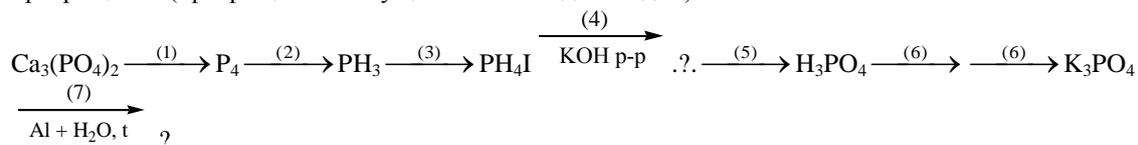


Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по химии 2009-2010г.  
10 класс Москва

1-10. Приведите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения (превращение 2 осуществляется в две стадии):



2-10. При хлорировании углеводорода нормального строения получено четыре монохлорпроизводных. При хлорировании его изомера – только одно. Приведите структурные формулы этих углеводородов и назовите их по систематической номенклатуре.

3-10. На 100 км пути легковой автомобиль затрачивает приблизительно 10 л бензина (плотность бензина считать равной 0,8 г/мл). Какой объем воздуха (н.у.) необходим для сгорания 10 л бензина, и какой объем (н.у.) углекислого газа при этом образуется?

(Допустим, что бензин состоит из гептана (20 % по массе) и 2,2,4-триметилпентана (техническое название изооктан) и полностью сгорает до углекислого газа и воды).

4-10. К водному раствору соли А добавили раствор гексацианоферрата (III) калия, при этом выпал осадок синего цвета. При добавлении к раствору соли А водного раствора хлорида бария выпадает осадок белого цвета, который не растворяется в кислотах. Установите формулу соли А.

Раствор соли Б смешали с водным раствором едкого натра, добавили алюминий и нагрели до кипения, при этом выделился аммиак. Соль Б окрашивает пламя горелки в желтый цвет. Установите формулу соли Б.

В пробирке смешали избыток водного раствора соли А с концентрированным раствором соли Б. Затем, держа пробирку наклонно, осторожно по каплям добавили концентрированную серную кислоту, которая стекала по стенкам пробирки в раствор смеси солей. В результате происходящих реакций в пробирке образовалось бурое кольцо.

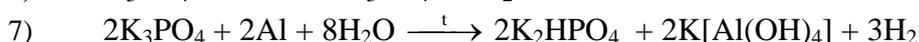
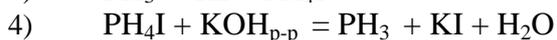
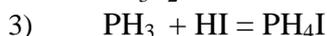
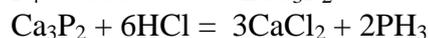
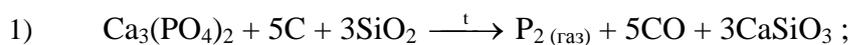
Приведите уравнения всех упомянутых реакций и дайте названия продуктам.

5-10. При гидратации 11,2 г смеси трех алкенов образовался спирт массой 11,84 г. Определите строение исходных алкенов и спирта, если известно, что реакция гидратации протекает с выходом 80 %. Напишите уравнения реакций гидратации этих алкенов.

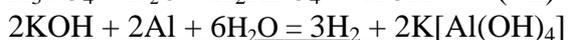
6-10. Углекислый газ объемом 19,675 л (P=99 кПа; t=20 °C) пропустили через 509,2 мл насыщенного раствора карбоната натрия (ρ=1,145 г/мл). Через некоторое время, когда раствор принял температуру 20 °C, из него выпали кристаллы гидрокарбоната натрия. Вычислить массу выпавших кристаллов и массовые доли солей в конечном растворе. Растворимость карбоната натрия в воде при 20 °C равна 25,00 г/100 г H<sub>2</sub>O, а растворимость гидрокарбоната натрия в условиях опыта составляет 9,9 г/100 г H<sub>2</sub>O.

## 10 класс. Решения

### 1-10.

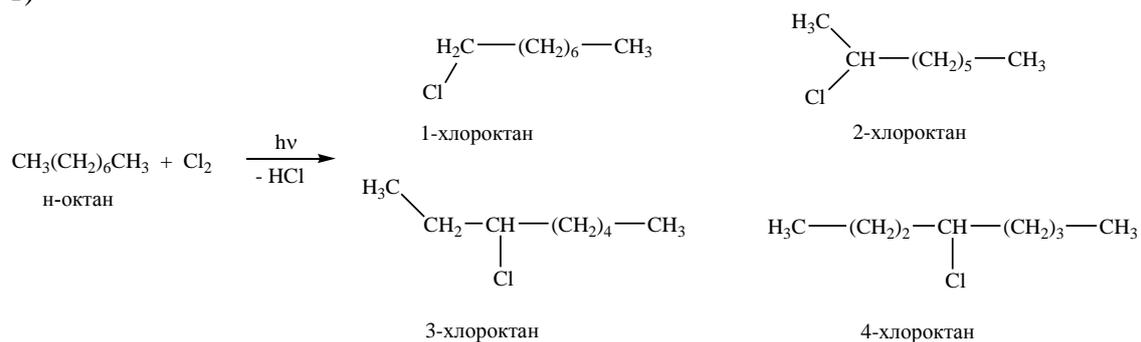


Последнее уравнение реакции представляет собой сумму двух уравнений: гидролиза K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и растворения алюминия в продуктах гидролиза.



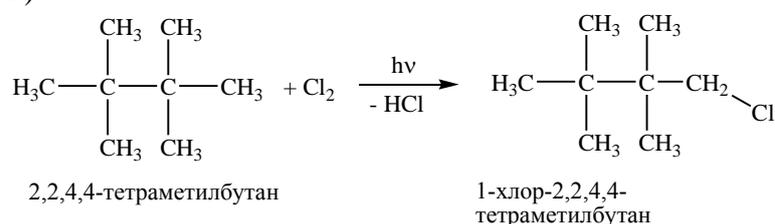
## 2-10.

1)



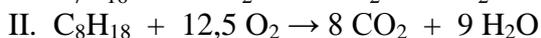
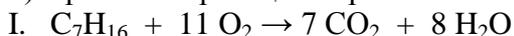
Образуется смесь четырех изомерных моногалогенпроизводных.

2)



## 3-10.

1) Уравнение реакций горения алканов, входящих в состав бензина:



2) Нахождение  $m(\text{бензина})$  по плотности:

$$m(\text{бензина}) = 10000 \text{ г} \cdot 0,8 \text{ г/мл} = 8000 \text{ г}$$

3) Нахождение  $m(\text{гептана})$  и  $m(\text{октана})$  (20 % и 80 % соответственно):

$$m(\text{C}_7\text{H}_{16}) = 8000 \cdot 0,2 = 1600 \text{ г}; \quad n(\text{C}_7\text{H}_{16}) = 1600/100 = 16 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 8000 \cdot 0,8 = 6400 \text{ г}; \quad n(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 6400/114 = 56,14 \text{ моль}$$

4) Нахождение количества вещества и объема  $\text{O}_2$ , израсходованного на горение бензина:

$$n(\text{O}_2)_I = 16 \cdot 11 = 176 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}_2)_{II} = 56,14 \cdot 12,5 = 701,75 \text{ моль}$$

$$n(\text{O}_2)_{I,II} = 877,75 \text{ моль}; \quad V(\text{O}_2)_{I,II} = 19661,6 \text{ л}$$

5) Нахождение  $V(\text{воздуха})$ , израсходованного на горение бензина:

$$V(\text{возд.}) = \frac{V(\text{O}_2)}{\varphi(\text{O}_2)}; \quad V(\text{возд.}) = \frac{19661,6}{0,21} = 93626,666 \text{ л} (93,63 \text{ м}^3)$$

6) Нахождение количества вещества и объема  $\text{CO}_2$ :

$$n(\text{CO}_2)_I = 16 \cdot 7 = 112 \text{ моль}$$

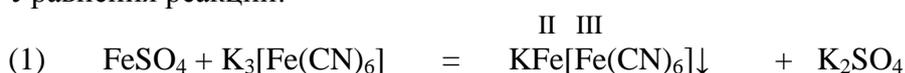
$$n(\text{CO}_2)_{II} = 56,14 \cdot 8 = 449,12 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2)_{I,II} = 561,12 \text{ моль}; \quad V(\text{CO}_2)_{I,II} = 561,12 \cdot 22,4 = 12569,088 \text{ л} \approx 12,57 \text{ м}^3$$

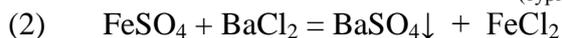
## 4-10

Синий осадок с  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  образуют катионы  $\text{Fe}^{2+}$ , а осадок белого цвета с  $\text{BaCl}_2$  образует ион  $\text{SO}_4^{2-}$ . Можно предположить, что соль А – сульфат железа (II).

Уравнения реакций:

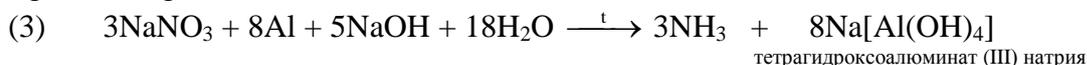


гексацианоферрат (III) железа (II)-калия  
(турбуллева синь)



Соль **Б** содержит катион  $\text{Na}^+$  (окрашивание пламени в желтый цвет) и анион  $\text{NO}_3^-$ , который восстанавливается алюминием (водородом в момент выделения) в щелочной среде до аммиака.

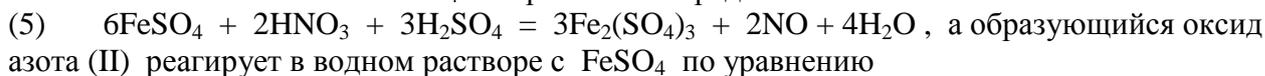
Уравнение реакции:



При добавлении концентрированной серной кислоты к раствору смеси солей  $\text{FeSO}_4$  и  $\text{NaNO}_3$  происходят следующие процессы. Серная кислота взаимодействует с нитратом натрия с образованием азотной кислоты:



Азотная кислота окисляет  $\text{FeSO}_4$  в сернокислой среде:



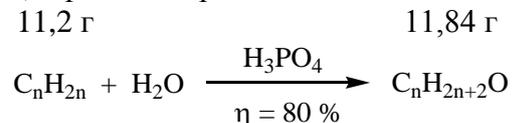
Формула коричневого аддукта может быть представлена различным образом:



## 5-10.

Если в реакции гидратации образовался один спирт, то алкены, вступившие в эту реакцию, изомерны и могут быть описаны одной формулой  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

1) Уравнение реакции:



2) Нахождение массы спирта, которая может быть получена теоретически:

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O})_{\text{теор}} = m(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O})_{\text{практ}} / \eta$$

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O})_{\text{теор}} = 11,84 / 0,8 = 14,8 \text{ г}$$

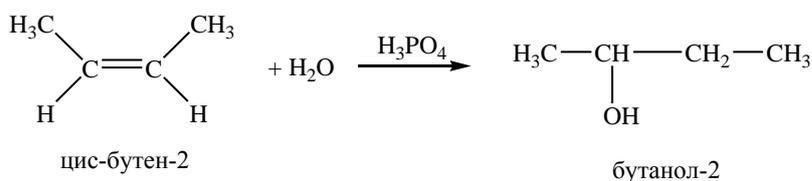
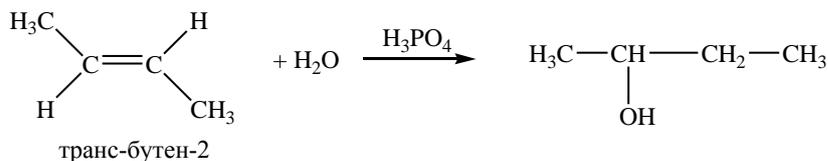
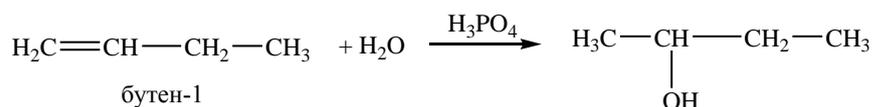
3) Нахождение числа атомов углерода в молекулах исходных алкенов и спирта:

$$n(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = n(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}) \text{ (по уравнению реакции)}$$

$$\frac{11,2}{14n} = \frac{14,8}{14n + 18}$$

$$n=4$$

4) Уравнения реакций гидратации алкенов:



### 6-10.

1) Определение количества вещества  $\text{CO}_2$ :

$$n(\text{CO}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{99 \cdot 19,675}{8,31 \cdot 293} = 0,8 \text{ моль}$$

2) Определение массы насыщенного раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :

$$m(\text{нас. р-ра Na}_2\text{CO}_3) = 1,145 \cdot 509,2 = 583,03 \text{ г}$$

3) Определение массовой доли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в насыщенном при  $20^\circ\text{C}$  растворе:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{нас. р-р}}^{20^\circ\text{C}} = \frac{25,0}{125,0} = 0,2$$

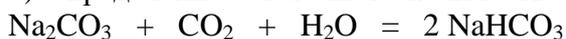
4) Определение массы  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в исходном растворе:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{исх. нас. р-р}}^{20^\circ\text{C}} = 583,03 \cdot 0,2 = 116,61 \text{ г}$$

5) Определение количества вещества  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в исходном растворе:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3)_{\text{исх. нас. р-р}}^{20^\circ\text{C}} = \frac{116,61}{106} = 1,1 \text{ моль}$$

6) Определение остаточного количества вещества  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :



$$\underline{0,8 \text{ моль} \quad 0,8 \text{ моль} \quad 0,8 \text{ моль} \quad 1,6 \text{ моль}}$$

Ост. 0,3 моль  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

7) Определение масс веществ в растворе после реакции:

$$m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 0,8 = 35,2 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 0,8 = 14,4 \text{ г}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 84 \cdot 1,6 = 134,4 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \cdot 0,3 = 31,8 \text{ г}$$

8) Определение массы воды в конечном растворе:

$$m(\text{H}_2\text{O})_{\text{кон. р-р}} = 585,03 - 116,61 - 14,4 = 452,02 \text{ г}$$

9) Определение массы выпавших кристаллов:

9,9 г  $\text{NaHCO}_3$  — растворяется в 100 г воды

$m(\text{NaHCO}_3) = 44,75$  г — растворяется в 452,02 г воды

$m(\text{кристаллов NaHCO}_3) = 134,4 - 44,75 = 89,65$  г

*ИЛИ: (другой способ решения оценивается также из 10 баллов)*

$$\omega(\text{NaHCO}_3)_{\text{нас. р-р}}^{20^\circ\text{C}} = \frac{9,9}{109,9} = 0,09008$$

$$m(\text{KOH}_{\text{р-ра}} \text{ без } \text{Na}_2\text{CO}_3) = 583,03 + 35,2 - 31,8 = 586,43 \text{ г}$$

Пусть  $m(\text{кристаллов NaHCO}_3) = x$  г, тогда

$$0,09008 = \frac{134,4 - x}{586,43 - x}$$

$$52,826 - 0,0901x = 134,4 - x; \quad 81,57 = 0,9099x; \quad x = 89,65 \text{ г}$$

$$\begin{aligned} m(\text{KOH}_{\text{р-ра}}) &= m(\text{исх. р-ра Na}_2\text{CO}_3) + m(\text{CO}_2) - m(\text{кристаллов NaHCO}_3) = \\ &= 583,03 + 35,2 - 89,65 = 528,58 \text{ г} \end{aligned}$$

Состав конечного раствора:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,3 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \cdot 0,3 = 31,8 \text{ г}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = 134,40 - 89,65 = 44,75 \text{ г}$$

массу  $\text{NaHCO}_3$ , которая содержится в конечном растворе можно вычислить по уравнению:

$$0,09008 = \frac{m(\text{NaHCO}_3)}{452,02 + m(\text{NaHCO}_3)}, \quad \text{откуда } m(\text{NaHCO}_3) = 44,75 \text{ г}$$

Затем находим массовые доли веществ:

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{31,8}{528,58} \cdot 100\% = 6,02\%$$

$$\omega(\text{NaHCO}_3) = \frac{44,75}{528,58} \cdot 100\% = 8,47\%$$