

Растворы



Роль растворов в природе.

$\frac{3}{4}$ земного шара занимает вода

97% воды приходится на океаны и моря

3% на озёра, реки, подземные воды

животные организмы содержат до 70%

плоды огурца, арбуза содержат 90%

массы тела человека содержит 65%

- Гомогенные смеси веществ переменного состава называются растворами.
- Компонент раствора, концентрация которого выше других компонентов, является растворителем.
- Растворитель сохраняет свое фазовое состояние при образовании раствора.
- Различают газовые, жидкие и твердые растворы.

Классификация растворов по агрегатному состоянию

	<i>газ</i>	<i>жидкость</i>	<i>твердое тело</i>
Газ		Аэрозоли распыленные жидкие вещества (туман, облака)	Аэрозоли распыленные твердые вещества (дым, пыль)
Жидкость	Пены	Эмульсии (сливочное масло, маргарин, кремы, мази)	Суспензии (взвеси) и коллоидные растворы (золи)
Твердое тело	Пемза, пеностекло, пенопласт	Жемчуг, вода в парафине	Окрашенные стекла, многие сплавы

ИСТИННЫЕ РАСТВОРЫ

- Растворы – это гомогенные (однофазные) системы переменного состава, состоящие из двух или более веществ (компонентов).

- Растворимость для различных веществ колеблется в значительных пределах и зависит от их природы, взаимодействия частиц растворенного вещества между собой и с молекулами растворителя, а также от внешних условий (давления, температуры и т. д.)

КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

К безразмерным концентрациям (долям) относятся следующие концентрации:

1. Массовая доля растворенного вещества $W(B)$ выражается в долях единицы

$$W_B = \frac{m(B)}{m(A) + m(B)}$$

или в процентах:

$$\omega = \frac{m_{B-BA.}}{m_{p-ra}} \cdot 100\%$$

$$m_{p-ra} = m_{\text{раств..в-ва}} + m_{\text{растворителя}}$$

где $m(B)$ и $m(A)$ – масса растворенного вещества B и масса растворителя A.

2. Объемная доля растворенного вещества $\sigma(B)$ выражается в долях единицы или объемных процентах:

$$\sigma(B) = \frac{V(B)}{\sum_i V_i} \quad (\text{доли}) \quad \text{или} \quad \% \qquad \sigma(B) = \frac{V(B)}{\sum_i V_i} \cdot 100\%$$

- где V_i – объем компонента раствора, $V(B)$ – объем растворенного вещества B.

Объемные проценты называют градусами.

Иногда объемная концентрация

выражается в тысячных долях (промилле, ‰)

или в миллионных долях (млн^{-1}), ppm.

3. Мольная доля растворенного вещества $\chi(B)$ выражается соотношением:

$$\chi(B) = \frac{n(B)}{n(A) + n(B)} \cdot 100 \text{ (мольные проценты)}$$

- Сумма мольных долей компонентов раствора равна единице.

К размерным концентрациям относятся следующие концентрации:

1. Молярная концентрация

Молярная концентрация или молярность (C_M) показывает число моль растворимого вещества в 1 л раствора (М) моль/л:

$$C_M = \frac{m_{в-ва}}{M \cdot V}$$

1М раствор H_2SO_4 содержит 98 г/моль кислоты в 1 л раствора

Задача 1. Определить M и ω раствора, содержащего 18 г H_3PO_4 в 300 г H_2O ($\rho_{H_3PO_4} = 1,031$ г/см³).

Решение:

1) Найдем массовую долю растворенного вещества:

$$\omega = \frac{m_{B-BA} \cdot 100\%}{m_{p-pa}} = \frac{18 \cdot 100}{300 + 18} = 5,6\%$$

2) Найдем объем раствора (H_3PO_4):

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = m / \rho = 318 / 1,031 = 308,4 \text{ мл} = 0,3084 \text{ л}$$

$$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3 + 31 + 64 = 98 \text{ г/моль}$$

5) Молярность:

$$C_M = \frac{18}{98 \cdot 0,3084} = 0,59 \text{ моль / л}$$

Растворимость

Растворимость твердых веществ в жидкости

Растворимость – количество растворимого вещества в граммах способное растворится при данной температуре в 100 г растворителя.

Если растворяется:

- > 10 г в 100 г H_2O – хорошо растворяется (Р),
- < 1 г – малорастворимо (М),
- $< 0,01$ г - нерастворимо (Н)
- Процесс растворения сопровождается тепловым эффектом.

- Если энергия, которую надо затратить на разрушение кристаллической решетки твердого тела, больше энергии сольватации, то процесс растворения протекает с поглощением теплоты. (*С повышением температуры растворимость усиливается.*),
- если - меньше энергии сольватации, то процесс растворения протекает с выделением теплоты. (*С повышением температуры растворимость уменьшается.*)

При повышении температуры растворимость большинства твердых веществ увеличивается, например:

$t, ^\circ\text{C}$	0	20	40	60	80
KNO_3, k_s	0,131	0,316	0,639	1,101	1,688
$\text{Ba}(\text{OH})_2, k_s$	0,017	0,039	0,082	0,200	1,014

Встречаются твердые вещества, растворимость которых уменьшается при повышении температуры:

$t, ^\circ\text{C}$	0	10	20	30	40	60	80
$\text{Li}_2\text{CO}_3, k_s$	0,154	0,143	0,133	0,125	0,117	0,101	0,087
$\text{Li}_2\text{SO}_4, k_s$	0,353	0,350	0,342	0,335	0,328	0,319	0,307

- Т.к. объем системы при растворении меняется незначительно, то давление на этот процесс не оказывает существенного влияния.
- Способность твердого вещества переходить в раствор не беспредельна. При введении в стакан с водой ($T = \text{const}$) первые порции вещества полностью растворяются и образуется ненасыщенный раствор.
- В таком растворе возможно растворение следующих порций до тех пор, пока вещество не перестанет переходить в раствор. Такой раствор называют насыщенным.

■ коэффициент растворимости k_s – показывает какая масса вещества может максимально раствориться в 100 г растворителя с образованием насыщенного при данной температуре раствора.

■ Массовая доля и растворимость связаны уравнением:

■
$$\omega = \frac{k_s}{100 + k_s}$$

■ Если раствор, насыщенный при более высокой температуре, осторожно охладить, можно получить перенасыщенный раствор.

Такие растворы неустойчивы и разрушаются с образованием насыщенного раствора и осадка.

Задачи на растворимость

■ Задача 1.

Массовая доля соли в насыщенном при 20°C растворе хлорида калия равна 0,256. Определите растворимость соли в 100 г воды.

Решение

Пусть K_s соли равен x г в 100 г воды. Тогда масса раствора $m_{p-pa} = m_{воды} + m_{соли} = (x + 100)$,

а массовая доля раствора

$$\omega = x / (x + 100) = 0,256$$

Отсюда $x = 25,6 + 0,256x$; $0,744x = 25,6$; $x = 34,4$ г

■ Задача 2.

Определите массовую долю насыщенного раствора соли, если коэффициент растворимости этой соли равен 45 г на 100 г воды.

- коэффициент растворимости k_s – показывает какая масса вещества может максимально раствориться в 100 г растворителя с образованием насыщенного при данной температуре раствора.
- Массовая доля и растворимость связаны уравнением:
- $$\omega = \frac{k_s}{100 + k_s}$$
- Если раствор, насыщенный при более высокой температуре, осторожно охладить, можно получить перенасыщенный раствор.
Такие растворы неустойчивы и разрушаются с образованием насыщенного раствора и осадка.

Задачи на выпадение осадков из растворов

- Если вещество удаляется из раствора, то масса воды остается неизменной.

При решении таких задач удобно использовать таблицу:

№ раствора	м р-ра, г	м в-ва, г	м воды, г
1			
	$Ks_1 + 100$	Ks_1	100
2			
	$Ks_2 + 100$	Ks_2	100

■ Задача 3.

Какая масса хлорида калия выпадает в осадок из 900 г раствора, насыщенного при 80 °С, при его охлаждении до 20 °С? Растворимость соли равно 51,1 г при 80°С и 34,4 г при 20 °С.

Решение

1. Найдем массу соли в 900 г раствора при 80 °С :

51,1 г соли содержится в 151,1 г раствора

x г соли содержится в 900 г раствора

$$x = 304,4 \text{ г}$$

2. Найдем массу воды в этом растворе (в растворе №2 масса воды остается такой же):

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 900 - 304,4 = 595,6 \text{ г}$$

3. Найдем массу соли в растворе при 20 °С ,
приходящуюся на эту массу воды:

в 100 г воды содержится 34,4 г соли

в 595,6 г воды содержится x г соли

$$x = 204,9 \text{ г}$$

4. Найдем массу выпавшего осадка:

$$304,4 - 204,9 = 99,5 \text{ г}$$

№ раствора	m р-ра, г	m в-ва, г	m воды, г
1	900	304,4	595,6
	$K_{s1} + 100 = 151,1$	$K_{s1} = 51,1$	100
2	800,5	204,9	595,6
	$K_{s2} + 100 = 134,4$	$K_{s2} = 34,4$	100

■ Задача 4.

Из 200 мл 62,96 %-ного раствора нитрата калия ($\rho = 1,35$ г/мл) при охлаждении выпал осадок соли массой 120 г. Найти массовую долю соли в оставшемся растворе.

Решение

Используем формулу:

$$\omega = \frac{m_{B-BA.}}{m_{p-pa}} \cdot 100\%$$

где

$$m_{p-pa} = \rho \cdot V$$

1. Найдем массу исходного раствора :

$$m \text{ р-ра (1) } = 200 \cdot 1,35 = 270 \text{ г}$$

2. Найдем массу вещества в исходном растворе:

$$m \text{ в-ва (1) } = 0,6296 \cdot 270 = 170 \text{ г}$$

3. Найдем массу вещества, в охлажденном растворе:

$$m \text{ в-ва (2) } 170 - 120 = 50 \text{ г}$$

4. Найдем массовую долю соли в полученном растворе:

$$\omega \text{ в-ва (2) } = 50 / (270 - 120) = 0,33 \text{ или } 33\%$$

Задания для самостоятельной работы:

1. Установите соответствие между составом раствора и его концентрацией:

Состав раствора	Концентрация раствора
А) 5 г гидроксида натрия в 95 г воды	1) Молярная концентрация 0,05 моль/л
Б) 0,1 моль гидроксида калия в 2 л раствора	2) Массовая доля 10%
В) 15 г серной кислоты в 150 г раствора	3) Молярная концентрация 1 моль/л
Г) 1 моль нитрата кальция в 1 л раствора	4) Молярная концентрация 2 моль/л
	5) Массовая доля 5%

2. При температуре 20 °С растворимость сульфата цинка в глицерине равна 53 г/100 г растворителя. Вычислите количества вещества сульфата цинка и глицерина, необходимых для приготовления 50 г насыщенного раствора сульфата цинка в глицерине.

3. К раствору массой 200 г с массовой долей хлорной кислоты 24% добавили 100 г воды. Вычислите массовую долю кислоты в образовавшемся растворе.