

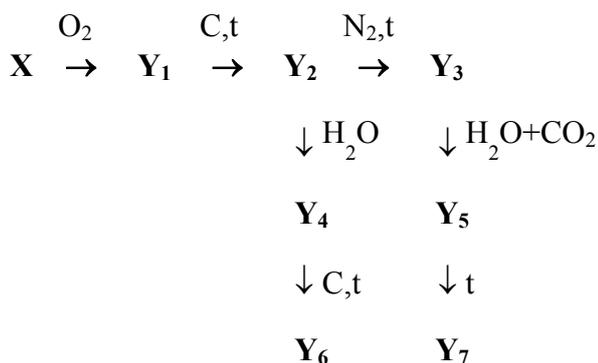


Межрегиональная олимпиада школьников  
 "Будущие исследователи – будущее науки"  
 Химия, финал 2012/2013

10 класс

Задача 10-1

Соединения активного металла **X** находятся практически во всех животных и растительных тканях, в теле человека массой 70 кг его содержание около 1.7 кг. Соединения **X** широко применяются в качестве антигистаминного средства, входят в состав витаминных комплексов для беременных и пожилых, препаратов для профилактики остеопороза.



Соединения **Y<sub>4</sub>** и **Y<sub>5</sub>** содержат в своей структуре тройные связи, а соединения **Y<sub>6</sub>** и **Y<sub>7</sub>** являются циклическими продуктами реакции тримеризации.

**Определите металл X и соединения Y<sub>1</sub> – Y<sub>7</sub>.**

**Напишите уравнения реакций, представленных на схеме.**

**Ответ.**

X = Ca

Y<sub>1</sub> = CaO

Y<sub>2</sub> = CaC<sub>2</sub>

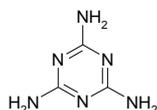
Y<sub>3</sub> = CaCN<sub>2</sub>

Y<sub>4</sub> = C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>

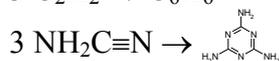
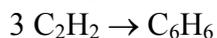
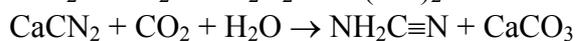
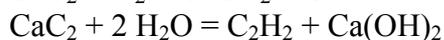
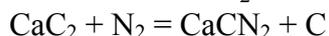
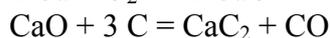
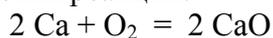
Y<sub>5</sub> = NH<sub>2</sub>C≡N

Y<sub>6</sub> = C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> - бензол

Y<sub>7</sub> - меламина



Уравнения реакций:



### Задача 10-2

**Вычислить массовые доли** каждого компонента смеси муравьиной, щавелевой кислот и фенола, если 8,73 г этой смеси могут реагировать с 61,3 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей 10% и плотностью 1,109 г/см<sup>3</sup>, а при обработке той же массы исходной смеси избытком бромной воды выделяется 6,62 г осадка.

**Напишите уравнения реакций.**

**Ответ.**

Взаимодействие фенола с избытком бромной воды:



$$n(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = 6,62/331 = 0,02 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = n(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = 0,02 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,02 \cdot 94 = 1,88 \text{ г}$$

$$w(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 1,88/8,73 = 0,215 \text{ (21,5\%)}$$

Взаимодействие с раствором NaOH:



$$n(\text{NaOH}) = (61,3 \cdot 1,109 \cdot 0,1) : 40 = 0,17 \text{ моль}$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{NaOH})_3 = n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,02 \text{ моль ( по уравнению 1)}$$

$$n(\text{NaOH})_{\text{на кислоты}} = 0,17 - 0,02 = 0,15 \text{ моль}$$

$$m(\text{кислот}) = 8,73 - 1,88 = 6,85 \text{ г}$$

Пусть количество  $n(\text{HCOOH}) = x$ , а  $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = y$  моль

$$M(\text{HCOOH}) = 46 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 90 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{NaOH})_1 = n(\text{HCOOH}) = x \text{ ( по уравнению 2)}$$

$$n(\text{NaOH})_2 = 2 n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2y \text{ ( по уравнению 3)}$$

Составляем систему уравнений:

$$46x + 20y = 6,85$$

$$x + 2y = 0,15$$

$$x = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCOOH}) = 0,1 \cdot 46 = 4,6 \text{ г}$$

$$w(\text{HCOOH}) = 4,6/8,73 = 0,527 = \mathbf{52,7\%}$$

$$m(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 0,025 \cdot 90 = 2,25 \text{ г}$$

$$w(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4) = 2,25/8,73 = 0,258 = \mathbf{25,8\%}$$

### Задача 10-3

Пищевая добавка — консервант Е 264 представляет собой кристаллическое вещество, относящееся к классу солей. Сухую соль массой 1.10 г засыпали в стеклянную ампулу, прилили к ней 2.86 г 40%-го раствора гидроксида натрия и сразу герметично соединили ампулу резиновым шлангом со второй ампулой, содержащей 4.00 мл 5.35-молярного раствора серной кислоты. Затем нагревали ампулу со щелочью теплой водой и одновременно охлаждали ампулу с кислотой жидким азотом, пока вся жидкая часть из первой ампулы не переморозилась во вторую. Первую ампулу с сухим остатком отсоединили, прокалили при 200-250 °С, при этом выделился газообразный продукт объемом 320 мл (н.у.) без цвета и запаха, не растворяющийся в кислотах и щелочах, не обесцвечивающий раствор перманганата калия, но при поджигании на воздухе сгорающий с выделением углекислого газа и воды в мольном соотношении 1:2. Вторую ампулу разморозили до комнатной температуры, добавили метилоранж и приливали по каплям 1.00-молярный раствор КОН до изменения красной окраски индикатора в желтую (потребовалось 28.5 мл раствора КОН).

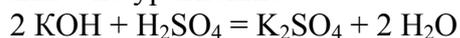
**Определите формулу консерванта, запишите уравнения реакций, найдите количества всех указанных веществ.**

#### Ответ.

Вторая ампула изначально содержала серную кислоту в количестве:

$0.004 \cdot 5.35 = 0.0214$  моль, а к моменту титрования раствором КОН —  $x$  моль

Вычислим  $x$  по уравнению:



$$n(\text{KOH}) = 0.0285 \cdot 1 = 0.0285 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = x = 0.5 n(\text{KOH}) = 0.0143 \text{ моль.}$$

Уменьшение количества серной кислоты на величину

$$\Delta n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.0214 - 0.0143 = 0.0071 \text{ моль}$$

может быть объяснено частичной нейтрализацией кислоты газообразным основанием - аммиаком.

$$n(\text{NH}_3) = 2 \Delta n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.0142 \text{ моль.}$$

Значит, Е 264 - соль аммония.



Горючий газ, проявляющий инертность к кислотам, щелочам, окислителю перманганату калия и выделяющий  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в соотношении 1:2 при горении, может быть только предельным углеводородом метаном.

Метан выделяется при прокаливании смеси твердых ацетата натрия и едкого натра (лабораторный способ синтеза метана).



$$n(\text{CH}_4) = 0.320/22.4 = 0.0143 \text{ моль.}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COONa}) = n(\text{CH}_4) = 0.0143 \text{ моль.}$$

Ацетат натрия получается из ацетата аммония при действии щелочи:



Расход NaOH на две последние реакции должен составлять

$$n(\text{NaOH}) = 2 n(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0.0286 \text{ моль.}$$

Это совпадает с условием задачи:  $n(\text{NaOH}) = 2.86 \cdot 0.4/40 = 0.0286$  моль.

$$n(\text{CH}_3\text{COONH}_4) = 1.1/77 = 0.0143 \text{ моль.}$$

### Задача 10-4

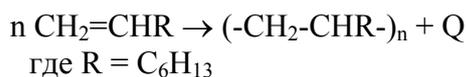
Лаборант выполнял перегонку октена-1. С помощью электроплитки он нагрел 448 г алкена до кипения (121 °С). Внезапно он заметил слишком бурное вскипание жидкости и сразу убрал плитку. Но и без нагревания жидкость теперь кипела все более сильно, и в приемник струей стекал перегнаный октен-1. Лаборант подставил под колбу холодную баню, содержащую 1 л воды с температурой 10 °С. Это не остановило кипение алкена, но перегонка его пошла спокойнее. Вскоре процесс затих и в перегонной колбе остался массивный прозрачный твердый полимер. Вода в бане нагрелась до 20.8 °С. Позже лаборант вспоминал: «В тот день я «сварил козла», сделав распространенную ошибку начинающего полимерщика. Я забыл добавить к алкену перед перегонкой ингибитор полимеризации гидрохинон. Без него начался неконтролируемый экзотермический процесс полимеризации алкена с образованием твердого полиолефина. Пока не было охлаждающей бани, вся выделившаяся теплота процесса полимеризации расходовалась на испарение и отгонку оставшегося мономерного алкена».

**Запишите уравнение** полимеризации октена-1.

**Вычислите массы** полученных в результате твердого полимера и отогнанного жидкого октена-1. Известно, что  $\Delta H$  полимеризации октена-1 при температуре его кипения равна -70 кДж/моль, а  $\Delta H$  испарения его при температуре кипения равна +0.3 кДж/г. Теплоемкость воды равна 4.2 кДж/кг град.

**Дайте оценку**, использование водяной бани увеличило или уменьшило выход полимера?

**Ответ.**



Найдем количество исходного алкена:

$$n = 448/112 = 4 \text{ моль.}$$

Пусть  $x$  моль алкена отогнались, тогда  $(4-x)$  моль заполимеризовались.

Найдем количество теплоты, выделившееся при полимеризации алкена:

$$Q(\text{полим.}) = 70(4-x) \text{ кДж.}$$

Найдем количество теплоты, поглотившееся при испарении алкена:

$$Q(\text{испар.}) = 0.3 \cdot 112x = 33.6x \text{ кДж.}$$

Найдем количество теплоты, поглотившееся нагретой водой:

$$Q(\text{нагр. воды}) = 4.2 \cdot 1 \cdot (20.8 - 10) = 45.36 \text{ кДж.}$$

По условию задачи  $Q(\text{полим.}) = Q(\text{испар.}) + Q(\text{нагр. воды})$ .

$$70(4-x) = 33.6x + 45.36$$

$$103.6x = 234.64 \quad x = 2.26$$

Масса жидкого продукта равна

$$2.26 \cdot 112 = 253 \text{ г.}$$

Масса твердого полимера равна

$$448 - 253 = 195 \text{ г.}$$

Вариант №2 без применения водяного охлаждения:

$$Q(\text{полим.}) = Q(\text{испар.}).$$

$$70(4-x) = 33.6x$$

$$103.6x = 280 \quad x = 2.7$$

Масса жидкого алкена

$$2.7 \cdot 112 = 302 \text{ г.}$$

$$253 < 302$$

Использование водяной бани уменьшило выход жидкого алкена и увеличило выход полимера.

### Задача 10-5

В четырех пронумерованных пробирках находятся растворы KOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>.

**Определите**, какие растворы находятся в 1, 2, 3 и 4-ой пробирках, если известно, что при сливании растворов из 1-ой и 4-ой пробирок наблюдается газовыделение, выпадение осадка происходит при сливании растворов из 1-ой и 2-ой пробирок, 1-ой и 4-ой пробирок, 2-ой и 3-ей пробирок. При добавлении раствора из 3-ей пробирки к раствору из 4-ой пробирки сразу же выпадает осадок, который при добавлении избытка раствора из 3-ей пробирки растворяется, а при добавлении раствора из 4-ой пробирки к раствору из 3-ей пробирки выпадение осадка происходит только после приливания значительного количества раствора из 4-ой пробирки.

**Напишите уравнения** химических реакций.

**Ответ.**

1-ая пробирка – K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

2-ая пробирка – CaCl<sub>2</sub>

3-я пробирка – KOH

4-ая пробирка – Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>

