеводородов ряда бензола C_nH_{2n-6} и в данном случае может принадлежать гомологам бензола – изомерным ксилолам и этилбензолу, которые могут образовываться при коксовании угля.



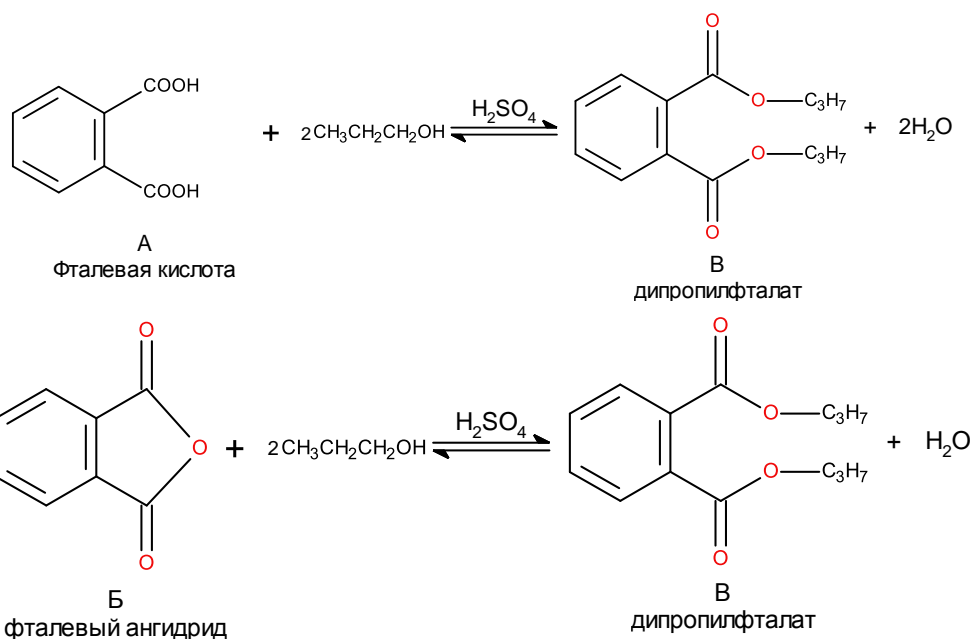
4) Более точное представление о строении соединения **X** можно получить на основании данных о свойствах продуктов его превращения. Взаимодействия вещества **A** (продукт окисления исходного гомолога хромовой смесью) со щелочными реагентами NaOH и NaHCO₃ указывает на то, что вещество **A** принадлежит к карбоновым кислотам, а способность этого вещества отщеплять молекулу воды при нагревании позволяет приписать соединению **A** структуру фталевой кислоты (в обычных условиях это соединение находится в кристаллическом состоянии). Следовательно, исходное вещество это *o*-ксилол. Другие изомеры ксилола – *m*- и *p*-ксилол, а также этилбензол, исключаются, так как кислоты, образующиеся при их окислении (соответственно изофталевая, терефталевая и бензойная), при нагревании не отщепляют воду.

Таким образом, вещество **X** – *o*-ксилол, который подвергается нижеследующим превращениям:





5) Фталевая кислота (**A**) и фталевый ангидрид (**B**) реагируют с пропанолом-1, образуя один и тот же продукт – дипропилфталат (**B**) (дипропиловый эфир фталевой кислоты).



Система оценивания:

за первый этап решения – 1,5 балла (по 0,5 баллов за каждый элемент – углерод, водород и отсутствие кислорода);

за второй этап решения – 1 балл (за вывод простейшей и молекулярной формулы по 0,5 баллов);

за третий этап решения – 1 балл (за каждый изомер и название – по 0,25 баллов);

за четвертый этап решения – 4 балла (по 1 баллу за каждое уравнение, если даны схемы – 0,5 баллов)

за пятый этап решения – 2 балла (по 1 баллу за каждое уравнение, если даны схемы – 0,5 баллов)

за названия веществ X, A, B и B – 1 балл (по 0,25 баллов за каждое).

Примечание: название веществ может быть по любой номенклатуре.

Задание 11.4 (7 баллов)

1) Альдегиды окисляются в водно-аммиачном растворе нитрата серебра в соответствии с уравнением:



2) В соответствии с этим уравнением при окислении 1 моль альдегида образуется 2 моль серебра. По условию опыта, полученное количество серебра составляет:

$$n(Ag) = m / M = 4,35 \text{ г} / 108 \text{ г/моль} = 0,04 \text{ моль}$$

В соответствии с уравнением реакции количество вещества альдегидов *A* и *B* в растворе массой 2 г составляет:

$$n(A + B) = 0,04 \text{ моль} / 2 = 0,02 \text{ моль} \quad \text{в 2 г раствора.}$$

3) Общая масса раствора альдегидов *A* и *B* в исходном растворе:

$$m_{\text{р-р}}(A + B) = 100 \text{ г} + 19 \text{ г} = 119 \text{ г}$$

Масса альдегидов *A* и *B* в исходном растворе:

$$m(A + B) = 0,23 \cdot 100 \text{ г} + 19 = 42 \text{ г}$$

Количество вещества альдегидов *A* и *B* в исходном растворе:

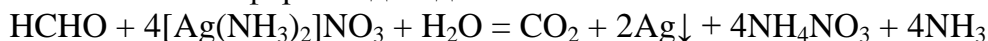
$$n(A + B) = 0,02 \cdot 119 / 2 = 1,19 \text{ моль}$$

4) Находим среднюю молярную массы исследуемых альдегидов:

$$\bar{M}(A + B) = \frac{m(A + B)}{n(A + B)} = \frac{42 \text{ г}}{1,19 \text{ моль}} = 35,3 \text{ г/моль}$$

5) Очевидно, что один из альдегидов должен иметь молярную массу меньшую полученного среднего значения молярной массы. Существует только один альдегид, молярная масса которого меньше 35 г/моль – формальдегид (муравьиный альдегид) $M(HCHO) = 30 \text{ г/моль}$. Поскольку по условию задачи второй альдегид является следующим членом того же гомологического ряда, то следовательно, в смеси находится также ацетальдегид (уксусный альдегид) $M(CH_3CHO) = 44 \text{ г/моль}$.

6) Уравнение окисления формальдегида:



и ацетальдегида:



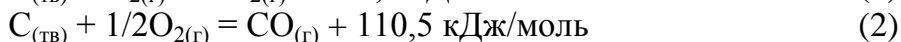
Система оценивания:

за первый–пятый этапы решения – 5 баллов (по 1 баллу за этап);

за шестой этап решения – 2 балла (за каждую реакцию – по 1 баллу).

Задание 11.5 (5 баллов)

1) Термохимические уравнения горения углерода:



2) В 1 кг угля содержится 650 г углерода или $n(C) = 650 \text{ г} / 12 \text{ г/моль} = 54,17 \text{ моль}$. При сгорании углерода образуется 54,17 моль смеси CO и CO₂. Т.к. соотношение объемов газов равно $1 + 13 = 14$, то в продуктах сгорания находится $54,17 \text{ моль} / 14 = 3,87 \text{ моль CO}$ и $54,17 - 3,87 = 50,3 \text{ моль CO}_2$.

Количество теплоты, выделившейся в результате протекания реакции (1) равно

$$Q_1 = 393,5 \cdot 50,3 = 19793,4 \text{ кДж,}$$

а в результате реакции (2): $Q_2 = 110,5 \cdot 3,87 = 427,6$ кДж.

Всего выделилось теплоты:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 19793,4 + 427,6 = 20221 \text{ кДж.}$$

3) Количество теплоты вычисляем по формуле

Масса 1 м^3 воды равна $1 \cdot 10^6$ г.

$$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1) = 4,18 \text{ Дж/г} \cdot \text{град} \cdot 10^6 \text{ г} \cdot (100 - 20) = 334,4 \cdot 10^6 \text{ Дж} = 334400 \text{ кДж.}$$

При сгорании 1 кг каменного угля выделяется 20221 кДж теплоты. Следовательно, для нагрева воды потребуется $334400 / 20221 = 16,5$ кг угля.

Система оценивания:

за первый этап решения – 2 балла (по 1 баллу за каждое термохимическое уравнение);

за второй этап решения – 2 балла (за нахождение количества вещества оксидов углерода и общей теплоты реакции – по 1 баллу);

за третий этап решения – 1 балл (за расчет теплоты с учетом теплоемкости и за расчет массы каменного угля – по 0,5 баллов).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деговер П. О. Химия! М.: Техносфера, 2008. 176 с.
2. Еремин В.В. Теоретическая и математическая химия для школьников. М.: МЦНМО, 2014. 564 с.
3. Лисичкин Г.В., Бетанели В.И. Химики изобретают. М.: Просвещение, 1990. 112 с.
4. Журнал «Химия и жизнь», 1965–1967 гг.
5. Сорокин В.В., Свитанько И.В., Сычев Ю.Н., Чуранов С.С. Современная химия в задачах международных олимпиад. М.: Химия, 1993. 288 с.
6. Хомченко Г.П., Хомченко И.Г. Задачи по химии для поступающих в вузы. М.: Высшая школа, 1998.