

# Расчёты с использованием понятия «массовая доля вещества в растворе»

По материалам лектора Доронькина В.Н. (Издательство Легион)

Растворы – гомогенные (однородные) системы переменного состава двух или большего числа веществ (компонентов), одним из которых является растворитель. Сумма масс всех компонентов раствора составляет его массу:

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{растворенных веществ}} + m_{\text{растворителя}}.$$

Массу раствора легко можно найти экспериментальным путем, зная его объем и плотность:

$$m_{\text{р-ра}} = V \cdot \rho.$$

Основной количественной характеристикой растворов является концентрация, которая отражает содержание растворенных веществ в единице массы, единице объема раствора или растворителя.

Массовая доля вещества в смеси (растворе)  $\omega_{\text{части}}$  – это отношение массы данного вещества ( $m_{\text{части}}$ ) к массе всей смеси ( $m_{\text{смеси}}$ )

или

Очевидно, что масса смеси складывается из масс всех веществ, входящих в состав смеси, т.е.

$$m_{\text{смеси}} = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$$

Для растворов общее выражение принимает вид:

или

где  $\omega$  - массовая доля (или %-ная концентрация) данного вещества в растворе

$m_{\text{в-ва}}$  – масса растворённого вещества

$m_{\text{р-ра}}$  – масса раствора,

массы вещества и раствора должны быть выражены в одинаковых единицах (г и г, кг и кг и т.п.)

Большинство практически важных растворов – жидкости. Концентрацию наиболее часто выражают в массовых процентах (массовых долях), поэтому необходимо помнить, как связаны масса вещества и его объём:

где  $\rho$  - плотность (г/мл, г/см<sup>3</sup>, и др.)

$m$  – масса вещества (г, кг, и др.)

$V$  – объём (мл, см<sup>3</sup>, и др.)

*Масса и объём вещества должны быть выражены в единицах, соответствующих размерности плотности.*

**Пример 1.** Определите массовую долю сахара в растворе, полученном при растворении 15 г сахара в 185 г воды.

**Дано**

$$m(\text{сахар}) = 15 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 185 \text{ г}$$

$$\omega(\text{сахар}) - ?$$

**Решение**

Основные формулы

$$\omega = m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}}$$

Схематическое изображение процесса приготовления раствора

Массовая доля сахара в растворе вычисляется по формуле:

Очевидно, что:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{сахара}) = m(\text{сахара}) + m(\text{воды})$$

Вычисления:

$$1) m_{\text{р-ра}}(\text{сахара}) = 15 + 185 = 200 \text{ г}$$

$$2) \omega(\text{сахар}) = 15/200 = 0,075, \text{ или } 7,5\%$$

**Пример 2.** К раствору сахара массой 250 г с массовой долей сахара 15% добавили 100 мл воды. Массовая доля сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

### Дано

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{\text{р-ра}1} (\text{сахара}) = 250 \text{ г} \\ \omega_1 (\text{сахар}) = 15\%, \text{ или } 0,15 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V(\text{H}_2\text{O})_{\text{доб.}} = 100 \text{ мл} \\ \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл} \\ \omega_2 (\text{сахар}) - ? \end{array} \right.$$

### Решение

Основные формулы

$$\omega = m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}}$$

$$\rho = m / V$$



**Пример 2.** К раствору сахара массой 250 г с массовой долей сахара 15% добавили 100 мл воды. Массовая доля сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Массовая доля сахара во 2-м растворе вычисляется по формуле

Где  $m_2(\text{сахар})$  – масса сахара во 2-м растворе  
 $m_{\text{р-ра } 2}(\text{сахар})$  – масса 2-го раствора сахара

**Пример 2.** К раствору сахара массой 250 г с массовой долей сахара 15% добавили 100 мл воды. Массовая доля сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Очевидно, что

- 1) Масса сахара не изменяется, т.е.  $m_2(\text{сахар}) = m_1(\text{сахар})$
- 2) Масса 2-го раствора равна сумме масс 1-го раствора и добавленной  $\text{H}_2\text{O}$

**Пример 2.** К раствору сахара массой 250 г с массовой долей сахара 15% добавили 100 мл воды. Массовая доля сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Очевидно, что

$$1) m_1(\text{сахар}) = 0,15 \cdot 250 = 37,5 \text{ г}$$

$$2) m(\text{H}_2\text{O})_{\text{доб.}} = \rho V = 1 \cdot 100 = 100 \text{ г}$$

$$m_{\text{р-ра 2}}(\text{сахар}) = 250 + 100 = 350 \text{ г}$$

$$3) \omega_2(\text{сахар}) = 37,5/350 \approx 0,1071, \text{ или } 10,71\%$$

**Пример 3.** К 150 г 10%-ного раствора сахара добавили 10 г сахара. Массовая доля сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

### Дано

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{\text{р-ра}1} (\text{сахара}) = 150 \text{ г} \\ \omega_1 (\text{сахар}) = 10\%, \text{ или } 0,1 \end{array} \right.$$

$$m(\text{сахар})_{\text{доб.}} = 10 \text{ г}$$

$$\omega_2 (\text{сахар}) - ?$$

### Решение

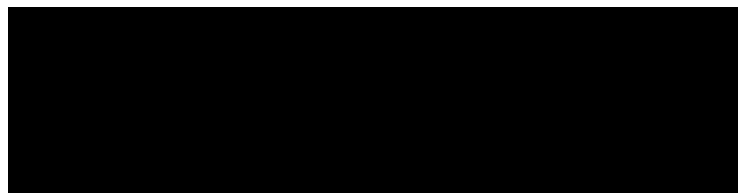
Основные формулы

$$\omega = m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}}$$

$$\rho = m / V$$

**Пример 3.** К 150 г 10%-ного раствора сахара добавили 10 г сахара. Массовая доля сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Массовая доля сахара вычисляется по формуле:



**Пример 3.** К 150 г 10%-ного раствора сахара добавили 10 г сахара. Массовая доля сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

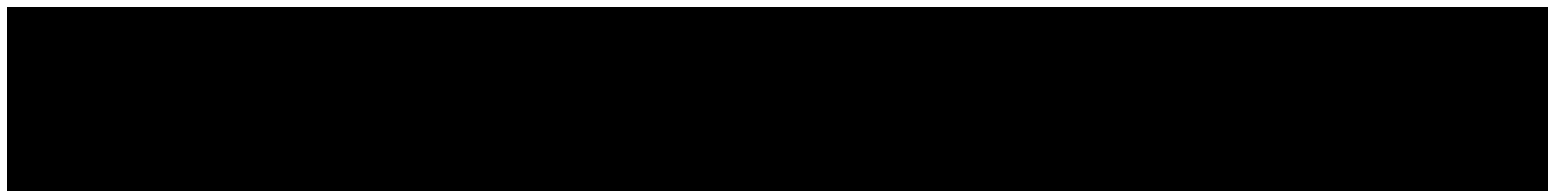
Очевидно, что:

$$1) m_2(\text{сахар}) = m_1(\text{сахар}) + m(\text{сахар})_{\text{доб.}}$$

$$\text{и } m_1(\text{KCl}) = \omega_1(\text{KCl}) \cdot m_{\text{р-ра } 1}$$

$$2) m_{\text{р-ра } 2}(\text{сахар}) = m_{\text{р-ра } 1}(\text{сахар}) + m(\text{сахар})_{\text{доб.}}$$

тогда



**Пример 3.** К 150 г 10%-ного раствора сахара добавили 10 г сахара. Массовая доля сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Очевидно, что:

$$1) m_2(\text{сахар}) = m_1(\text{сахар}) + m(\text{сахар})_{\text{доб.}},$$
$$\text{и } m_1(\text{KCl}) = \omega_1(\text{KCl}) \cdot m_{\text{р-ра } 1}$$

$$2) m_{\text{р-ра } 2}(\text{сахар}) = m_{\text{р-ра } 1}(\text{сахар}) + m(\text{сахар})_{\text{доб.}},$$

тогда



Вычисления:

$$1) m_1(\text{сахар}) = 0,1 \cdot 150 = 15 \text{ г}$$

$$m_2(\text{сахар}) = 15 + 10 = 25 \text{ г}$$

$$2) m_{\text{р-ра } 2}(\text{сахар}) = 150 + 10 = 160 \text{ г}$$

$$3) \omega_2$$

**Пример 4.** Смешали 200 г 5%-ного и 300 г 30%-ного раствора сахара. Массовая доля сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

**Дано**

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{\text{р-ра}1} (\text{сахара}) = 200 \text{ г} \\ \omega_1 (\text{сахар}) = 5\%, \text{ или } 0,05 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{\text{р-ра}2} (\text{сахара}) = 300 \text{ г} \\ \omega_2 (\text{сахар}) = 30\%, \text{ или } 0,3 \\ \omega_3 (\text{сахар}) - ? \end{array} \right.$$

**Решение**

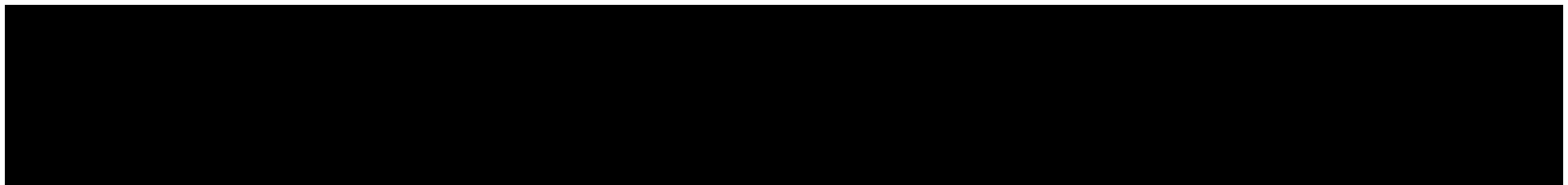
Основные формулы

$$\omega = m_{\text{в-ва}} / m_{\text{р-ра}}$$



**Пример 4.** Смешал и 200 г 5%-н ого и 300 г 30%-н ого раствора сахара. Массовая дол я сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Массовая дол я сахара в 3-ем растворе



**Пример 4.** Смешал и 200 г 5%-н ого и 300 г 30%-н ого раствора сахара. Массовая доля сахара в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Массовая доля сахара в 3-ем растворе



Вычисления:

$$1) m_1(\text{сахар}) = 0,05 \cdot 200 = 10 \text{ г}$$

$$m_2(\text{сахар}) = 0,3 \cdot 300 = 90 \text{ г}$$

$$m_3(\text{сахар}) = 10 + 90 = 100 \text{ г}$$

$$2) m_{\text{р-ра } 3}(\text{сахар}) = 200 + 300 = 500 \text{ г}$$

$$3) \omega_3(\text{сахар}) = 100/500 = 0,2. \text{ или } 20\%$$

**Пример 5.** Сколько миллилитров воды необходимо добавить к 450 мл 10%-ного раствора нитрата калия плотностью 1,08 г/мл для получения раствора с массовой долей соли 3%?

**Дано**

$$\left[ \begin{array}{l} V_{\text{р-ра1}}(\text{KNO}_3) = 450 \text{ мл} \\ \omega_1(\text{KNO}_3) = 10\%, \text{ или } 0,10 \\ \rho_{\text{р-ра}}(\text{KNO}_3) = 1,08 \text{ г/мл} \end{array} \right.$$

$$\omega_2(\text{KNO}_3) - ?$$

$$\left[ \begin{array}{l} V(\text{H}_2\text{O})_{\text{доб.}} - ? \\ \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл} \end{array} \right.$$

**Решение**

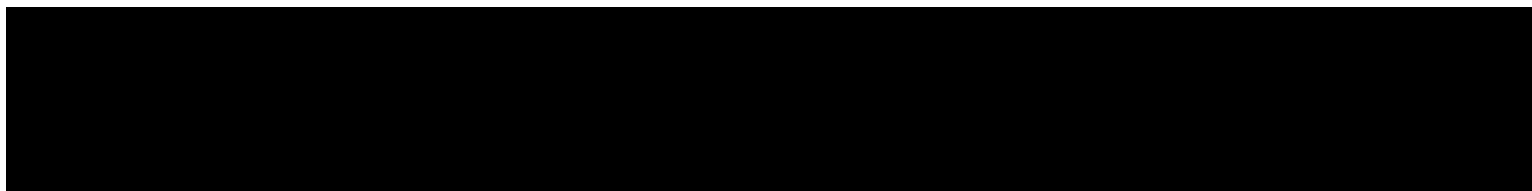
Основные формулы

$$\omega = m_{\text{в-ва}}/m_{\text{р-ра}}$$

$$\rho = m/V$$

**Пример 5.** Сколько миллилитров воды необходимо добавить к 450 мл 10%-ного раствора нитрата калия плотностью 1,08 г/мл для получения раствора с массовой долей соли 3%?

Массовая доля нитрата калия после разбавления вычисляется по формуле:



**Пример 5.** Сколько миллилитров воды необходимо добавить к 450 мл 10%-ного раствора нитрата калия плотностью 1,08 г/мл для получения раствора с массовой долей соли 3%?



**Пусть добавили  $x$  г  $H_2O$ , тогда:**

Вычисления:

$$1) m_{\text{р-ра } 1}(\text{KNO}_3) = 1,08 \cdot 450 = 486 \text{ г}$$

$$m_1(\text{KNO}_3) = 0,1 \cdot 486 = 48,6 \text{ г}$$

$$2) m_{\text{р-ра } 2}(\text{KNO}_3) = (486 + x) \text{ г}$$

$$3) 0,03 = 48,6 / (486 + x)$$

$$x = 1134 \text{ г}$$

$$4) V(H_2O)_{\text{доб.}} = m/\rho = 1134/1 = 1134 \text{ мл}$$

**Пример 6.** К 150 г 8-ного раствора бромида натрия добавили 15 г 50%-ного раствора этой соли, 10 г бромида натрия и 25 мл воды.

Концентрация бромида натрия в полученном растворе равна \_\_\_\_ %.

Ответ: \_\_\_\_\_ (Запишите число с точностью до десятых.)

***Дано:***

***Решение***

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{\text{р-ра } 1}(\text{NaBr}) = 150 \text{ г} \\ \omega_1(\text{NaBr}) = 0,08 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{\text{р-ра } 2}(\text{NaBr}) = 15 \text{ г} \\ \omega_2(\text{NaBr}) = 0,15 \end{array} \right.$$

$$m(\text{NaBr})_{\text{доб.}} = +10 \text{ г}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V(\text{H}_2\text{O}) = + 25 \text{ мл} \\ \rho(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ г/мл} \\ \omega_3(\text{NaBr}) - ? \end{array} \right.$$

**Пример 6.** К 150 г 8-ного раствора бромида натрия добавили 15 г 50%-ного раствора этой соли, 10 г бромида натрия и 25 мл воды. Концентрация бромида натрия в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Ответ: \_\_\_\_\_ (Запишите число с точностью до десятых.)

**Пример 6.** К 150 г 8-ного раствора бромида натрия добавили 15 г 50%-ного раствора этой соли, 10 г бромида натрия и 25 мл воды. Концентрация бромида натрия в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Ответ: \_\_\_\_\_ (Запишите число с точностью до десятых.)



**Пример 6.** К 150 г 8-ного раствора бромида натрия добавили 15 г 50%-ного раствора этой соли, 10 г бромида натрия и 25 мл воды. Концентрация бромида натрия в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Ответ: \_\_\_\_\_ (Запишите число с точностью до десятых.)

**Пример 6.** К 150 г 8-ного раствора бромида натрия добавили 15 г 50%-ного раствора этой соли, 10 г бромида натрия и 25 мл воды. Концентрация бромида натрия в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

Ответ: \_\_\_\_\_ (Запишите число с точностью до десятых.)

**Пример 6.** К 150 г 8-ного раствора бромида натрия добавили 15 г 50%-ного раствора этой соли, 10 г бромида натрия и 25 мл воды. Концентрация бромида натрия в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.

**Пример 7.** Какую массу 17%-ного раствора хлорида калия надо взять, чтобы при добавлении 15 г воды получить раствор с массовой долей соли 10%? (Запишите число с точностью до целых.)

**Дано:**

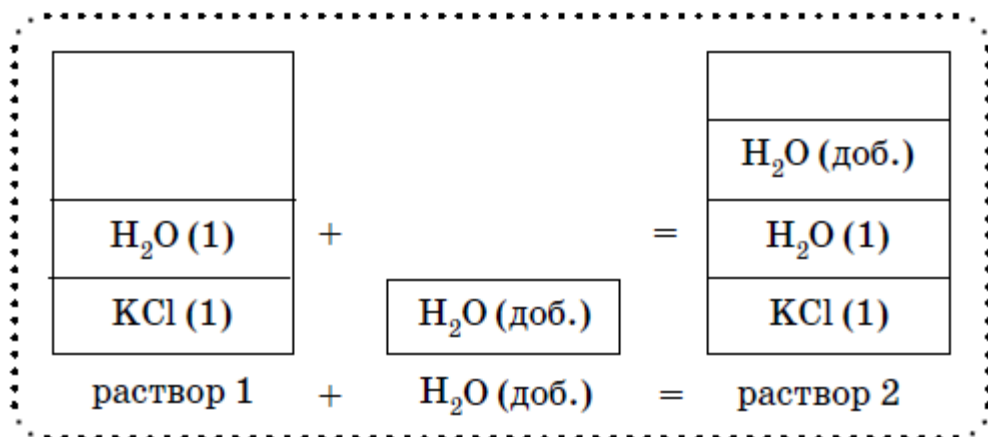
$$m_{\text{р-ра } 1} (\text{KCl}) - ?$$

$$\omega_1 (\text{KCl}) = 0,17$$

$$m_{\text{доб.}} (\text{H}_2\text{O}) = 15 \text{ г}$$

$$\omega_2 (\text{KCl}) = 0,1$$

**Решение**



**Пример 7.** Какую массу 17%-ного раствора хлорида калия надо взять, чтобы при добавлении 15 г воды получить раствор с массовой долей соли 10%? (Запишите число с точностью до целых.)

Пусть масса 17%-ного раствора равна  $x$  г, тогда

$$m_{\text{в-ва } 1} = 0,17x \text{ г}$$

$$0,1 \cdot (x + 15) = 0,17x$$

$$0,1x + 1,5 = 0,17x$$

$$0,1x - 0,17x = -1,5$$

$$-0,07x = -1,5$$

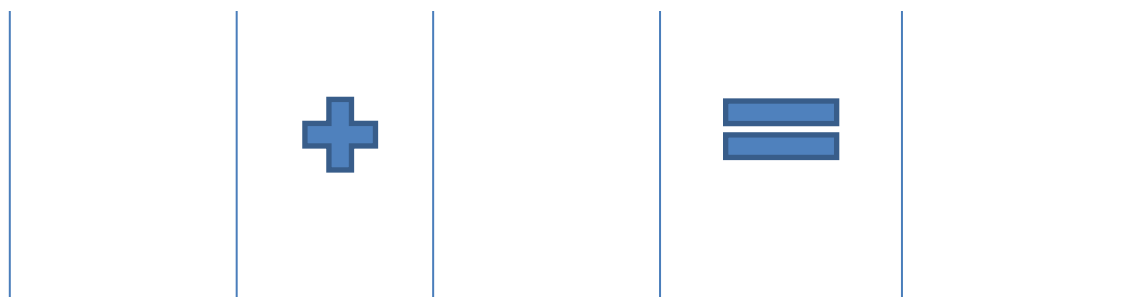
$$x = 1,5/0,07 \approx 21,43 \approx \mathbf{21}$$

**Пример 8.** Рассчитайте массовую долю серной кислоты в растворе, полученном при смешивании 200 г 10%-ного и 300 г 2%-ного растворов. Ответ запишите с точностью до сотых.

Автор: Ирина Ивановна Попова, г. Воронеж, школа № 52

### ***Алгоритм работы***

1) Рисуем стаканчики по числу указанных действий:

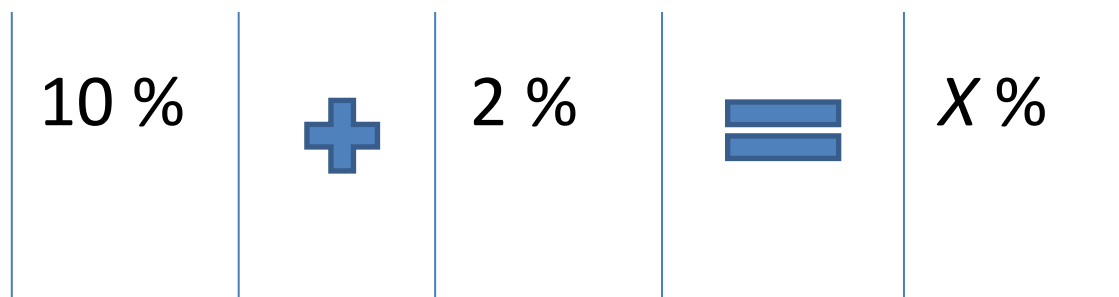


**Пример 8.** Рассчитайте массовую долю серной кислоты в растворе, полученном при смешивании 200 г 10%-ного и 300 г 2%-ного растворов. Ответ запишите с точностью до сотых.

Автор: Ирина Ивановна Попова, г. Воронеж, школа № 52

### ***Алгоритм работы***

- 2) В стаканчики записываем проценты вещества  
(чистое вещество = 100%, чистый растворитель = 0%)  
под стаканчиками - массы



200

300

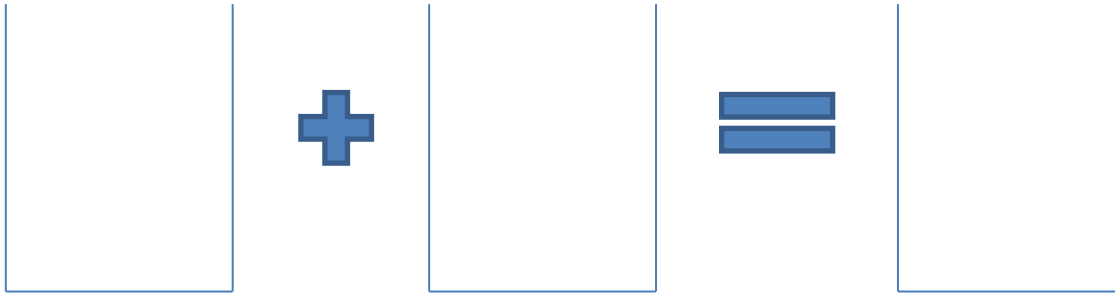
$(200 + 300) = 500$

- 3) Составляем уравнение и решаем его:

$$10 \cdot 200 + 2 \cdot 300 = x \cdot 500$$

$$x = (10 \cdot 200 + 2 \cdot 300) / 500 = 5,2 \%$$

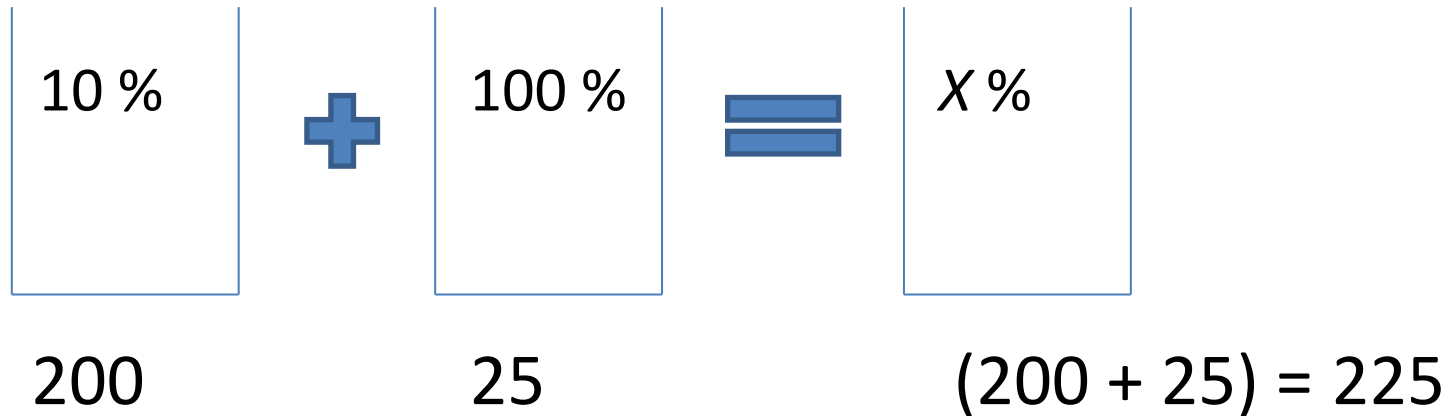
**Пример 9.** К 200 г 10%-ного раствора сульфата калия добавили 25 г этой же соли. Массовая доля хлорида калия в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.



- 1) Число стаканчиков равно числу действий с растворами
- 2) В стаканчики записываем проценты вещества  
(чистое вещество = 100%, чистый растворитель = 0%)  
под стаканчиками - массы



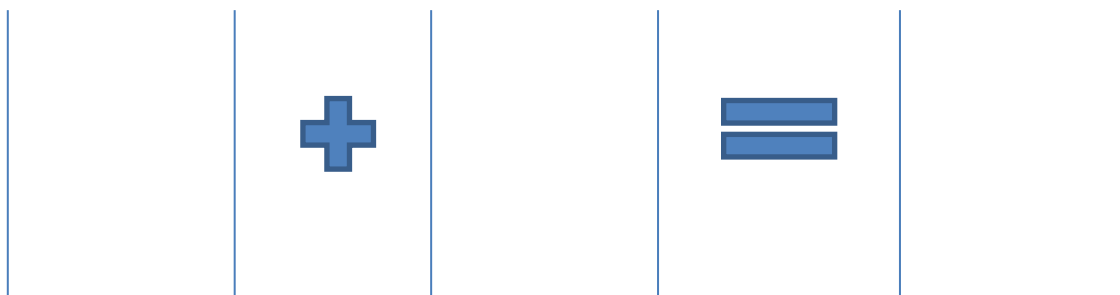
**Пример 9.** К 200 г 10%-ного раствора сульфата калия добавили 25 г этой же соли. Массовая доля хлорида калия в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.



- 1) Число стаканчиков равно числу действий с растворами
- 2) В стаканчики записываем проценты вещества  
(чистое вещество = 100%, чистый растворитель = 0%)  
под стаканчиками - массы

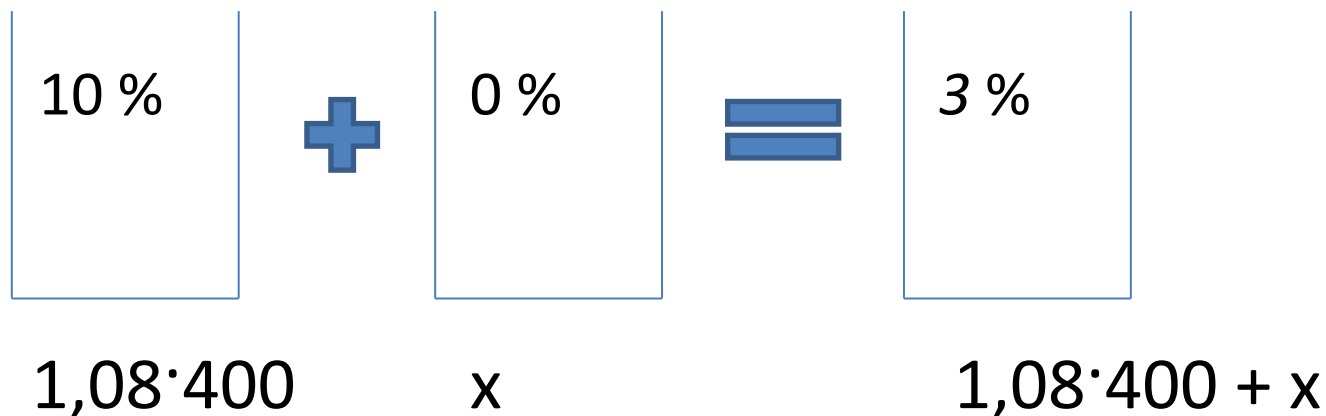


**Пример 10.** Сколько миллилитров воды необходимо добавить к 400 мл 10% ного раствора хлорида калия плотностью 1,08 г/мл для получения раствора с массовой долей соли 3%?



- 1) Число стаканчиков равно числу действий с растворами
- 2) В стаканчики записываем проценты вещества  
(чистое вещество = 100%, чистый растворитель = 0%)

**Пример 10.** Сколько миллилитров воды необходимо добавить к 400 мл 10% ного раствора хлорида калия плотностью 1,08 г/мл для получения раствора с массовой долей соли 3%?



Составляем уравнение и решаем его:

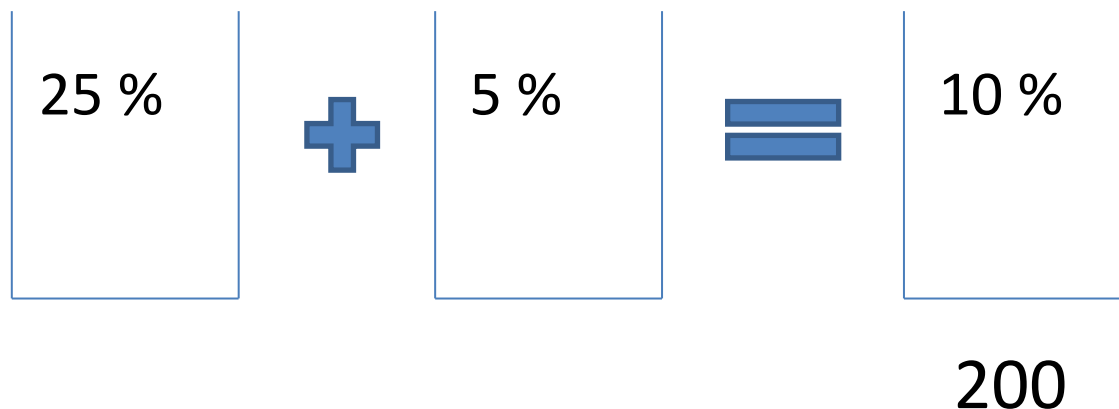
$$10 \cdot 432 + 0 \cdot x = 3 \cdot (432 + x)$$

$$x = (10 \cdot 432 - 3 \cdot 432) / 3 = 1008 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 1008 / 1 = 1008 \text{ мл}$$

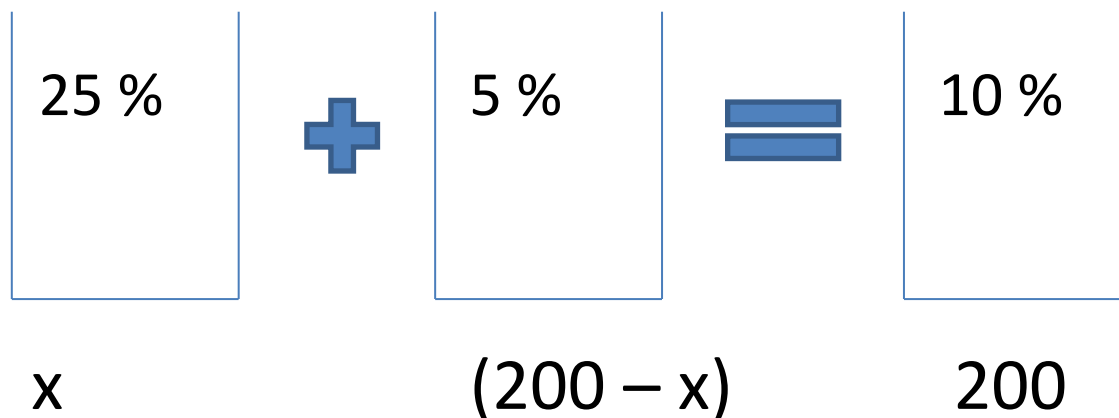
- 1) Число стаканчиков равно числу действий с растворами
- 2) В стаканчики записываем проценты вещества  
(чистое вещество = 100%, чистый растворитель = 0%)  
под стаканчиками - массы

**Пример 11.** Сколько граммов 25%-ного и 5%-ного растворов серной кислоты необходимо смешать, для того чтобы получить 200 г 10%-ного раствора?



- 1) Число стаканчиков равно числу действий с растворами
- 2) В стаканчики записываем проценты вещества  
(чистое вещество = 100%, чистый растворитель = 0%)  
под стаканчиками - массы

**Пример 11.** Сколько граммов 25%-ного и 5%-ного растворов серной кислоты необходимо смешать, для того чтобы получить 200 г 10%-ного раствора?



Составляем уравнение и решаем его:

$$25 \cdot x + 5 \cdot (200 - x) = 10 \cdot 200$$

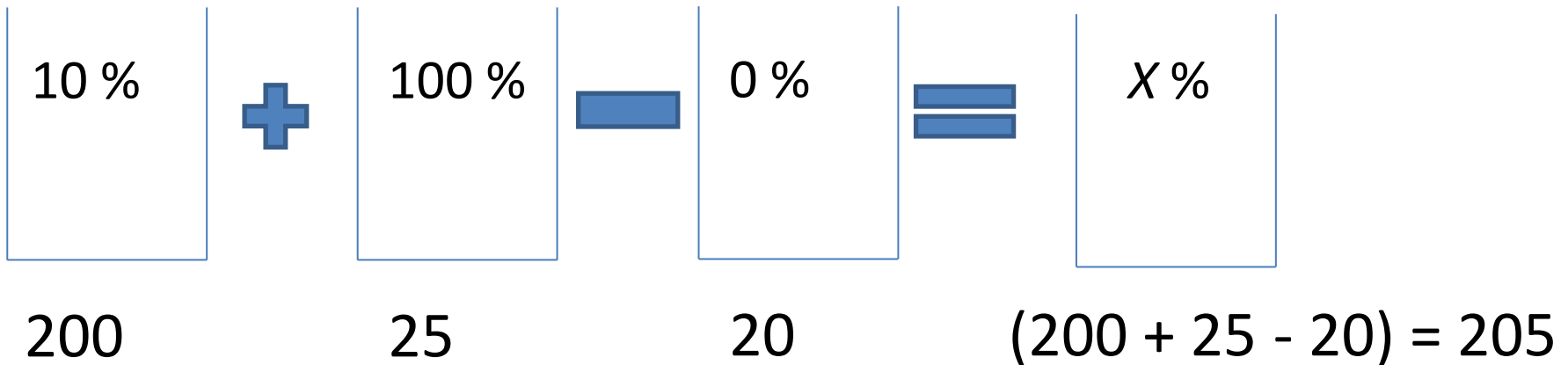
$$x = (10 \cdot 200 - 1000) / (25 - 5) = 50 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{25\%} = 50 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4)_{5\%} = 200 - 50 = 150 \text{ г}$$

- 1) Число стаканчиков равно числу действий с растворами
- 2) В стаканчики записываем проценты вещества  
(чистое вещество = 100%, чистый растворитель = 0%)  
под стаканчиками - массы

**Пример 12.** К 200 г 10%-ного раствора нитрата калия добавили 25 г этой же соли и испарили 20 г воды. Массовая доля нитрата калия в полученном растворе равна \_\_\_\_\_ %.



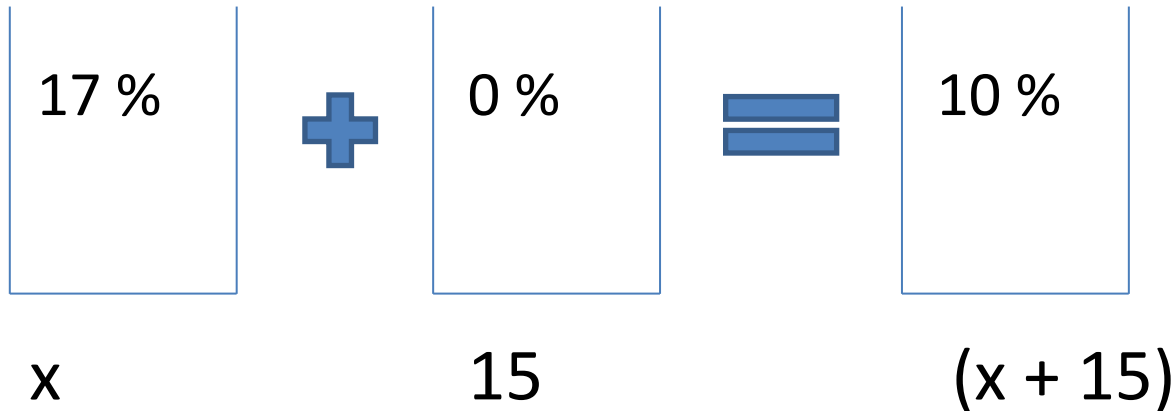
Составляем уравнение баланса и решаем его:

$$10 \cdot 200 + 100 \cdot 25 - 0 \cdot 20 = x \cdot 205$$

$$x = (10 \cdot 200 + 100 \cdot 25) / 205 \approx 21,95 \%$$

- 1) Число стаканчиков равно числу действий с растворами
- 2) В стаканчики записываем проценты вещества  
(чистое вещество = 100%, чистый растворитель = 0%)  
п од стакан чиками - массы

**Пример 7а.** Какую массу 17%-ного раствора хлорида калия надо взять, чтобы при добавлении 15 г воды получить раствор с массовой долей соли 10%? (Запишите число с точностью до целых.)



$$17 \cdot x + 0 \cdot x = 10 \cdot (x + 15)$$

$$17x = 10x + 150$$

$$7x = 150$$

$$x = 150 / 7 \approx 21,43 \approx 21$$

- 1) Число стаканчиков равно числу действий с растворами
- 2) В стаканчики записываем проценты вещества  
(чистое вещество = 100%, чистый растворитель = 0%)  
под стаканчиками - массы