

## ЗАДАНИЕ 2

### Примеры решения задач

#### Пример 1.

Элементы А, В и С расположены в периодической системе химических элементов друг за другом. Соединение АС по своей твердости не уступает простому веществу, образованному одним из этих трех элементов. Из указанных элементов в соединениях между собой только два дают газообразное вещество формулы В<sub>2</sub>С<sub>2</sub>. Какие это элементы?

*Решение:*

Данным условия задачи соответствуют три элемента второго периода периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. Это А – бор (№ 5), В – углерод (№ 6) и С – азот (№ 7). Бор и азот образуют нитрид бора ВN (АС), вещество по твердости не уступающее алмазу (простое вещество, аллотропная модификация углерода). Углерод и азот образуют газообразное вещество С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub> или (СN)<sub>2</sub> – дициан (В<sub>2</sub>С<sub>2</sub>).

*Ответ:* бор, углерод, азот.

#### Пример 2.

При обработке 0,84 г опилок сплава двух элементов избытком соляной кислоты выделилось 224 мл водорода и осталось 0,28 г нерастворимого остатка. При действии на то же количество исходного сплава избытка раствора щелочи выделилось 448 мл водорода (объемы газов измерены при нормальных условиях) и осталось 0,56 г нерастворимого остатка. Определите состав сплава.

*Дано:*

$$m(\text{сплава}) = 0,84 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2)_{\text{кис.}} = 224 \text{ мл} = 0,224 \text{ л}$$

$$m(\text{ост.})_{\text{кис.}} = 0,28 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2)_{\text{щел.}} = 448 \text{ мл} = 0,448 \text{ л}$$

$$m(\text{ост.})_{\text{щел.}} = 0,56 \text{ г}$$

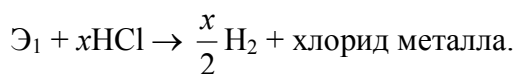
*Найти:*

состав сплава

*Решение:*

Поскольку сумма масс остатков после растворения сплава в кислоте и щелочи равна массе сплава ( $0,28 + 0,56 = 0,84$  (г)), очевидно, что в кислоте растворяется один компонент сплава массой 0,56 г, а в щелочи – второй массой 0,28 г.

Запишем схему процесса взаимодействия с кислотой:



Вычислим количество вещества водорода, выделившегося в результате взаимодействия:

$$m(\text{H}_2)_{\text{кис.}} = \frac{V}{V_m} = \frac{0,224}{22,4} = 0,01 \text{ (моль).}$$

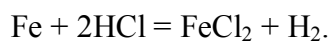
Если  $x = 1$ , то  $n(\text{Э}_1) = \frac{1}{2} n(\text{H}_2) = 0,005$  моль, тогда молярная масса элемента равна:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{0,56}{0,005} = 112 \text{ (г/моль)}, \text{ такого одновалентного металла не существует.}$$

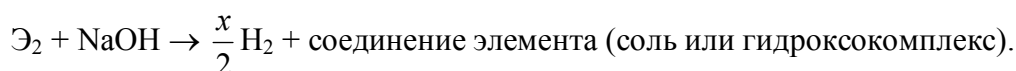
Если  $x = 2$ , то  $n(\text{Э}_1) = n(\text{H}_2) = 0,01$  моль, тогда молярная масса элемента равна:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{0,56}{0,01} = 56 \text{ (г/моль)}, \text{ искомый металл железо.}$$

Уравнение реакции имеет вид:



Запишем схему процесса взаимодействия со щелочью:



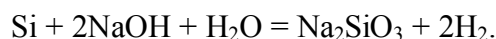
Вычислим количество вещества водорода, выделившегося в результате взаимодействия:

$$m(\text{H}_2)_{\text{цел.}} = \frac{V}{V_m} = \frac{0,448}{22,4} = 0,02 \text{ (моль)}.$$

Если  $x = 1$ , то  $n(\text{Э}_2) = \frac{1}{2} n(\text{H}_2) = 0,01$  моль, тогда молярная масса элемента равна:

$$M = \frac{m}{n} = \frac{0,28}{0,01} = 28 \text{ (г/моль)}, \text{ этот элемент кремний.}$$

Уравнение реакции имеет вид:



*Ответ:* сплав состоит из 0,28 г кремния и 0,56 г железа.

### **Пример 3.**

В пробирках находятся растворы натриевых солей различных кислот:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{NaNO}_2$  и  $\text{NaCl}$ . С помощью какого реактива можно определить все шесть солей? Напишите уравнения реакций.

*Решение:*

Искомым реактивом является разбавленная соляная кислота. Запишем уравнения реакций с указанием признаков протекания реакций:

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (выделяется углекислый газ – без цвета, без запаха);

$\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (выделяется сернистый газ – без цвета, с резким запахом);

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$  (выделяется сернистый газ – без цвета, с резким запахом и выпадает сера);

$\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$  (выделяется сероводород – газ с запахом тухлых яиц);

$\text{Na}_2\text{NO}_2 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  (выделяется оксид азота (IV) – газ бурого цвета с едким запахом);

$\text{NaCl} + \text{HCl} \nrightarrow$  (видимых изменений нет).

*Ответ:* разбавленная соляная кислота.

### **Пример 4.**

Железную пластину массой 15 г опустили в раствор сульфата меди. По окончании реакции масса пластины оказалась равной 15,75 г. Определите массу растворившегося железа.

*Дано:*

$$m(\text{пластины},1) = 15 \text{ г}$$

$$m(\text{пластины},2) = 15,75 \text{ г}$$

$$M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль}$$

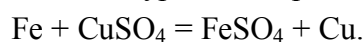
$$M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ г/моль}$$

*Найти:*

$$m(\text{Fe})$$

*Решение:*

Запишем уравнение реакции:



Рассчитаем, насколько изменилась масса пластины в ходе реакции:

$$\Delta m = m(\text{пластины},2) - m(\text{пластины},1) = 15,75 - 15 = 0,75 \text{ (г)}.$$

Рассчитаем изменение молярной массы (оно равно изменению массы при взаимодействии 1 моль веществ):

$$\Delta M = M(\text{Cu}) - M(\text{Fe}) = 63,5 - 56 = 7,5 \text{ (г/моль)}.$$

Определим массу растворившегося железа:

$$m(\text{Fe}) = M(\text{Fe}) \cdot \frac{\Delta m}{\Delta M} = 56 \cdot \frac{0,75}{7,5} = 5,6 \text{ (г)}.$$

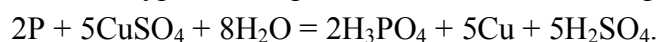
*Ответ:*  $m(\text{Fe}) = 5,6 \text{ г}$ .

### **Пример 5.**

Средством первой помощи при ожоге белым фосфором служит мокрая повязка, пропитанная 5 %-ным раствором  $\text{CuSO}_4$ ; раствор  $\text{CuSO}_4$  рекомендуется и для тушения горящего белого фосфора. Напишите уравнение химической реакции, благодаря которой белый фосфор «обезвреживается».

*Решение:*

Запишем уравнение реакции взаимодействия фосфора с раствором сульфата меди:



В результате реакции образуется фосфорная кислота и белый фосфор «обезвреживается».

### **Пример 6.**

При нейтрализации 250 г водного раствора фенола и уксусной кислоты потребовалось 44,25 мл 12 %-ного раствора едкого натра (плотность равна  $1,13 \text{ г/см}^3$ ), а при действии на то же количество смеси избытка бромной воды выпало 16,55 г осадка. Определите (в процентах по массе) содержание уксусной кислоты в растворе.

*Дано:*

$$m(\text{смеси}) = 250 \text{ г}$$

$$V(\text{р-ра}) = 44,25 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 12 \%$$

$$\rho = 1,13 \text{ г/мл}$$

$$m(\text{осадка}) = 16,55 \text{ г}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = 331 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 94 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ г/моль}$$

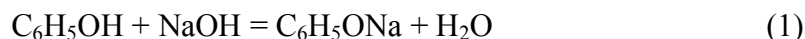
$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH})$$

Решение:

Запишем уравнения протекающих реакций:



Рассчитаем количество выпавшего осадка по реакции (3):

$$n(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = \frac{m}{M} = \frac{16,55}{331} = 0,05 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции (3) количество вещества трибромфенола  $\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}$  равно количеству вещества фенола  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ , следовательно,  $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,05$  моль.

Рассчитаем количество вещества гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ :

$$m(\text{р-ра}) = V \cdot \rho = 44,25 \cdot 1,13 \cong 50 \text{ (г)};$$

$$m(\text{NaOH}) = \frac{\omega \cdot m(\text{р-ра})}{100} = \frac{12 \cdot 50}{100} = 6 \text{ (г)};$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{6}{40} = 0,15 \text{ (моль)}.$$

По уравнению (3) определили, что  $n(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,05$  моль. По уравнению реакции (1) количество вещества гидроксида натрия равно количеству вещества фенола, следовательно,  $n(\text{NaOH})$ , пошедшего на (1) реакцию, равно 0,05 моль. Тогда количество вещества гидроксида натрия, пошедшего на реакцию взаимодействия с кислотой, равно:

$$n(\text{NaOH})_2 = n(\text{NaOH})_{\text{исх}} - n(\text{NaOH})_1 = 0,15 - 0,05 = 0,1 \text{ (моль)}.$$

По уравнению реакции (2) количество вещества гидроксида натрия равно количеству вещества уксусной кислоты, следовательно,  $n(\text{CH}_3\text{COOH})$  0,1 моль.

Рассчитаем массу уксусной кислоты:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = n \cdot M = 0,1 \cdot 60 = 6 \text{ (г)}.$$

Определим процентное содержание уксусной кислоты в растворе:

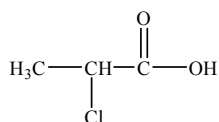
$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})}{m(\text{р-ра})} \cdot 100 = \frac{6}{250} \cdot 100 = 2,4 \text{ (\%)}.$$

$$\text{Ответ: } \omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2,4 \text{ \%}.$$

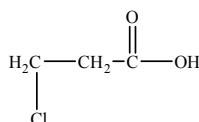
### Пример 7.

Напишите структурные формулы нескольких реально существующих, по вашему мнению, изомеров вещества состава  $\text{C}_3\text{H}_5\text{ClO}_2$  и напишите одно – два уравнения реакции, характеризующие химические свойства этих изомеров.

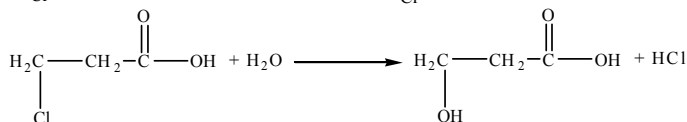
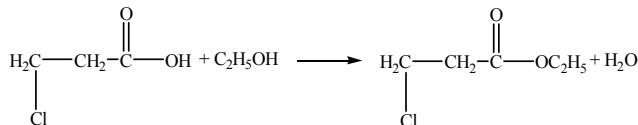
Решение:



2-хлорпропионовая кислота



3-хлорпропионовая кислота



### Пример 8.

Имеется смесь двух газов, характеризующаяся следующими свойствами: 1) при пропускании этой смеси объемом 10 л через раствор гидроксида кальция образуется соль массой 10 г; 2) при пропускании этой смеси объемом 5 л через раствор серной кислоты образуется соль массой 11,43 г. Определите качественный и количественный состав смеси, если ее плотность по водороду равна 11,52.

Дано:

$$V(\text{смеси})_1 = 10 \text{ л}$$

$$m(\text{соли})_1 = 10 \text{ г}$$

$$V(\text{смеси})_2 = 5 \text{ л}$$

$$m(\text{смеси})_2 = 11,43 \text{ г}$$

$$D(\text{H}_2) = 1,52$$

$$M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль}$$

$$M((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 132 \text{ г/моль}$$

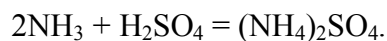
Найти:

$$\varphi_1$$

$$\varphi_2$$

Решение:

Газ, взаимодействующий с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , имеет основной характер (например, аммиак  $\text{NH}_3$ ). Запишем уравнение реакции взаимодействия аммиака с серной кислотой:



Тогда образующаяся соль – это сульфат аммония, определим количество вещества  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{11,43}{132} = 0,0866 \text{ (моль)}.$$

Определим количество аммиака. По уравнению реакции на 1 моль серной кислоты приходится 2 моль аммиака, поэтому количество вещества аммиак равно 0,1732 моль ( $2 \cdot 0,0866$ ). Рассчитаем объем газа:

$$V(\text{NH}_3) = n \cdot V_m = 0,1732 \cdot 22,4 = 3,88 \text{ (л)}.$$

$$\varphi(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V(\text{смеси})} \cdot 100 = \frac{3,88}{5} \cdot 100 = 77,6 \text{ (\%)}$$

Газ, образующий соль с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , имеет кислотный характер (например,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CO}_2$  и т.д.).

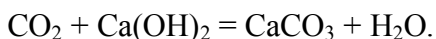
$$\varphi_x = 100 - 77,6 = 22,4 \text{ (\%)}$$

По закону Авогадро,  $\varphi(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) + \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = D(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2)$ .  
Отсюда,

$$M_x = \frac{11,52 \cdot 2 - 0,776 \cdot 17}{0,224} = 44 \text{ (г/моль)}$$

Полученное значение соответствует молярной массе углекислого газа  $\text{CO}_2$ .

Сделаем проверку полученного результата по первому условию, запишем уравнение реакции взаимодействия углекислого газа и гидроксида кальция.



Вычислим объем углекислого газа в смеси объемом 10 л:

$$V(\text{CO}_2) = \frac{\varphi(\text{CO}_2) \cdot V(\text{смеси})}{100} = \frac{22,4 \cdot 10}{100} = 2,24 \text{ (л); тогда}$$

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ (моль)}$$

По уравнению реакции количество вещества углекислого газа равно количеству вещества карбоната кальция, т.е.  $n(\text{CaCO}_3) = 0,1$  моль. Тогда масса карбоната кальция равна:

$M(\text{CaCO}_3) = n \cdot M = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ (г)}$ . что соответствует условию задачи, следовательно, смесь состоит из аммиака (77,6 %) и углекислого газа (22,4 %).

*Ответ:*  $\varphi(\text{NH}_3) = 77,6 \text{ \%; } \varphi(\text{CO}_2) = 22,4 \text{ \%}$ .