

Химические формулы.  
Расчеты по химическим  
формулам и уравнениям

# Химическая формула

Химическая формула - это условная запись качественного и количественного состава соединения с помощью химических символов и индексов.

## Простейшая (эмпирическая)

Это формула, показывающая качественный состав соединения и простейшие отношения между атомами.



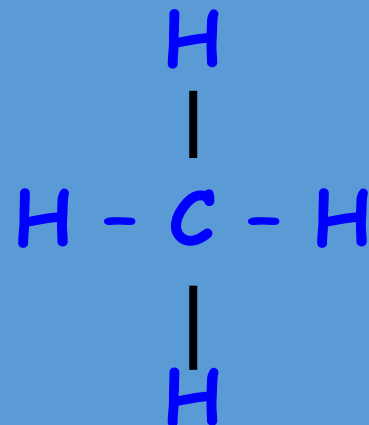
## Молекулярная (истинная)

Это формула, показывающая качественный состав соединения и точное число атомов в молекуле.



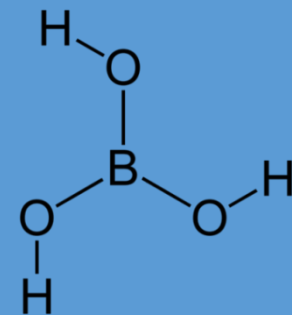
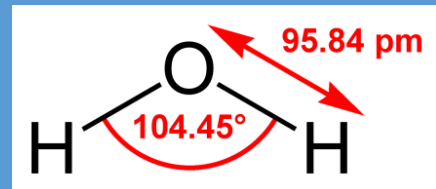
## Графическая

Это формула, показывающая порядок соединения атомов в молекуле.



## Структурная

Это формула, показывающая валентные углы, т.е. ориентацию связей в пространстве.



# 1. Вывод простейшей формулы вещества

## Алгоритм

- 1) Используя условия задачи, найти весовые или процентные отношения между атомами.
- 2) Найти отношения между числом атомов в молекуле.
- 3) Перейти к целым числам, разделив на наименьшее из них (умножив на 2, 10).

### Задача №1

Вещество содержит 4,5 в.ч. углерода, 0,75 в.ч. водорода и 6 в.ч. кислорода. Вывести простейшую формулу вещества.

*Дано:*

$$m(C) = 4,5 \text{ в.ч.}$$

$$m(H) = 0,75 \text{ в.ч.}$$

$$m(O) = 6 \text{ в.ч.}$$



$$x : y : z = \frac{m(C)}{Ar(C)} : \frac{m(H)}{Ar(H)} : \frac{m(O)}{Ar(O)}$$

$$x : y : z = \frac{4,5}{12} : \frac{0,75}{1} : \frac{6}{16}$$

$$x : y : z = 0,375 : 0,75 : 0,375$$

$$x : y : z = \frac{0,375}{0,375} : \frac{0,75}{0,375} : \frac{0,375}{0,375}$$

$$x : y : z = 1 : 2 : 1$$

*Ответ: простейшая формула –  $\text{CH}_2\text{O}$ .*

## 2. Вывод молекулярной формулы вещества

## Алгоритм

- 1) Записать краткое условие задачи.
- 2) Рассчитать относительную молекулярную массу вещества по относительной плотности.
- 3) Записать относительные атомные массы элементов, входящие в состав вещества.
- 4) Вывести простейшую формулу вещества.
- 5) Рассчитать относительную молекулярную массу по простейшей формуле вещества.
- 6) Разделить истинную молекулярную массу (найденную по плотности) на молекулярную массу простейшей формулы.
- 7) Определить молекулярную формулу, умножив число атомов простейшей формулы на найденное число.



## Задача №2

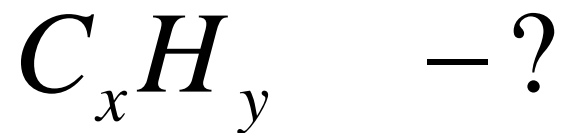
Вывести молекулярную формулу углеводорода, содержащего 85,7% углерода и 14,3% водорода. Плотность углеводорода по водороду равна 21.

*Дано:*

$$\omega(C) = 85,7\%$$

$$\omega(H) = 14,3\%$$

$$D_{H_2}^{C_xH_y} = 21$$



$$1) \quad D_{H_2}^{C_x H_y} = \frac{Mr(C_x H_y)}{Mr(H_2)}$$

$$Mr(C_x H_y) = D_{H_2}^{C_x H_y} \cdot Mr(H_2)$$

$$Mr(C_x H_y) = 21 \cdot 2 = 42$$

$$2) \quad x : y = \frac{m(C)}{Ar(C)} : \frac{m(H)}{Ar(H)}$$

$$x : y = \frac{85,7}{12} : \frac{14,3}{1}$$

$$x : y = 7,15 : 14,3$$

$$x : y = \frac{7,15}{7,15} : \frac{14,3}{7,15}$$

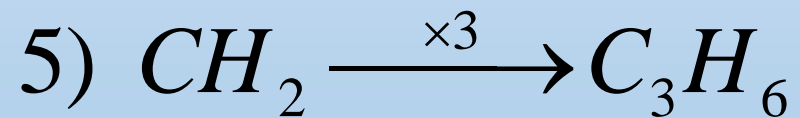
$$x : y = 1 : 2$$

*простейшая формула –  $CH_2$ .*

$$3) \text{Mr}(\text{CH}_2) = \text{Ar}(\text{C}) + \text{Ar}(\text{H}) \cdot 2$$

$$\text{Mr}(\text{CH}_2) = 12 + 2 = 14$$

$$4) \frac{\text{Mr}(\text{C}_x\text{H}_y)}{\text{Mr}(\text{CH}_2)} = \frac{42}{14} = 3$$



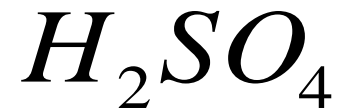
Ответ: молекулярная формула –  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

### 3. Расчеты по химическим формулам

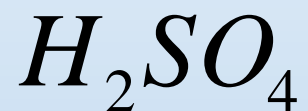
### Задача №3

Что показывает формула серной кислоты?

*Дано:*



*Дано:*



1) 1 молекулу вещества;

2) 1 моль вещества;

3) качественный и количественный  
состав молекулы:

2 атома H, 1 атом S, 4 атома O;

4)  $Mr(H_2SO_4) = Ar(H) \cdot 2 + Ar(S) + Ar(O) \cdot 4$

$$Mr(H_2SO_4) = 1 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 98;$$

5)  $M(H_2SO_4) = 98 \text{ г/моль};$

6) отношение масс элементов:

$$2:32:64 = 1:16:32.$$

3.1 Вычисление  
массовой доли элемента  
в сложном веществе



### Задача №4

Определить массовые доли водорода, азота и кислорода в азотной кислоте.

*Дано:*



$$\omega(\text{H}) - ?$$

$$\omega(\text{N}) - ?$$

$$\omega(\text{O}) - ?$$

$$1) Mr(HNO_3) = Ar(H) + Ar(N) + Ar(O) \cdot 3$$

$$Mr(HNO_3) = 1 + 14 + 16 \cdot 3 = 63$$

$$2) \omega(H) = \frac{Ar(H)}{Mr(HNO_3)} = \frac{1}{63} = 1,59\%$$

$$3) \omega(N) = \frac{Ar(N)}{Mr(HNO_3)} = \frac{14}{63} = 22,22\%$$

$$4) \omega(O) = \frac{Ar(O) \cdot 3}{Mr(HNO_3)} = \frac{16 \cdot 3}{63} = 76,19\%$$

*Ответ:*  $\omega(H) = 1,59\%$ ,  $\omega(N) = 22,22\%$ ,  $\omega(O) = 76,19\%$ .

## 3.2 Вычисление массы элемента в сложном веществе

### Задача №5

Вычислить массу бария и массу кислорода в 10 г сульфата бария.

Дано:

$$m(\text{BaSO}_4) = 10\text{г}$$

$$m(\text{Ba}) - ?$$

$$m(\text{O}) - ?$$

$$1) \quad Mr(\text{BaSO}_4) = Ar(\text{Ba}) + Ar(\text{S}) + Ar(\text{O}) \cdot 4$$

$$Mr(\text{BaSO}_4) = 233,4$$

$$M(\text{BaSO}_4) = 233,4 \text{ г / моль}$$

$$\nu(\text{BaSO}_4) = 1 \text{ моль}$$

$$m = \nu \cdot M$$

$$m(\text{BaSO}_4) = 233,4 \text{ г}$$

$$2) \quad Ar(\text{Ba}) = 137,34$$

$$M(\text{Ba}) = 137,34 \text{ г / моль}$$

$$\nu(\text{Ba}) = 1 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ba}) = 137,34 \text{ г}$$

$$3) \quad 233,4 \text{ г BaSO}_4 - 137,34 \text{ г Ba}; \quad m(\text{Ba}) = \frac{10 \cdot 137,34}{233,4} = 5,88 \text{ г}$$

$$10 \text{ г BaSO}_4 - x \text{ г Ba}$$

$$4) Ar(O) = 16$$

$$M(O) = 16 \text{ г / моль}$$

$$\nu(O) = 4 \text{ моль}$$

$$m(O) = 16 \cdot 4 = 64 \text{ г}$$

$$5) 233,4 \text{ г } BaSO_4 - 64 \text{ г } O; \quad m(O) = \frac{10 \cdot 64}{233,4} = 2,74 \text{ г}$$

$$10 \text{ г } BaSO_4 - x \text{ г } O$$

$$\text{Ответ: } m(Ba) = 5,88 \text{ г}; \quad m(O) = 2,74 \text{ г}.$$

## 4. Расчеты по химическим уравнениям

Химическое уравнение – это условная запись химической реакции с помощью химических формул и коэффициентов.

### Правила составления химических уравнений

1. Записать исходные вещества и продукты реакции.
2. Выбрав формулы с наибольшим числом атомов расставить коэффициенты.
3. Если хотя бы один из коэффициентов оказывается дробным, то все коэффициенты удвоить.



## 4.1 Нахождение

количества, массы или  
объема одного вещества по  
известному количеству,  
массе или объему другого  
вещества

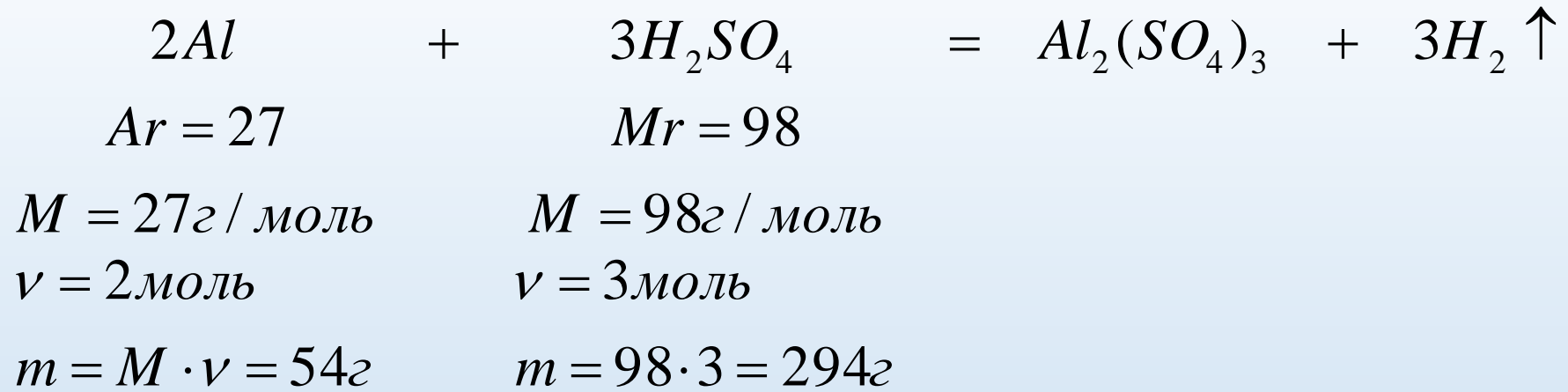
### Задача №6

Какая масса алюминия потребуется для полного замещения водорода 25 г серной кислоты?

Дано:

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

$$m(\text{Al}) - ?$$



54г Al взаимодействует с 294г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
 x г Al — 25г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

$$m(Al) = \frac{54 \cdot 25}{294} = 4,59г$$

Ответ:  $m(Al) = 4,59г$ .

### Задача №7

Какой объем кислорода выделится при разложении 50 г бертолетовой соли?

*Дано:*

$$m(\text{KClO}_3) = 50\text{г}$$

$$V(\text{O}_2) - ?$$



$$Mr = 122,55$$

$$M = 122,55 \text{ г / моль}$$

$$\nu = 2 \text{ моль}$$

$$m = 245,1 \text{ г}$$

$$V_m = 22,4 \text{ л / моль}$$

$$\nu = 3 \text{ моль}$$

$$V = V_m \cdot \nu = 67,2 \text{ л}$$

из 245,1 г  $KClO_3$  выделяется (при н.у.) 67,2 л  $O_2$   
50 г  $KClO_3$  — x л  $O_2$

$$V(O_2) = \frac{67,2 \cdot 50}{245,1} = 13,7 \text{ л}$$

Ответ:  $V(O_2) = 13,7 \text{ л}$ .

### Задача №8

Какое количество ортофосфорной кислоты пойдет на нейтрализацию 160 г гидроксида кальция, если продуктом реакции является фосфат кальция?

*Дано:*

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 160\text{г}$$

$$\nu(\text{H}_3\text{PO}_4) = ?$$



$$Mr = 74$$

$$M = 74 \text{ г / моль}$$

$$v = 2 \text{ моль}$$

$$v = 3 \text{ моль}$$

$$m = 74 \cdot 3 = 222 \text{ г}$$

на нейтрализацию 222 г  $Ca(OH)_2$  требуется 2 моль  $H_3PO_4$

160 г

$Ca(OH)_2$

–

x моль

$H_3PO_4$

$$v(H_3PO_4) = \frac{160 \cdot 2}{222} = 1,44 \text{ моль}$$

Ответ:  $v(H_3PO_4) = 1,44 \text{ моль}$ .

4.2 Нахождение количества,  
массы или объема продукта  
реакции, если известны  
количества, массы или  
объемы двух или более  
веществ, вступающих в  
реакцию



### Задача №9

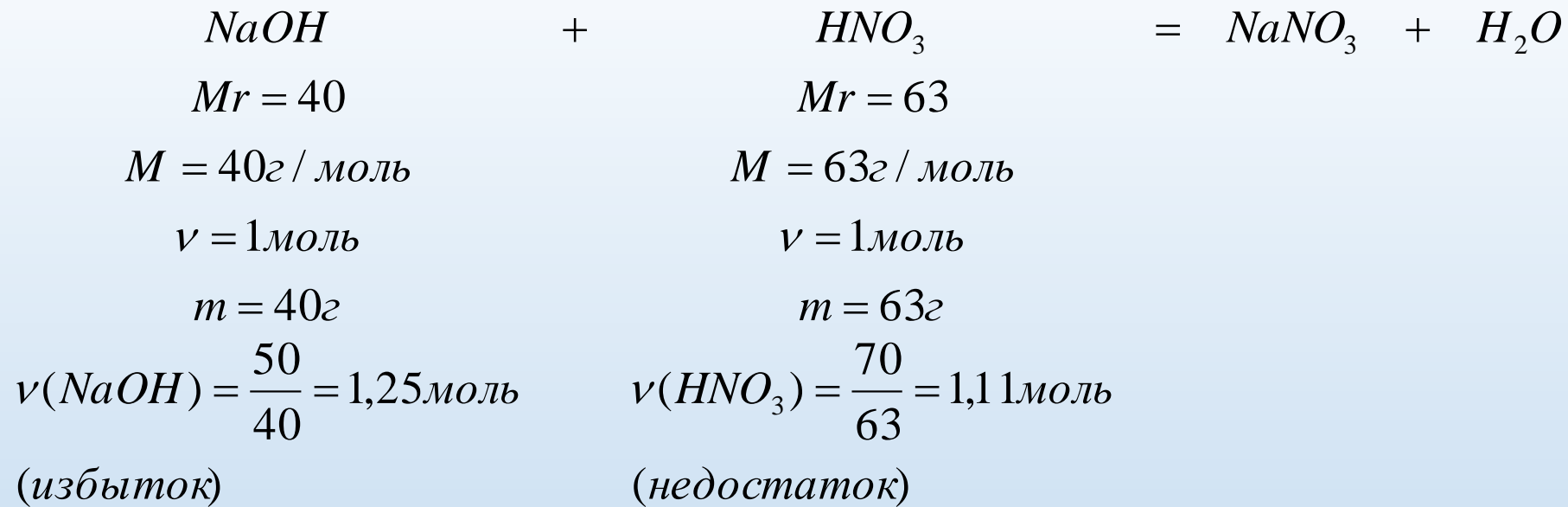
Какая масса нитрата натрия получится при взаимодействии 50 г гидроксида натрия с 70 г азотной кислоты?

*Дано:*

$$m(\text{NaOH}) = 50\text{г}$$

$$m(\text{HNO}_3) = 70\text{г}$$

$$m(\text{NaNO}_3) = ?$$



из 63г  $\text{HNO}_3$  получается 85г  $\text{NaNO}_3$   
 – 70г  $\text{HNO}_3$  – x г  $\text{NaNO}_3$

$$m(\text{NaNO}_3) = \frac{85 \cdot 70}{63} = 94,35\text{г}$$

Ответ:  $m(\text{NaNO}_3) = 94,35\text{г}$ .

## 4.3 Нахождение выхода продукта

Выход продукта – это отношение массы фактически полученного продукта ( $m_{\phi}$ ) к его массе, которая должна получиться в соответствии с теоретическим расчетом ( $m_T$ ):

$$\eta = \frac{m_{\phi}}{m_T} \cdot 100\%$$

### Задача №10

При пропускании 2,8 л (при н.у.) сероводорода через избыток раствора сульфата меди (II) образовался осадок массой 11,4 г. Определить выход продукта реакции.

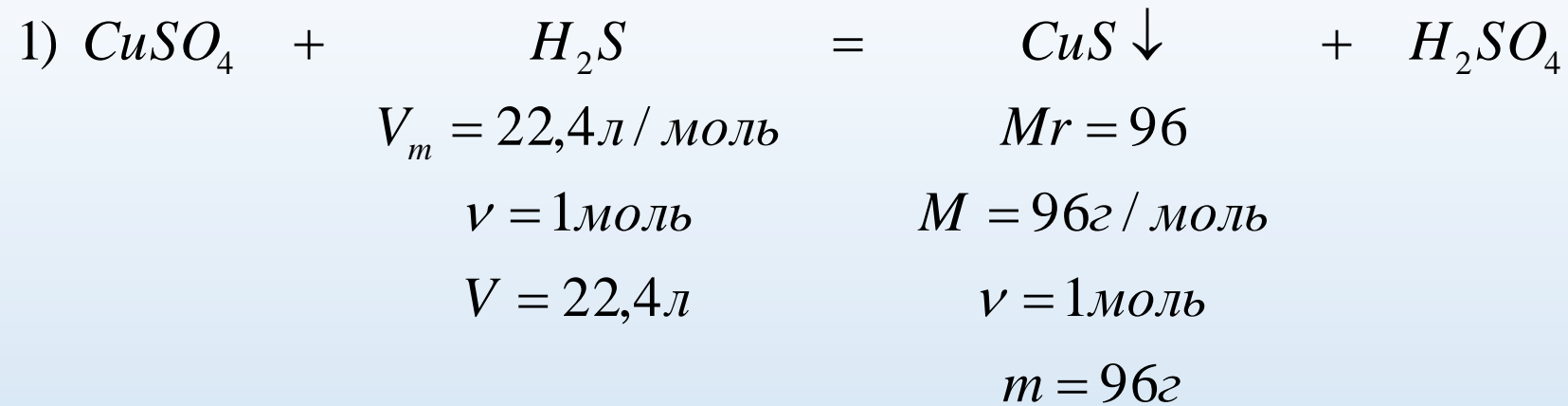
*Дано:*

$$V(\text{H}_2\text{S}) = 2,8 \text{ л}$$

$$m(\text{CuS}) = 11,4 \text{ г}$$

---

$$\eta - ?$$



при взаимодействии 22,4 л  $\text{H}_2\text{S}$  образуется 96 г  $\text{CuS}$   
 — 2,8 л  $\text{H}_2\text{S}$  — x г  $\text{CuS}$

$$m(\text{CuS}) = \frac{2,8 \cdot 96}{22,4} = 12 \text{ г}$$

$$2) \eta(\text{CuS}) = \frac{11,4}{12} \cdot 100\% = 95\%$$

Ответ:  $\eta(\text{CuS}) = 95\%$ .

## 4.4 Задачи на примеси

### Задача №11

При прокаливании 400 г натриевой селитры получили 33,6 л кислорода. Какова массовая доля примесей в селитре?

*Дано:*

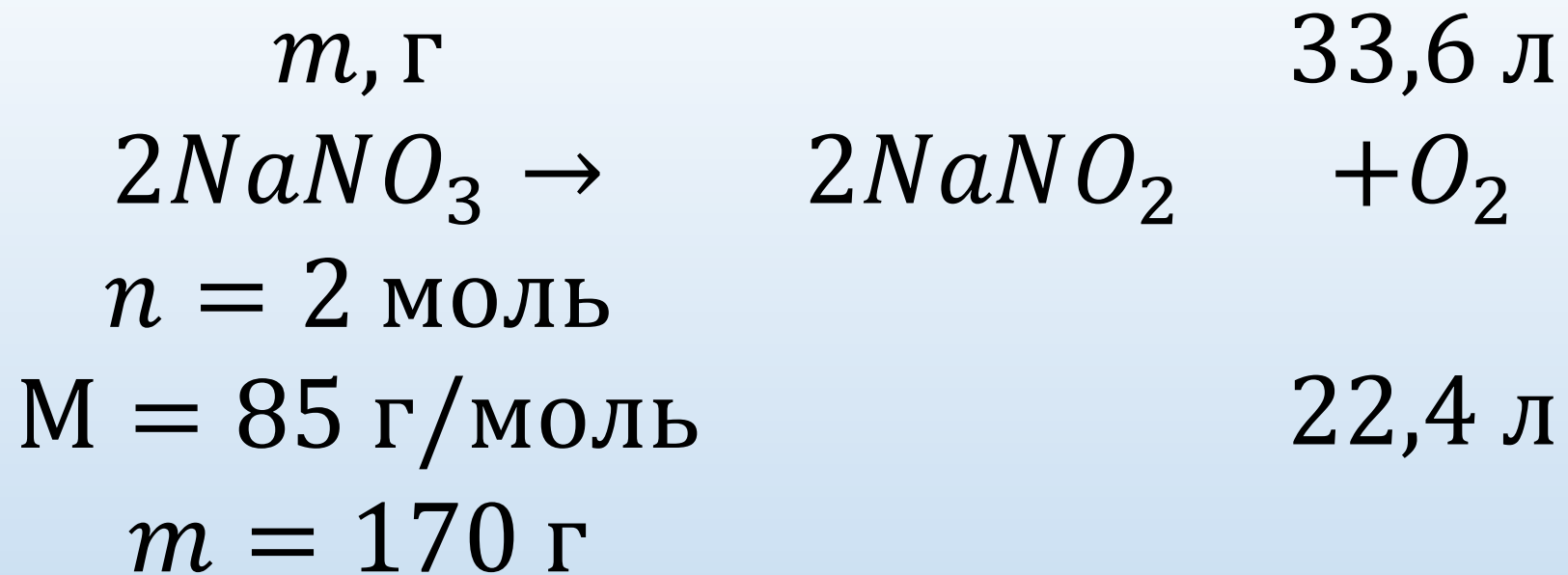
$$V(O_2) = 33,6 \text{ л}$$

$$m(\text{селитры}) = 400 \text{ г}$$

---

$$\omega_{\text{прим}} - ?$$





$$1) m(\text{NaNO}_3) = \frac{170 * 33,6}{22,4} = 255 \text{ г}$$

$$2) m(\text{примесей}) = m(\text{селитры}) - m(\text{NaNO}_3)$$

$$m(\text{примесей}) = 400 - 255 = 145 \text{ г}$$

$$3) \omega(\text{примесей}) = \frac{m(\text{примесей})}{m(\text{селитры})} \cdot 100\%$$

$$= \frac{145}{400} \cdot 100\% = 36,25\%$$

*Количество  
вещества*

$\nu$   
(моль)

Количество вещества –  
это число структурных  
единиц вещества.

$$\nu = \frac{m}{M}$$

Моль – это количество  
вещества, содержащее  
столько же частиц,  
сколько их содержится  
в 12 г углерода.

$$\nu = \frac{V}{V_m}$$

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

*Молярная  
масса*

***M***

*(г/моль, кг/моль)*

$$M(X) = \frac{m(X)}{\nu}$$

$$M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}$$

**Молярная масса** -

это величина, равная отношению массы вещества к количеству вещества.

*Число  
Авогадро*

$N_A$   
(моль<sup>-1</sup>)

$$N_A = \frac{N}{\nu}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ частиц}$$

Число (постоянная) Авогадро -  
число частиц в 1 моль вещества.

$$N = N_A \cdot \nu$$

$$N = \frac{m \cdot N_A}{M}$$

$$N = \frac{V \cdot N_A}{V_m}$$

*Число частиц  
в определенном  
количестве  
вещества*

*$N$*

*(безразмерная)*

*Молярный  
объем*

$V_m$

*(л/ моль,*

*м<sup>3</sup> / моль)*

$$V_m = \frac{V}{\nu}$$

*нормальные условия (н.у.)*

*$t = 0^\circ\text{C}$ ,  $T = 273\text{ K}$*

*$p = 1,01325 \cdot 10^5\text{ Па} = 101,325\text{ кПа}$*

Молярный объем -  
объем 1 моль вещества при  
нормальных условиях.