

**Решения заданий Олимпиады «Будущее Кузбасса» 2017  
по химии**

1. Атомные массы двух двухвалентных элементов относятся как 2:1. Массовая доля фтора во фториде одного элемента в 1,596 раз больше, чем во фториде другого элемента. Какие это элементы? (12 баллов)

Молярная масса фторида двухвалентного элемента:

$$M(\text{ЭF}_2) = \text{Э} + 2F$$

Массовая доля фтора во фториде:

$$\omega(\text{F}_2) = 1,596 \omega(\text{F}_1)$$

Атомная масса фтора:

$$A(\text{F}) = 19 \text{ г/атом}$$

Известно, что массовая доля фтора в веществе  $\text{ЭF}_2$ :  $\omega = m_{\text{F}} / m_{\text{ЭF}_2}$

Обозначим массовую долю фтора в первом соединении за X:

$$\omega(\text{F}_1) = 38 / (\text{Э}_1 + 38) = X,$$

тогда массовая доля фтора во втором соединении:

$$\omega(\text{F}_2) = 38 / (\text{Э}_2 + 38) = 1,596 X$$

По условию атомные массы двух двухвалентных элементов относятся как 2:1, тогда

$$38 / (2 \cdot \text{Э}_2 + 38) = X \quad (1)$$

$$38 / (\text{Э}_2 + 38) = 1,596 X \quad (2)$$

уравнение (1) подставляем в (2):

$$38 / (\text{Э}_2 + 38) = 1,596 \cdot (38 / (2 \cdot \text{Э}_2 + 38))$$

$$2 \cdot \text{Э}_2 + 38 = 1,596 \cdot (\text{Э}_2 + 38)$$

$$0,404 \text{ Э}_2 = 22,648$$

В результате атомная масса второго элемента

$$\text{Э}_2 = 56 \text{ г.}$$

что соответствует Fe,

тогда атомная масса первого элемента:

$$\text{Э}_1 = 2 \cdot 56 = 112 \text{ г.}$$

что соответствует Cd.

**Ответ:** Cd и Fe.

2. Определить массовую долю (на безводную соль) раствора, содержащего 0,2 моль  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  в 500 мл воды? (12 баллов)

Находим молярную массу кристаллогидрата:

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 106 + 10 \cdot 18 = 286 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль.}$$

Количество вещества кристаллогидрата равно количеству вещества безводной соли:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

Находим массу кристаллогидрата:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 0,2 \cdot 286 = 57,2 \text{ г.}$$

Определяем массу безводной соли:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n \cdot M = 0,2 \cdot 106 = 21,2 \text{ г.}$$

С учетом того, что плотность воды равна 1 г/мл, находим массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = V \cdot \rho = 500 \cdot 1 = 500 \text{ г.}$$

Определяем массовую долю (на безводную соль):

$$\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 21,2 / (500 + 57,2) = 0,038 \text{ или } 3,8 \text{ \%}.$$

**Ответ:**  $\omega(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,038$  или 3,8 %.

**3.** Хлор, выделившийся при электролизе 40 мл 25% раствора хлорида натрия ( $\rho=1,17$  г/мл), вступил в реакцию с 4,4 г смеси меди с железом. Определить массовые доли металлов в смеси. **(22 балла)**

Находим массу 25% раствора NaCl

$$m(\text{NaCl})_{\text{р}} = V \cdot \rho = 40 \text{ мл} \cdot 1,17 \text{ г/мл} = 46,8 \text{ г,}$$

тогда масса вещества NaCl

$$\begin{aligned} \omega &= 100\% \cdot m_{\text{в}}/m_{\text{р}} \\ m(\text{NaCl})_{\text{в}} &= \omega \cdot m_{\text{р}} = 0,25 \cdot 46,8 = 11,7 \text{ г} \end{aligned}$$

Находим молярную массу хлорида натрия:

$$M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ г/моль}$$

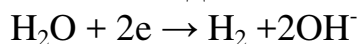
Рассчитываем количество вещества (NaCl)

$$n(\text{NaCl}) = m/M = 11,7 \text{ г} / 58,5 \text{ г/моль} = 0,2 \text{ моль,}$$

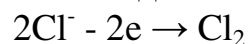
При электролизе раствора хлорида натрия:



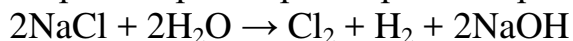
на катоде:



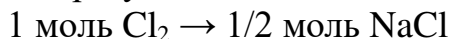
на аноде:



Суммарное уравнение электролиза раствора хлорида натрия:



По уравнению из 2 моль NaCl образуется 1 моль Cl<sub>2</sub>, следовательно,



Определим количество вещества хлора, образовавшегося в результате реакции:

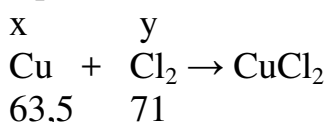
$$n(\text{Cl}_2) = n(\text{NaCl}) / 2 = 0,2 / 2 = 0,1 \text{ моль,}$$

Молярная масса хлора:

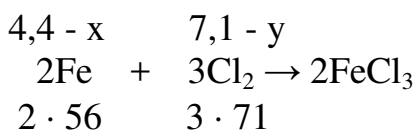
M(Cl<sub>2</sub>) = 71 г/моль, тогда масса хлора:

$$m(\text{Cl}_2) = n \cdot M(\text{Cl}_2) = 0,1 \text{ моль} \cdot 71 \text{ г/моль} = 7,1 \text{ г.}$$

При взаимодействии меди с хлором образуется хлорид меди (II) по реакции:



При взаимодействии железа с хлором образуется хлорид железа (III) по реакции:



Составляем два уравнения с двумя неизвестными:

$$x / 63,5 = y / 71 \quad (1)$$

$$(4,4 - x) / (2 \cdot 56) = (7,1 - y) / (3 \cdot 71) \quad (2)$$

Из уравнения (1) выражаем y:

$$y = x \cdot 71 / 63,5 = x \cdot 1,118$$

и подставляем в уравнение (2):

$$3 \cdot 71 \cdot (4,4 - x) = 2 \cdot 56 \cdot (7,1 - 1,118 \cdot x)$$

Находим x: x = 1,617 г

Массовая доля меди в смеси:

$$\omega(\text{Cu}) = 1,617 / 4,4 = 0,3676$$

Массовая доля железа в смеси:

$$\omega(\text{Fe}) = 1 - 0,3676 = 0,6324$$

**Ответ:**  $\omega(\text{Cu}) = 0,3676$ ;  $\omega(\text{Fe}) = 0,6324$ .

4. Сколько воды следует добавить к 200 мл соляной кислоты с рН равным 2, чтобы изменить величину рН на единицу? (12 баллов)

Известно, что  $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$ , тогда концентрация ионов водорода при  $\text{pH} = 2$ :  
 $[\text{H}^+] = 10^{-2} = 0,01$  моль/л.

С учетом того, что  $C_m = n / V$  (моль/л), находим количество ионов водорода:

$$n(\text{H}^+) = 0,2 \text{ л} \cdot 0,01 \text{ моль/л} = 0,002 \text{ моль},$$

где 0,2 л – объем соляной кислоты по условию задачи.

Определяем концентрацию ионов водорода при  $\text{pH} = 3$ :

$$[\text{H}^+] = 10^{-3} = 0,001 \text{ моль/л}.$$

Находим объем раствора с  $\text{pH} = 3$ :

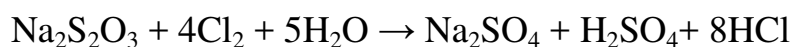
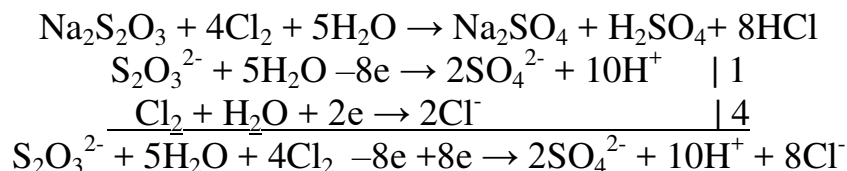
$$V = n / C_m,$$
$$V = 0,002 \text{ моль} / 0,001 \text{ моль/л} = 2 \text{ л}.$$

Следовательно, объем воды, который необходимо добавить к 200 мл соляной кислоты с  $\text{pH} = 2$ , чтобы изменить величину  $\text{pH}$  на единицу:

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 2 - 0,2 = 1,8 \text{ л}.$$

**Ответ:**  $V(\text{H}_2\text{O}) = 1,8$  л.

**5.** Рассчитайте массу тиосульфата натрия, необходимого для восстановления 11,2 л хлора (н.у.) в нейтральной среде? (14 баллов)



Согласно следствию закона Авогадро 1 моль газа при н.у. занимает 22,4 л, находим количество вещества:

$$n(\text{Cl}_2) = 11,2 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,5 \text{ моль}.$$

По уравнению для восстановления 4 моль  $\text{Cl}_2$  нужно взять 1 моль  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , следовательно, для восстановления 4 моль  $\text{Cl}_2 \rightarrow 1/4$  моль  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Находим количество вещества тиосульфата натрия:

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,5 \text{ моль} / 4 = 0,125 \text{ моль}.$$

Рассчитываем молярную массу:

$$M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 158 \text{ г/моль},$$

тогда масса тиосульфата натрия:

$$m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,125 \text{ моль} \cdot 158 \text{ г/моль} = 19,75 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 19,75 \text{ г.}$

6. При получении толуола из смеси метилциклогексана и 3-метил-1-циклогексена выделился водород, которого оказалось достаточно для восстановления 27,7 г. нитробензола до анилина. Известно, что такое же количество исходной смеси может реагировать с 200 г 5 %-ного раствора  $\text{Br}_2$ . Определить массовую долю (%) компонентов в исходной смеси. (10 баллов)

Запишем все уравнения реакций и уравняем их, найдем молярные массы веществ, участвующих в реакциях.



$M_r(\text{Br}_2) = 160 \text{ г/моль.}$

$M_r(\text{3-метил-1-циклогексен}) = 96 \text{ г/моль.}$

$M_r(\text{метилциклогексан}) = 98 \text{ г/моль.}$

$M_r(\text{нитробензол}) = 123 \text{ г/моль.}$

Определяем массу брома в 200 г. 5 %-ного раствора.  $m(\text{Br}_2) = 200 \cdot 5/100 = 10 \text{ г.}$

Определяем массу 3-метил-1-циклогексена, реагирующего с бромом по реакции (4):

$$m(\text{3-метил-1-циклогексен}) = 10 \cdot 96/160 = 6 \text{ г.}$$

Определяем массу водорода, необходимую для восстановления 27,7 г нитробензола до анилина (по реакции (3)):  $m(\text{нитробензола}) = 27,7 \cdot 6/123 = 1,351 \text{ г.}$

Определяем массу водорода, образующегося по реакции (2) из 3-метил-1-циклогексена:

$$m(\text{H}_2 \text{ по реакции (2)}) = 6 \cdot 4/96 = 0,25 \text{ г.}$$

Определяем массу водорода, образовавшегося по реакции (1) из метилциклогексана:

$$m(\text{H}_2 \text{ по реакции (1)}) = 1,351 - 0,25 = 1,101 \text{ г.}$$

Определяем массу метилциклогексана, участвовавшего в реакции (1):

$$m(\text{метилциклогексана}) = 1,101 \cdot 98 / 6 = 17,983 \text{ г.}$$

Определяем массовую долю метилциклогексана в смеси.

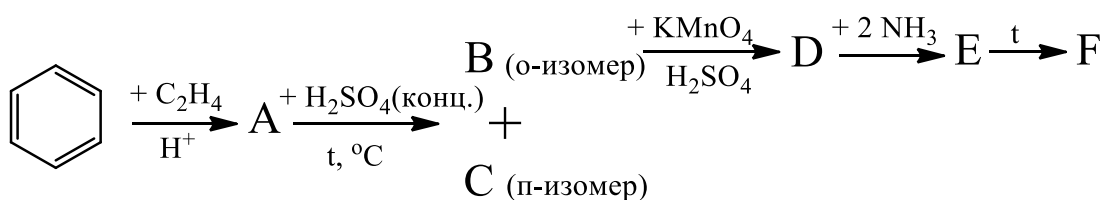
$$\text{Общая масса смеси: } m(\text{смеси}) = 17,983 + 6 = 23,983 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{метилциклогексана}) = 17,983 \cdot 100 / 23,983 = 75\%;$$

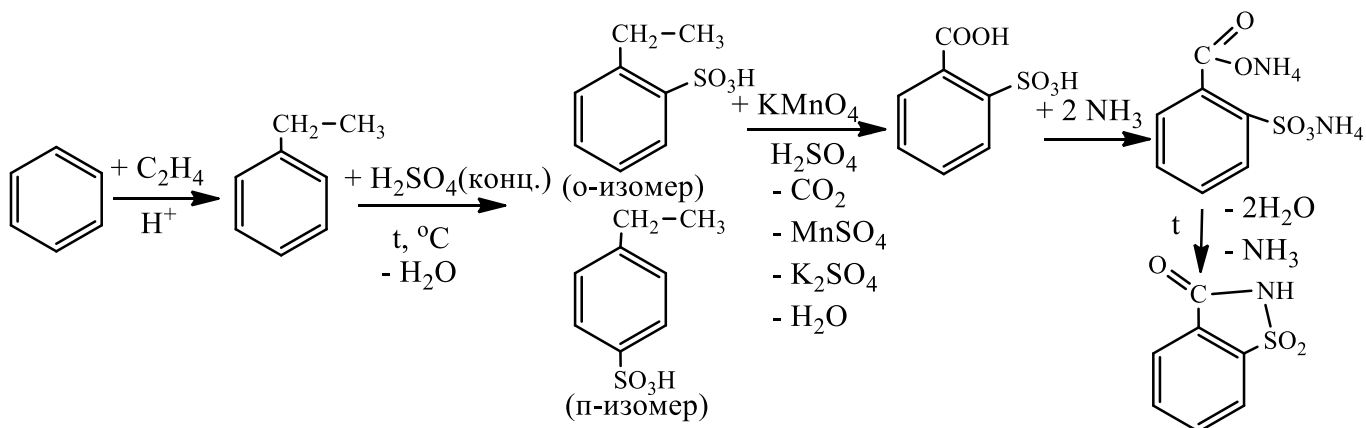
$$\omega(\text{3-метил-1-циклогексена}) = 100 - 75 = 25\%.$$

**Ответ:**  $\omega(\text{метилциклогексана}) = 75\%; \omega(\text{3-метил-1-циклогексена}) = 25\%.$

7. Осуществите превращения, в ходе синтеза сахараина (имид о-сульфобензойной кислоты) (вещество F) (12 баллов):



**Ответ:**



8. Сложный эфир неизвестного состава подвергли гидролизу. Продуктами гидролиза являются два вещества, при сгорании одинаковых количеств которых образуется одинаковое количество  $\text{CO}_2$  (при одинаковых условиях). Относительная плотность паров сложного эфира по водороду равна 44. Приведите структурную формулу этого эфира. (6 баллов)

$$\begin{array}{l}
 \text{Рассчитаем молярную массу сложного эфира: } M_r = D_{\text{H}_2}(\text{сложного эфира}) \cdot M_r(\text{H}_2) \\
 = 44 \cdot 2 = 88 \text{ г/моль.}
 \end{array}$$

$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  – общая формула гомологического ряда сложных эфиров. Составим уравнение:  $12 \cdot n + 1 \cdot 2n + 16 \cdot 2 = 88$ . Из уравнения найдем  $n$ .  $n=4$ . Значит в молекуле сложного эфира содержится 4 атома углерода.

Из условия задачи об одинаковом количестве  $\text{CO}_2$ , выделившегося при сгорании продуктов гидролиза сложного эфира, ясно, что при гидролизе получаются 2 молекулы содержащие одинаковое количество углеродных атомом. Всего в эфире 4 атома С, а в продуктах гидролиза по 2 углеродных атома. Следовательно, неизвестным сложным эфиром является этилацетат.

**Ответ:**

