

*Раствором* называют гомогенную систему, состоящую из двух или более компонентов (веществ), содержание которых можно изменять в определенных пределах без нарушения однородности.

Состав растворов обычно передается содержанием в нем растворенного вещества.

Физическая величина, определяющая количественный состав раствора, называется *концентрацией*. ИЮПАК рекомендует использовать несколько способов выражения состава растворов (табл. 1).

*Таблица 1*

***Способы выражения состава раствора,  
рекомендованные ИЮПАК***

<i>Способ выраже- ния кон- центра- ции вещества</i>	<i>Еди- ница изме- рения</i>	<i>Определение и формула</i>	<i>Примеры</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Молярная концен- трация вещества	моль/м <sup>3</sup> моль/л	Отношение коли- чества вещества X к объему рас- твора:	$c(\text{H}_3\text{PO}_4)=0,3\text{ моль/м}^3$ $c(\text{KMnO}_4)=0,2\text{ моль/л}$

		$c(X) = \frac{n(X)}{V(\delta - \delta_a)}$	
Молярная концен- трация эквива- лента ве- щества	моль/м <sup>3</sup> моль/л	Отношение коли- чества эквивален- та вещества X к объему раствора: $c(1/zX) = \frac{n(1/zX)}{V(\delta - \delta_a)}$	$c(1/5\text{KMnO}_4) = 0,1 \text{ моль/л}$ $c(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,4 \text{ моль/м}^3$
Моляль- ность	моль/ кг	Отношение коли- чества вещества X в растворе к массе раствори- теля: $c_m(X) = \frac{n(X)}{m(\delta - \delta_y)}$	$c_m(\text{NaCl}) = 0,1 \text{ моль/кг}$
Массовая доля вещества в растворе	—	Отношение массы компонента X к массе раствора: $\omega(X) = \frac{m(X)}{m(p - pa)}$	$\omega(\text{NaBr}) = 0,025$
Молярная (мольная)	—	Отношение коли- чества вещества	$\chi(\text{KCl}) = 0,50$

доля вещества в смеси		<p>Х к общему количеству вещества смеси:</p> $\chi(X) = \frac{n(X)}{\sum n_i}$	
Титр раствора	г/мл	<p>Масса вещества Х, содержащегося в 1 мл раствора (отношение массы компонента Х к объему раствора):</p> $T(X) = \frac{m(X)}{V(p - pa)}$	T(HNO <sub>3</sub> )=0,021000 г/мл

**Примечания:**

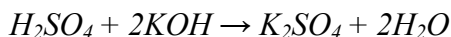
1. Термин «молярность» не рекомендуется. Вместо обозначения моль/л допускается обозначение М (1М HCl – одномолярная соляная кислота).
2. Термины «нормальность» и «нормальная концентрация» не рекомендуются. Вместо обозначения моль/л допускается сокращение «н.». Например, 1 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> или с(1/3 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)=0,5 н. Молярная концентрация вещества и моляр-

ная концентрация эквивалента связаны между собой:

$$c(1/zX) = \frac{n(X)}{1/zX}$$

3. Допускается выражать массовую долю в долях единицы, в процентах (%), в промилле (‰, тысячная часть) и в миллионных долях (млн<sup>-1</sup>).

Поскольку эквивалент вещества может быть различным, то, обозначая молярную концентрацию эквивалента вещества, обязательно следует указывать конкретную реакцию, для проведения которой данный раствор применяется, или приводить *фактор эквивалентности* (1/z). Так, в 0,5 л раствора содержится 4,9 г серной кислоты и раствор предназначен для проведения реакции полной нейтрализации:



фактор эквивалентности кислоты равен 1/2, молярная масса эквивалента

$$M(1/2H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль} \cdot 1/2 = 49 \text{ г/моль}.$$

В этом случае молярная концентрация эквивалента серной кислоты составляет:

$$c(1/2H_2SO_4) = \frac{49}{49 \cdot 0,5} = 0,2 \text{ (моль/л)},$$

или 0,2 н.  $H_2SO_4$ ,  $1/z = 1/2$ .

Другие примеры записи:

$c(1/5KMnO_4) = 0,1$  моль/л,

или 0,1 н.  $KMnO_4$  ( $1/z = 1/5$ ).

$c(1/6KJO_3) = 0,12$  моль/л,

или 0,12 н.  $KJO_3$  ( $1/z = 1/6$ ).

Способность вещества переходить в раствор не беспредельна. Содержание вещества в насыщенном растворе количественно характеризует растворимость этого вещества.

**Растворимость** выражается массой растворенного вещества, приходящейся на 100 г воды при данной температуре с образованием насыщенного раствора.

Например:  $P_{20^\circ C}(KBr) = 65,2$  г/100 г  $H_2O$ .

**Задача 1.** Рассчитайте коэффициент растворимости нитрата калия при  $20^\circ C$ , если массовая доля соли в насыщенном при данной температуре растворе равна 24 %.

Дано:	Решение:
$\omega(KNO_3)=0,24$	<u>Первый способ (алгебраический)</u>
$P_{20^\circ C}(KNO_3) - ?$	Пусть $m(H_2O) = 100$ г, $m(KNO_3) = x$ г, тогда $m(p-pa) = (100+x)$ г.
	$\omega(KNO_3) = \frac{m(KNO_3)}{m(p - pa)}.$

Подставив значения физических величин в данную формулу, получим:

$$0,24 = \frac{x}{100 + x};$$

откуда  $x = 31,6$ .

Значит,  $P_{20^{\circ}\text{C}}(\text{KNO}_3) = 31,6 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$ .

Второй способ (способ пропорции)

В 100 г раствора содержится 24 г  $\text{KNO}_3$  и 76 г  $\text{H}_2\text{O}$ .

Это означает, что в 76 г воды растворяется 24 г нитрата калия. Рассуждаем так:

в 76 г воды растворяется 24 г  $\text{KNO}_3$ ,

в 100 г воды растворяется  $x$  г  $\text{KNO}_3$ .

Составим пропорцию и решим ее.

$$\frac{76}{100} = \frac{24}{x}; \quad x = 31,6.$$

Ответ: 31,6 г/100 г  $\text{H}_2\text{O}$

**Задача 2.** Коэффициент растворимости хлорида аммония при  $100^{\circ}\text{C}$  составляет 77 г, а при  $0^{\circ}\text{C}$  – 37 г в 100 г воды. Рассчитайте массу (г) соли, которая выделится при охлаждении до  $0^{\circ}\text{C}$  насыщенного при  $100^{\circ}\text{C}$  раствора хлорида аммония массой 60 г.

*Дано:*

$$P_{100^{\circ}\text{C}}(\text{NH}_4\text{Cl}) = 77 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$$

$$P_{0^{\circ}\text{C}}(\text{NH}_4\text{Cl}) = 37 \text{ г/100 г H}_2\text{O}$$

$$m_{100^{\circ}\text{C}}(\text{p-ра}) = 60 \text{ г}$$

$$m(\text{осадка}) - ?$$

*Решение:*

Первый способ

Найдем состав горячего насыщенного раствора.

Рассуждаем так:

если в 100 г воды растворяется 77 г хлорида аммония, то  $m_{100^{\circ}\text{C}}(\text{p-ра}) = 100 + 77 = 177 \text{ (г)}$ ;

в 177 г раствора содержится 77 г  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,

в 60 г раствора содержится  $m_1(\text{NH}_4\text{Cl})$ .

$$m_1(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{60 \cdot 77}{177} = 26,1 \text{ (г)}.$$

Найдем состав холодного раствора. Если обозначить массу выпавшего осадка  $\text{NH}_4\text{Cl}$  через  $x$  г, то  $m_{0^{\circ}\text{C}}(\text{p-ра}) = (60 - x)$  г, в котором будет содержаться  $(26,1 - x)$  г  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Составим пропорцию:

в 137 г раствора содержится 37 г  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,

в  $(60 - x)$  г раствора —  $(26,1 - x)$  г .

$$\frac{137}{(60 - x)} = \frac{37}{(26,1 - x)}; \quad x = 13,6, \quad \text{т.е. } m(\text{ос.}) = 13,6 \text{ г.}$$

Второй способ

В 177 г горячего раствора содержится 100 г  $\text{H}_2\text{O}$ ,

в 60 г раствора —  $m(\text{H}_2\text{O})$ ;

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 33,9 \text{ г.}$$

При охлаждении раствора избыточная соль выпадает в осадок, а масса растворителя, естественно, не изменится. Значит, в насыщенном при  $0^\circ\text{C}$  растворе также содержится 33,9 г воды.

В 100 г воды растворяется 37 г  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,

в 33,9 г воды —             $x$  г  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ;

$$x = 12,5 ,$$

$$m(\text{ос.}) = (60 - 33,9) - 12,5 = 13,6 \text{ (г)}.$$

### Третий способ

Зная значения коэффициентов растворимости, можно вычислить массовые доли  $\text{NH}_4\text{Cl}$  в его насыщенных растворах при заданных температурах:

$$\omega_{100^\circ\text{C}}(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{77}{177} = 0,435;$$

$$\omega_{0^\circ\text{C}}(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{37}{137} = 0,27.$$

Найдем массу  $\text{NH}_4\text{Cl}$  в горячем насыщенном растворе:

$$m_{100^\circ\text{C}}(\text{NH}_4\text{Cl}) = 60 \cdot 0,435 = 26,1 \text{ (г)}.$$

Пусть  $m(\text{ос.}) = x$  г, тогда  $m_{0^\circ\text{C}}(\text{р-ра}) = (60 - x)$  г,

$$m_{0^\circ\text{C}}(\text{NH}_4\text{Cl}) = (26,1 - x) \text{ г,}$$

$$\text{т. е. } (60 - x) \cdot 0,27 = 26,1 - x; \quad x = 13,6.$$

Ответ: 13,6 г



*Раствор* – это физико-химическая система. В результате взаимодействия молекул растворителя и растворенного вещества возникают соединения, называемые *сольватами* (в водных растворах – *гидратами*). Содержащаяся в них вода называется кристаллизационной, а сами образующиеся соединения – кристаллогидратами. Поэтому при решении задач следует учитывать способность некоторых веществ при охлаждении насыщенного раствора выпадать в виде кристаллогидрата. Рассмотрим на примере.

**Задача 3.** Растворимость карбоната натрия в воде при 20 °С составляет 21,5 г, при 100 °С – 45,5 г в 100 г воды. Определите массу осадка, который выпадает из 600 г насыщенного при 100 °С раствора карбоната натрия при охлаждении его до 20 °С.

<i>Дано:</i>	<i>Решение:</i>
$P_{20^{\circ}\text{C}}(\text{Na}_2\text{CO}_3)=21,5 \text{ г}/100\text{г H}_2\text{O}$	<u>Первый способ</u>
$P_{100^{\circ}\text{C}}(\text{Na}_2\text{CO}_3)=45,5 \text{ г}/100\text{г H}_2\text{O}$	1) Выразим состав горячего раствора, используя
$m_{100^{\circ}\text{C}}(\text{p-ра})=600 \text{ г}$	пропорцию:
$m (\text{осадка}) - ?$	

145,5 г p-ра – 45,5 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

600 г p-ра –  $m_1 (\text{Na}_2\text{CO}_3)$

$$m_1(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{600 \cdot 45,5}{145,5} = 187,63 \text{ (г)}$$

2) Пусть выпало  $x$  г осадка  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Рассчитаем массу соли  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в составе кристаллогидрата:

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

$$m_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot n(\text{Na}_2\text{CO}_3);$$

$$m_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot m(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O})};$$

$$m_2(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{106 \cdot x}{286} = 0,37x \text{ (г)}.$$

3) Выразим состав охлажденного раствора:

$$m_{20^\circ\text{C}}(\text{p-ра}) = (600 - x) \text{ г};$$

$$m_3(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (187,63 - 0,37x) \text{ г}.$$

Составим пропорцию:

в 121,5 г раствора содержится 21,5 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,

в  $(600 - x)$  г раствора —  $(187,63 - 0,37x)$  г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

$$\frac{121,5}{(600 - x)} = \frac{21,5}{(187,63 - 0,37x)};$$

$$x = 422,1$$

### Второй способ

Определим массу воды и карбоната натрия в 600 г насыщенного при  $100^\circ\text{C}$  раствора:

в  $(100 + 45,5) = 145,5$  г раствора содержится 100 г воды;

в 600 г раствора содержится  $m(\text{H}_2\text{O})$  г;

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 412,37 \text{ г};$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 187,63 \text{ г}.$$

Массовая доля карбоната натрия в его кристаллогидрате составляет:

$$106 \text{ г/моль} : 286 \text{ г/моль} = 0,37,$$

следовательно, массовая доля воды соответственно

$$1 - 0,37 = 0,63.$$

Если в осадок выпадает  $x$  г  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , то в нем будет содержаться  $(0,37x)$  г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $(0,63x)$  г воды. Массовая доля карбоната натрия в насыщенном при  $20^\circ\text{C}$  растворе будет равна:

$$\omega_{20^\circ\text{C}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{21,5}{121,5} = 0,177.$$

$$m_{20^\circ\text{C}}(\text{p-ра}) = (600 - x) \text{ г};$$

$$m_{20^\circ\text{C}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (187,63 - 0,37x) \text{ г}.$$

Получим:

$$0,177 = \frac{187,63 - 0,37x}{600 - x}; \quad x = 422,1.$$

Ответ: 422,1 г

## Действия с растворами

### *1) Разбавление (добавление порции растворителя)*

Выведем формулу для расчета массовой доли вещества в растворе при смешивании раствора с неким количеством воды. Обозначим массу исходного раствора  $m_1(p-pa)$ , массу растворенного вещества X  $m_1(X)$ , массовую долю растворенного вещества в этом растворе –  $\omega_1(X)$ , тогда:

$$m_1(X) = m_1(p-pa) \cdot \omega_1(X)$$

При добавлении воды масса вещества X в растворе не изменится; следовательно,  $m_2(X) = m_1(X)$ , а масса полученного раствора после разбавления будет равна сумме масс исходного раствора и добавленной воды:

$$\omega_2(X) = \frac{m_1(\delta - \delta_a) \cdot \omega_1(\delta)}{m_1(\delta - \delta_a) + m(H_2O)}$$

**Задача 4.** К 120 г 15%-ного раствора соли добавили 80 г воды. Вычислите массовую долю соли в полученном растворе.

<p><i>Дано:</i></p> <p><math>m_1(p-pa) = 120 \text{ г}</math></p> <p><math>\omega_1(\text{соли}) = 0,15</math></p> <p><math>m(H_2O) = 80 \text{ г}</math></p> <hr/> <p><math>\omega_2(\text{соли}) = ?</math></p>	<p><i>Решение:</i></p> $\omega_2(\text{соли}) = \frac{120 \cdot 0,15}{120 + 80} = 0,09.$ <p><u>Ответ:</u> 9 %</p>
---	---

## 2) Удаление части растворителя (упаривание)

При упаривании масса вещества в растворе не изменится, а масса раствора уменьшится за счет испарения части растворителя, следовательно:

$$\omega_2(X) = \frac{m_1(\delta - \delta_a) \cdot \omega_1(\ddot{O})}{m_1(\delta - \delta_a) + m(H_2O)}$$

**Задача 5.** Из 400 г 20 %-ного раствора соли после упаривания удалили 100 г воды. Рассчитайте массовую долю соли в полученном растворе?

<i>Дано:</i>	<i>Решение:</i>
$m_1(p-pa) = 120 \text{ г}$	$\omega_2(\text{соли}) = \frac{m_1(p-pa) \cdot \omega_1(\text{соли})}{m_1(p-pa) - m(H_2O)};$
$\omega_1(\text{соли}) = 0,2$	
$m(H_2O) = 80 \text{ г}$	$\omega_2(\text{соли}) = \frac{400 \cdot 0,2}{400 - 100} = 0,267.$
$\omega_2(\text{соли}) = ?$	

Ответ: 26,7 %

## 3) Добавление порции вещества (концентрирование)

Введем обозначение: масса добавленного вещества  $m(X)$ . При этом увеличится масса раствора и масса соли в растворе, значит:

$$m_2(p-pa) = m_1(p-pa) + m(X)$$

$$m_2(X) = m_1(X) + m(X)$$

**Задача 6.** К 200 г 4 %-ного раствора  $\text{NaHCO}_3$  добавили 5,0 г гидрокарбоната натрия. Определите массовую долю вещества в полученном растворе.

<p><i>Дано:</i></p> <p><math>m_1(p\text{-}pa) = 200 \text{ г}</math></p> <p><math>\omega_1(\text{NaHCO}_3) = 0,04</math></p> <p><math>m(\text{NaHCO}_3) = 5,0 \text{ г}</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p><math>\omega_2(\text{NaHCO}_3) = ?</math></p>	<p><i>Решение:</i></p> <p><math>\omega_2(\text{NaHCO}_3) =</math></p> $\frac{m_1(p - pa) \cdot \omega_1(\text{NaHCO}_3) + m(\text{NaHCO}_3)}{m_1(p - pa) + m(\text{NaHCO}_3)}$ $\omega_2(\text{NaHCO}_3) = \frac{200 \cdot 0,04 + 5,0}{200 + 5,0} = 0,063.$
--	--

Ответ: 6,3 %

#### ***4) Сливание растворов одного и того же вещества***

В данном случае изменяется масса раствора и масса вещества в растворе:

$$m_3(p\text{-}pa) = m_1(p\text{-}pa) + m_2(p\text{-}pa)$$

$$m_3(X) = m_1(X) + m_2(X)$$

Массовая доля вещества в образовавшемся растворе:

$$\omega_3(X) = \frac{m_1(\delta - \delta_a) \cdot \omega_1(\ddot{O}) + m_2(\delta - \delta_a) \cdot \omega_2(\ddot{O})}{m_1(\delta - \delta_a) + m_2(\delta - \delta_a)}$$

**Задача 7.** К 120 г раствора с массовой долей серной кислоты 20% добавили 40 г раствора с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  50%. Рассчитайте массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в полученном растворе?

<i>Дано:</i>	<i>Решение:</i>
$m_1(\text{p-ра}) = 120 \text{ г}$	
$\omega_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,2$	
$m_2(\text{p-ра}) = 40 \text{ г}$	
$\omega_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5$	
$\omega_3(\text{H}_2\text{SO}_4) - ?$	$\omega_3(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{120 \cdot 0,2 + 40 \cdot 0,5}{120 + 40} = 0,275$
<u><i>Ответ:</i> 27,5 %</u>	

### 5) Растворение газа

В таких случаях необходимо найти массу газа при нормальных условиях (н.у.), используя формулу (1),

$$m(X) = \frac{M \cdot V}{V_m} \quad (1)$$

или уравнение Менделеева-Клапейрона, если условия, при которых взят газ, отличаются от нормальных условий (2):

$$m(X) = \frac{p \cdot V \cdot M}{RT} \quad (2)$$

**Задача 8.** Колбу, содержащую хлороводород при н.у., заполнили водой. При этом газ полностью растворился. Определите массовую долю хлороводорода в полученном растворе.

<i>Дано:</i>	<i>Решение:</i>
н.у.	Пусть $V(\text{колбы}) = a \text{ л} = 1000 a \text{ мл}$ ,
$V(\text{HCl}) = V(\text{к.})$	тогда $V(\text{HCl}) = a \text{ л}$ ;
$V(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{к.})$	$V(\text{H}_2\text{O}) = 1000 a \text{ мл}$ .
$\omega(\text{HCl}) - ?$	$m(\text{HCl}) = \frac{M(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl})}{V_m}$
$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$	
$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/см}^3$	$m(\text{HCl}) = \frac{36,5 \cdot a}{22,4} = 1,63a \text{ (г)};$
$m(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O});$	$m(\text{H}_2\text{O}) = 1000a \cdot 1 = 1000a \text{ (г)}.$
	$\omega(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{m(p - pa)}$
	$\omega(\text{HCl}) = \frac{1,63a}{1,63a + 1000a} = 0,0016$

Ответ: 0,16 %

### **6) Растворение веществ, взаимодействующих с водой**

Некоторые вещества при растворении взаимодействуют с водой с образованием новых веществ. К таким веществам относятся: щелочные и щелочноземельные металлы (кроме Mg), их оксиды (кроме MgO), некоторые кислотные оксиды (кроме SiO<sub>2</sub>), некоторые соли (гидриды, нитриды, фосфиды, карбиды металлов), ангидриды и галогенангидриды кислот и другие. В таких случаях необходимо по уравнению реакции



рассчитать массу образовавшегося вещества в растворе.

**Задача 9.** Рассчитайте массовую долю вещества в растворе, полученном при взаимодействии металлического натрия массой 4,6 г с 75,6 мл воды.

*Дано:*

$$m(\text{Na}) = 4,6 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 75,6 \text{ мл}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = ?$$

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

$$M(\text{Na}) = 23 \text{ г/моль}$$

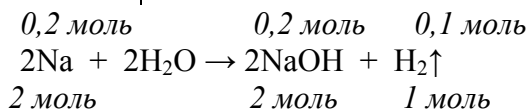
$$\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/см}^3$$

*Решение:*

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})};$$

$$n(\text{Na}) = \frac{4,6}{23} = 0,2 \text{ (моль)};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 75,6 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 75,6 \text{ г}$$



$$m(\text{NaOH}) = M(\text{NaOH}) \cdot n(\text{NaOH});$$

$$m(\text{NaOH}) = 40 \cdot 0,2 = 8 \text{ (г)};$$

$$m(p-pa) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{Na}) - m(\text{H}_2);$$

$$m(p-pa) = 75,6 + 4,6 - 2 \cdot 0,1 = 80 \text{ (г)}.$$

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(p-pa)};$$

$$\omega(\text{NaOH}) = \frac{8}{80} = 0,1.$$

Ответ: 10 %

## 7) Растворение кристаллогидратов

При растворении кристаллогидрата  $X \cdot nH_2O$  в воде или растворе следует учитывать, что масса вещества  $X$  в кристаллогидрате  $X \cdot nH_2O$  меньше массы взятого кристаллогидрата, поэтому необходимо найти массу вещества по формуле:

$$m(X) = \frac{m(\ddot{O} \cdot n \overset{\hat{I}}{2}) \cdot \overset{\hat{I}}{1} (\ddot{O})}{\overset{\hat{I}}{1} (\ddot{O} \cdot n \overset{\hat{I}}{2})}$$

**Задача 10.** Пентагидрат сульфата меди(II) массой 5 г растворили в воде количеством 5 моль. Рассчитайте массовую долю соли в полученном растворе.

*Дано:*

$$m(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 5 \text{ г}$$

$$n(H_2O) = 5 \text{ моль}$$

$$\omega(CuSO_4) = ?$$

$$M(CuSO_4) = 160 \text{ г/моль}$$

$$M(CuSO_4 \cdot 5H_2O) = 250 \text{ г/моль}$$

*Решение:*

$$m(H_2O) = 18 \cdot 5 = 90 \text{ (г)}.$$

Масса соли в кристаллогидрате:

$$m(CuSO_4) = \frac{5 \cdot 160}{250} = 3,2 \text{ (г)}$$

$$\omega(CuSO_4) = \frac{m(CuSO_4)}{m(H_2O) + m(CuSO_4 \cdot 5H_2O)};$$

$$\omega(CuSO_4) = \frac{3,2}{90 + 5} = 0,0337$$

Ответ: 3,37 %

### 8) Сливание растворов веществ, взаимодействующих друг с другом

В таких случаях следует учитывать, что в растворе идет связывание ионов с образованием осадка или выделением газа, при этом масса конечного раствора находится так:

$$m_3(p-pa) = m_1(p-pa) - m_2(p-pa) - m(\text{осадка}) - m(\text{газа})$$

Массы образовавшихся веществ следует рассчитывать по уравнению реакции *по веществу, полностью вступившему в реакцию.*

**Задача 11.** К 250 мл раствора с массовой долей хлорида аммония 24 % (пл. 1,07) прибавили 224 г раствора с массовой долей гидроксида натрия 25 %. Раствор прокипятили и при этом испарилось 71,1 г воды. Вычислите массовые доли веществ в оставшемся растворе.

*Дано:*

$$V(p-pa) = 250 \text{ мл}$$

$$\rho(p-pa) = 1,07 \text{ г/мл}$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,24$$

$$m(p-pa) = 224 \text{ г}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 0,25$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 71,1 \text{ г}$$

---


$$\omega(\text{в-в}) - ?$$

*Решение:*

Из данных условия задачи рассчитаем количества веществ хлорида аммония и гидроксида натрия:

$$m(p-pa \text{ NH}_4\text{Cl}) = 250 \cdot 1,07 = 267,5 \text{ (г)}$$

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = 267,5 \cdot 0,24 = 64,2 \text{ (г);}$$

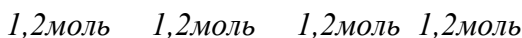
$$M(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53,5 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{64,2}{53,5} = 1,2 \text{ (моль)}.$$

$$m(\text{NaOH}) = 224 \cdot 0,25 = 56 \text{ (г)};$$

$$n(\text{NaOH}) = \frac{56}{40} = 1,4 \text{ (моль)}.$$

Составим уравнение реакции:



$$n(\text{NH}_4\text{Cl}): \overline{n}(\text{NaOH}) = 1,2:1,4 = 1:1,17 \text{ (по условию),}$$

$$n(\text{NH}_4\text{Cl}): \overline{n}(\text{NaOH}) = 1:1 \text{ (по уравнению);}$$

следовательно, NaOH в избытке.

Расчет следует вести по  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

В растворе содержится 1,2 моль NaCl и  $(1,4 - 1,2) = 0,2$  моль NaOH (непрореагировавшего).

$$m(\text{NaCl}) = 58,5 \cdot 1,2 = 70,2 \text{ (г)};$$

$$m(\text{NaOH}) = 40 \cdot 0,2 = 8 \text{ (г)};$$

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра NH}_4\text{Cl}) + m(\text{р-ра NaOH}) - m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{NH}_3),$$

$$m(\text{р-ра}) = 267,5 + 224 - 71,1 - 17 \cdot 1,2 = 400 \text{ (г)}.$$

$$\omega(\text{NaCl}) = \frac{70,2}{400} = 0,1755; \quad \omega(\text{NaOH}) = \frac{8}{400} = 0,02$$

Ответ: 17,55 % NaCl, 20 % NaOH

### **9) Нахождение состава соли после реакции**

Следует обратить внимание на то, что не всегда однозначно можно составить уравнение химической реакции между кислотой и основанием, кислотным оксидом и щелочью, т. к. могут образовываться как средние, так и кислые, и основные соли. Поэтому не следует спешить составлять уравнение реакции между взятыми реагентами, а придерживаться следующей последовательности (*алгоритма*):

#### ***Нахождение состава соли после реакции***

- Из условия задачи найти количества (моль) исходных реагентов, вступающих в химическую реакцию с образованием соли ( $n_1, n_2$ ).
- Найти соотношение найденных количеств веществ реагентов ( $n_1:n_2$ ).
- На основании целочисленного соотношения составить уравнение реакции образования соли А и по нему произвести расчеты по веществу, полностью вступившему в реакцию.
- Необходимо проанализировать, может ли соль А реагировать с избытком реагента. Если может, то составить уравнение соответствующей реакции образования соли В и произвести по нему расчеты.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине «Электронный универс»  
([e-Univers.ru](http://e-Univers.ru))