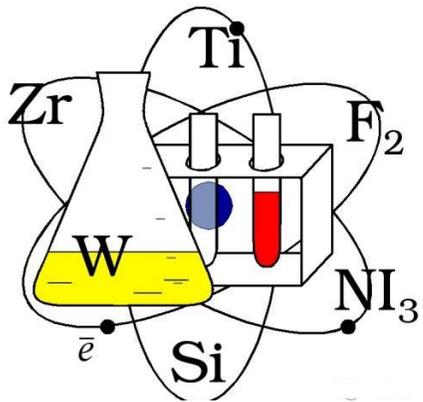




# Массовая доля элемента в сложном веществе. Вывод формул веществ



Кафедра  
ХИМИИ

Составитель: Соколова М.Д. – зав. кафедрой, д.т.н., доцент

**Белавин И.Ю. Решение задач по химии. Учебное пособие для поступающих в ВУЗы**

<http://lensky-kray.ru/uploads/%D0%95%D0%A2%D0%9D/%D0%91%D0%95%D0%9B%D0%90%D0%92%D0%98%D0%9D%20%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf>

$$\text{Для смеси: } w = \frac{m(\text{элемента})}{m(\text{смеси})} \qquad w\% = w \cdot 100$$

Для химического соединения формулы  $A_xB_yC_z$ :

$$w(A) = \frac{x \cdot M(A)}{M(A_xB_yC_z)} \quad ; \quad w(B) = \frac{y \cdot M(B)}{M(A_xB_yC_z)} \quad ; \quad w(C) = \frac{z \cdot M(C)}{M(A_xB_yC_z)}$$

# Определение относительной молекулярной массы (молярной) веществ

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = \overset{\text{H}}{2 \cdot 1} + \overset{\text{S}}{32} + \overset{\text{O}}{4 \cdot 16} = 98 \text{ (г/моль)}$$

$$M[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 2 \cdot 27 + (32 + 4 \cdot 16) \cdot 3 = \underset{\text{Al}}{2 \cdot 27} + \underset{\text{S}}{32 \cdot 3} + \underset{\text{O}}{(4 \cdot 16) \cdot 3} = 150 \text{ (г/моль)}$$

## Задание 1

Определите массовые доли элементов в ортофосфорной кислоте.

Решение:

$$M(\text{H}_3\text{PO}_4) = 3 \cdot 1 + 31 + 4 \cdot 16 = 98 \text{ г/моль.}$$

$\omega(\text{H}) = \frac{3}{98} =$	0,0306	или	3,06%
	+		+
$\omega(\text{P}) = \frac{31}{98} =$	0,3163	или	31,63%
	+		+
$\omega(\text{O}) = \frac{4 \cdot 16}{98} =$	0,6531	или	65,31%
	=1		=100%



**ТОЧНОСТЬ вычислений**

Мольные доли – 4 цифры после запятой

Проценты – 2 цифры после запятой

Смотреть с какой точностью даны эти значения в условии задачи (иногда после запятой больше или меньше цифр)

## Определение формулы веществ

### 1.1.3. Определение формулы вещества

Для вещества формулы  $A_xB_yC_z\dots\dots$

$$x : y : z = n(A) : n(B) : n(C)\dots\dots$$

Пример 11. (Белавин, с. 10) Определите простейшую формулу вещества, в котором массовые доли натрия, фосфора и кислорода составляют 34,59, 23,31 и 42,10 % соответственно.

Решение:

Проверка:  $34,59 + 23,31 + 42,10 = 100\%$

$\text{Na}_x\text{P}_y\text{O}_z$   
Атомные массы

$$\text{Na} : \text{P} : \text{O} = \frac{34,59}{23} : \frac{23,31}{31} : \frac{42,10}{16} = 1,50 : 0,75 : 2,63 = 2 : 1 : 3,5 = 4 : 2 : 7$$

Простейшая формула вещества  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

Если не все полученные цифры целые (как в данном случае), то необходимо подобрать наименьший множитель, который превратил бы их в целые (здесь 2):

$$\dots,5 \times 2 = \dots,0 \quad \dots,333 \times 3 = \dots,999 \quad \dots,666 \times 3 = \dots,999$$

Выделяем самое маленькое число и потом делим все числа на него

**Пример 12. (Белавин, с. 10)** Определите молекулярную формулу вещества, состоящего из кислорода, азота, фосфора и водорода, если известно, что оно содержит по массе 48,48 % кислорода, число атомов азота в нем в два раза больше числа атомов фосфора, а количество атомов водорода в соединении в 2,25 раза больше количества атомов кислорода. Молярная масса вещества меньше 200 г/моль.

**Решение:**

Формула вещества  $O_xN_yP_zH_k$

1) Пусть масса вещества равна 100 г, тогда  $m(O) = 48,48$  г.  $v(O) = m(O) / M(O) = 48,48 / 16 = 3,03$  моль.

Для вещества формулы  $A_xB_yC_z$ .....

$x : y : z = n(A) : n(B) : n(C)$ .....

2)  $v(H) = v(O) \cdot 2,25 = 3,03 \cdot 2,25 = 6,82$  моль.  $m(H) = v(H) \cdot M(H) = 6,82 \cdot 1 = 6,82$  г.

3)  $m(N + P) = m(\text{вещества}) - m(O) - m(H) = 100 - 48,5 - 6,82 = 44,68$  г.

$m(N) = v(N) \cdot M(N) = 14 \cdot v(N)$ ;  $m(P) = v(P) \cdot M(P) = 31 \cdot v(P)$ .

4) Составляем систему уравнений и решаем ее:

$$\begin{array}{l|l} 14v(N) + 31v(P) = 44,68 & 28v(P) + 31v(P) = 44,68 \\ v(N) = 2 \cdot v(P) & 59v(P) = 44,68 \end{array} \quad \begin{array}{l} v(P) = 0,757 \text{ моль} \\ v(N) = 0,757 \cdot 2 = 1,514 \text{ моль} \end{array}$$

5)  $x : y : z : k = 3,03 : 1,514 : 0,757 : 6,82 = 4 : 2 : 1 : 9$ .  $O_4N_2PH_9$

Мы определили простейшую формулу вещества. Молекулярная формула может содержать удвоенное, утроенное и т.д. число атомов. Чтобы убедиться, что молекулярная формула совпадает с простейшей, подсчитаем молярную массу вещества:  $M(O_4N_2PH_9) = 16 \cdot 4 + 14 \cdot 2 + 31 + 1 \cdot 9 = 132$  г/моль.  $132 < 200$ .

Очевидно, что молярная масса для удвоенной формулы будет больше 200, что противоречит условию задачи, следовательно, молекулярная формула вещества  $O_4N_2PH_9$ . Перегруппировав атомы легко догадаться, что это вещество является гидрофосфатом аммония  $(NH_4)_2HPO_4$ .

**Ответ:**  $(NH_4)_2HPO_4$ .

## Кристаллогидраты

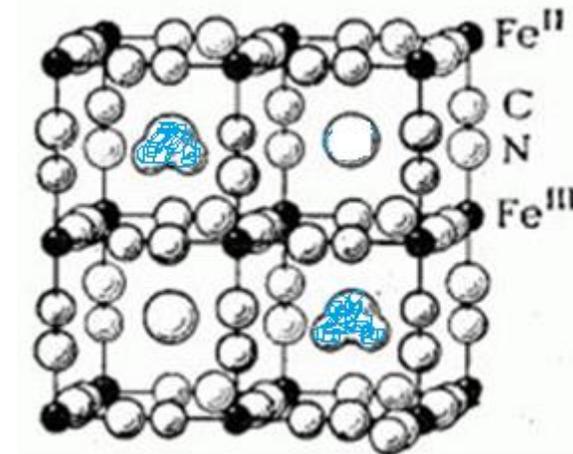
[<https://ru.wikipedia.org/wiki/Кристаллогидрат>]

**Кристаллогидраты** — [кристаллы](#), содержащие молекулы воды и образующиеся, если в [кристаллической решётке катионы](#) образуют более прочную связь с молекулами [воды](#), чем связь между катионами и анионами в кристалле безводного вещества. При низких температурах вода в кристаллогидратах может быть связана как с катионами, так и с анионами солей. Многие [соли](#), а также [кислоты](#) и [основания](#) выпадают из водных растворов в виде кристаллогидратов.

Типичными кристаллогидратами являются многие природные [минералы](#), например [гипс](#)  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , [карналлит](#)  $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Кристаллизационная вода обычно может быть удалена нагреванием, при этом разложение кристаллогидрата часто идёт ступенчато. Так, [медный купорос](#)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (синий) выше  $105^\circ\text{C}$  переходит в тригидрат  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (голубой), при  $150^\circ\text{C}$  в моногидрат  $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (белый); полное обезвоживание происходит выше  $250^\circ\text{C}$ . Однако некоторые соединения (например,  $\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) устойчивы только в форме кристаллогидрата и не могут быть обезвожены без разложения.

Другие примеры: [железный купорос](#)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , кристаллическая сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 106 + 10 \times 18 = 224 \text{ г/моль}$$



# Домашнее задание



**Задачник. Белавин:**

**с. 9 Задачи для самостоятельного решения № 10,11.**

**с. 12 Задачи для самостоятельного решения № 15,17**