

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>Некоторые формулы и обозначения</b> . . . . .	<b>8</b>
<b>1. Стандартные (формальные) вычисления</b> . . . . .	<b>11</b>
1.1. Расчёты с использованием «количества вещества» . . . . .	11
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> . . . . .	21
1.2. Растворы и смеси (массовая доля вещества в растворе или смеси) . . . . .	23
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> . . . . .	32
<b>2. Типовые расчёты по уравнениям реакций</b> . . . . .	<b>38</b>
2.1. Теоретический расчёт по химическим уравнениям . . . . .	38
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> . . . . .	44
2.2. Решение задач «на чистое вещество» и «избыток — недостаток» . . . . .	51
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> . . . . .	58
2.3. Решение задач «на выход продукта реакции» . . . . .	65
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> . . . . .	73
<b>3. Комплексные задачи</b> . . . . .	<b>80</b>
<i>Задачи для самостоятельного решения.</i> . . . . .	118
<b>4. Задачи по определению формул веществ</b> . . . . .	<b>132</b>
4.1. Определение формулы вещества по известному элементному составу . . . . .	133

4.2. Определение формулы вещества по продуктам сгорания . . . . .	139
4.3. Определение формулы вещества по его реакционной способности . . . . .	141
4.4. Определение формулы вещества по известной общей формуле и массовой доле одного из элементов . . . . .	144
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> . . . . .	145
<b>5. Скорость химических реакций.</b>	
<b>Химическое равновесие</b> . . . . .	152
<i>Задачи для самостоятельного решения</i> . . . . .	157
<b>Развёрнутые ответы.</b> . . . . .	161
<b>Приложения</b> . . . . .	270
<i>Приложение 1.</i> Некоторые величины, используемые при решении расчётных задач . . . . .	270
<i>Приложение 2.</i> Молярные массы неорганических веществ . . . . .	273
<i>Приложение 3.</i> Молярные массы органических веществ . . . . .	275
<i>Приложение 4.</i> Растворимость солей, оснований и кислот в воде . . . . .	276
<b>Список использованной литературы</b> . . . . .	277

# ВВЕДЕНИЕ

Для успешного прохождения государственной аттестации по химии (ОГЭ и ЕГЭ, а также ВПР) необходимо обладать определённым набором знаний и навыков, а также уметь их применять.

Знания можно получить из учебников и теоретических пособий. Основы химических знаний закладываются на уроках химии и при подготовке к ним. А умения, навыки и компетенции вырабатываются благодаря выполнению большого количества заданий и упражнений.

С помощью этой книги вы научитесь решать расчётные задачи различного уровня сложности по общей, неорганической и органической химии.

Подготовка к экзаменам, в частности к ЕГЭ, начинается с повторения и систематизации теории, выполнения системы упражнений, которые позволяют выработать практические навыки и проверить, понимаете ли вы теорию. Необходимый для успешной сдачи экзамена теоретический материал имеется в пособиях «Химия. 9–11-е классы. Карманный справочник», «Химия. Большой справочник для подготовки к ЕГЭ» и «Химия. ЕГЭ. 10–11-е классы. Тематический тренинг. Задания базового и повышенного уровней сложности».

Для выработки практических навыков воспользуйтесь книгой, которую вы держите в руках, и пособиями «Химия. ЕГЭ. 10–11 классы. Раздел „Общая химия“. Сборник заданий», «Химия. ЕГЭ. 10–11 классы. Раздел „Неорганическая химия“. Сборник заданий», «Химия. ЕГЭ. 10–11 классы. Раздел „Органическая химия“. Сборник заданий». Эти книги — «учебник наоборот», в котором через систему упражнений, вопросов и задач приводится необходимый для выполнения задания теоретический материал и объясняется, каким образом следует применять полученные при чтении учебника теоретические знания. Изложение материала в этих пособиях соответствует последовательности, в которой его следует учить. После выполнения упражнений, приведённых в перечисленных книгах по каждой теме, прорешайте задания из соответствующих разделов книги «Химия. ЕГЭ. 10–11-е классы. Тематический тренинг. Задания базового и повышенного уровней сложности». При изучении тем, входящих в разделы «Неорганическая химия» и «Органическая химия», можно

использовать пособие «Химия. ЕГЭ. 10–11-е классы. Задания высокого уровня сложности». Постарайтесь выполнить все приведённые в пособиях задания базового, повышенного и высокого уровней сложности.

Наше пособие содержит **много примеров решения задач** (70 примеров) и задач (свыше 380) с подробными решениями.

Книга построена по принципу от простого к сложному в соответствии с логикой изучения химии.

В первой главе объясняется, как вычислить молярную массу и количество вещества; рассчитать объём газа, если известна его масса, и наоборот; провести расчёты концентрации вещества в растворе. Мы назвали эту главу «Стандартные (формальные) вычисления», потому что проведение подобных расчётов не требует каких-либо глубоких химических знаний. Однако без уверенных, доведённых почти до автоматизма навыков выполнения таких вычислений невозможно научиться решать задачи, в которых описываются химические превращения.

Во второй главе даются типовые способы расчётов по уравнениям реакций и разбираются все типы расчётных задач, которые изучаются в школе. Наш опыт показывает, что ученик начинает уверенно решать задачи по химии после самостоятельного выполнения 100–150 типовых расчётных задач; приблизительно такое количество задач приводится в этой главе.

Третья глава посвящена методам решения комплексных (сложных) задач, и основное внимание уделяется методам анализа условия задачи и составлению плана её решения. В этой главе приведено 16 подробных образцов выполнения заданий и более 70 задач для самостоятельной работы. Для решения большего числа задач рекомендуем обратиться к пособиям 3–10 из списка пособий нашего издательства.

В четвёртой главе разбираются типовые задачи по определению формул веществ.

В пятой главе рассматривается решение расчётных задач по химической кинетике.

В приложении приведены таблицы с обозначениями, которые используются при решении задач, с молярными массами неорганических и органических веществ и растворимостью некоторых неорганических веществ.

Содержание пособия соответствует уровню сложности задач, изучаемых в школе и предлагаемых в рамках государственной итоговой аттестации.

Для подготовки к экзаменам мы рекомендуем также воспользоваться следующими пособиями издательства «Легион» под редакцией В. Н. Доронькина:

- 1) Химия. Большой справочник для подготовки к ЕГЭ.
- 2) Химия. 9–11-е классы. Карманный справочник.
- 3) Химия. ЕГЭ. 10–11-е классы. Раздел «Общая химия». Сборник заданий.
- 4) Химия. ЕГЭ. 10–11-е классы. Раздел «Неорганическая химия». Сборник заданий.
- 5) Химия. ЕГЭ. 10–11-е классы. Раздел «Органическая химия». Сборник заданий.
- 6) Химия. ЕГЭ-2025. Тематический тренинг. Задания базового и повышенного уровней сложности.
- 7) Химия. ЕГЭ. 10–11-е классы. Задания высокого уровня сложности.
- 8) Химия. Подготовка к ЕГЭ-2025. 30 тренировочных вариантов по демоверсии 2024 года.
- 9) Химия. Подготовка к ОГЭ-2025. 9-й класс. 30 тренировочных вариантов по демоверсии 2024 года.
- 10) Химия. ОГЭ-2025. 9-й класс. Тематический тренинг.
- 11) Химия. 8-й класс. ВПР. 10 тренировочных вариантов.
- 12) Химия. 8-й класс. Ступени к ВПР и ОГЭ. Тематический тренинг.

**Желаем удачи!**

Замечания и предложения, касающиеся данной книги, можно присылать на адрес электронной почты издательства [legionrus@legionrus.com](mailto:legionrus@legionrus.com).

# НЕКОТОРЫЕ ФОРМУЛЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

## А. Основные формулы, связанные с понятием «моль»

Формула	Обозначения
$n^* = \frac{N}{N_A}$	<p><math>n</math> — количество вещества [моль]  <math>N</math> — число структурных единиц вещества (молекул, атомов и др.)  <math>N_A</math> — число структурных единиц в 1 моль вещества (число Авогадро)  <math>N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}</math></p>
$n = \frac{m_{\text{в-ва}}}{M_{\text{в-ва}}}$	<p><math>n</math> — количество вещества [моль]  <math>m_{\text{в-ва}}</math> — масса вещества [г]  <math>M_{\text{в-ва}}</math> — молярная масса вещества [г/моль]</p>
$n_{\text{г}} = \frac{V_{\text{г}}}{V_{\text{м}}}$	<p><math>n_{\text{г}}</math> — количество газообразного вещества [моль]  <math>V_{\text{г}}</math> — объём газообразного вещества [л]  <math>V_{\text{м}}</math> — молярный объём газообразного вещества [л/моль], <math>V_{\text{м}} = 22,4 \text{ л/моль}</math> при н. у. (н. у. обозначает нормальные условия, т. е. <math>T = 273 \text{ К}</math>, <math>p = 101,325 \text{ кПа} = 1 \text{ атм} = 760 \text{ мм ртутного столба}</math>)</p>

## Б. Формулы, которые применяются при вычислениях содержания какого-либо компонента в соединении или смеси, растворе

Формула	Обозначения
$\omega = \frac{m_{\text{части}}}{m_{\text{всего образца}}}$	<p><math>\omega</math> — массовая доля (часть, процент)  <math>m_{\text{части}}</math> — масса какой-либо части образца (вещества в смеси или растворе, каких-либо атомов в молекуле сложного вещества и т. п.)</p>

\* Правила номенклатуры IUPAC (Международный союз теоретической и прикладной химии, International Union of Pure and Applied Chemistry) допускают использовать для обозначения количества вещества как « $n$ », так и « $\nu$ », отдавая предпочтение первому.

Формула	Обозначения
	$m_{\text{всего образца}}$ — масса всего образца (смеси, раствора, молекулы сложного вещества и т. д.)
$\omega_{\text{в-ва}} = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} \text{ или}$ $\omega_{\text{в-ва}, \%} = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100 \%$	$\omega_{\text{в-ва}}$ или $\omega_{\text{в-ва}, \%}$ — массовая доля вещества в растворе (или смеси), выраженная в долях единицы или в процентах* $m_{\text{в-ва}}$ и $m_{\text{р-ра}}$ — масса растворённого вещества и масса раствора (смеси), выраженные в <b>одинаковых единицах измерения</b> [г, кг и др.]
$C_M = \frac{n}{V_{\text{р-ра(л)}}}$	$C_M$ — молярная концентрация вещества [моль/л] $n$ — количество вещества [моль] $V_{\text{р-ра(л)}}$ — объём раствора, выраженный в <b>литрах</b>
$\rho = \frac{m}{V}$	$\rho$ — плотность вещества [г/мл, г/см <sup>3</sup> , кг/л, кг/дм <sup>3</sup> и др.] $m$ и $V$ — масса вещества и его объём, выраженные в единицах, соответствующих размерности плотности [г и мл, г и см <sup>3</sup> , кг и л, кг и дм <sup>3</sup> и др.]

## В. Формулы, используемые при вычислении практического выхода реакции по отношению к теоретическим расчётам

Формула	Обозначения
$\eta = m_{\text{практ.}} / m_{\text{теор.}}$ $\eta = V_{\text{практ.}} / V_{\text{теор.}}$ $\eta = n_{\text{практ.}} / n_{\text{теор.}}$	$\eta$ — выход продукта реакции по отношению к теоретическому $m_{\text{практ.}}$ , $V_{\text{практ.}}$ и $n_{\text{практ.}}$ — соответственно масса, объём или количество вещества, которые были практически получены в результате осуществления процесса (реакции) $m_{\text{теор.}}$ , $V_{\text{теор.}}$ и $n_{\text{теор.}}$ — соответственно масса, объём или количество вещества, которые были вычислены по уравнению реакции

\* Мы советуем при проведении расчётов использовать формулу

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

переходя от процентов к долям единицы при записи условия — это уменьшает вероятность ошибки в расчётах.

**Г. Формулы, применяемые для расчётов с газообразными веществами**

Формула	Обозначения
а) $D_{1/2} = M_1/M_2$ б) при $V_1 = V_2$ $D_{1/2} = m_1/m_2$	$D_{1/2}$ — относительная плотность первого газа по отношению ко второму $M_1$ и $M_2$ — молярные массы веществ $m_1$ и $m_2$ — массы газов

**Д. Формулы, полученные преобразованием или объединением некоторых из приведённых формул, которые очень полезны при решении задач**

Формула	Обозначения
$m_{\text{в-ва}} = \omega_{\text{в-ва}} \cdot m_{\text{р-ра}}$	вычисление массы вещества в смеси по массовой доле вещества и массе смеси
$m_{\text{в-ва}} = \omega_{\text{в-ва}} \cdot \rho \cdot V_{\text{р-ра}}$	вычисление массы вещества, находящегося в растворе, по массовой доле вещества, плотности и объёму раствора
$n = \frac{\omega_{\text{в-ва}} \cdot m_{\text{р-ра}}}{M_{\text{в-ва}}}$	вычисление количества вещества, находящегося в смеси (растворе), по массовой доле вещества, массе раствора и молярной массе вещества
$n = \frac{\omega_{\text{в-ва}} \cdot \rho \cdot V_{\text{р-ра}}}{M_{\text{в-ва}}}$	вычисление количества вещества, находящегося в растворе, по массовой доле вещества, плотности и объёму раствора и молярной массе вещества





# СТАНДАРТНЫЕ (ФОРМАЛЬНЫЕ) ВЫЧИСЛЕНИЯ

## 1.1. Расчёты с использованием «количества вещества»

---

Атомы и молекулы вещества характеризуются их массой. Абсолютные значения масс отдельных атомов и молекул очень малы, поэтому их неудобно использовать. Для измерения масс атомов и молекул в системе СИ принята атомная единица массы, которая равна  $1/_{12}$  части массы атома изотопа углерода  $^{12}\text{C}$ . Для проведения практически необходимых расчётов используют относительные атомные ( $A_r$ ) и относительные молекулярные ( $M_r$ ) массы. Относительная атомная масса ( $A_r$ ) показывает, во сколько раз масса атома больше  $1/_{12}$  части массы атома изотопа углерода  $^{12}\text{C}$ . Относительная молекулярная масса ( $M_r$ ) показывает, во сколько раз масса молекулы больше  $1/_{12}$  части массы атома изотопа углерода  $^{12}\text{C}$ . Относительная молекулярная масса равна сумме относительных атомных масс всех элементов, которые входят в состав структурной единицы вещества. Относительные атомная и молекулярная массы — безразмерные величины, показывающие, во сколько раз масса частицы больше одной атомной единицы массы. Значения относительных атомных масс элементов приводятся в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева.

**Пример 1.** Вычислите относительную молекулярную массу серной кислоты.

**Дано:**



**Анализ и решение**

Относительная молекулярная масса сложного вещества равна сумме относительных атомных масс всех элементов, которые входят в состав одной формульной единицы вещества.

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = A_r(\text{H}) \cdot 2 + A_r(\text{S}) \cdot 1 + A_r(\text{O}) \cdot 4 = 1 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 98.$$



Мерой измерения количества вещества является **моль**. Моль любого вещества содержит столько структурных единиц (атомов, молекул, ионов и др.), сколько содержится атомов в 12 г изотопа углерода  $^{12}\text{C}$ . Число атомов в 12 г изотопа углерода  $^{12}\text{C}$  называется **числом Авогадро**,  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ . Молярной массой вещества называется масса 1 моль вещества. Количество вещества  $n$  ( $\nu$ ) связано с числом Авогадро  $N_A$  и массой вещества соотношениями:

$$n = \frac{N}{N_A},$$

$$n = \frac{m_{\text{в-ва}}}{M_{\text{в-ва}}},$$

где  $n$  — количество вещества (моль),

$N$  — число структурных единиц вещества (молекул, атомов и др.),

$N_A$  — число Авогадро (число структурных единиц в 1 моль вещества),  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ ,

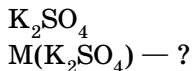
$m_{\text{в-ва}}$  — масса вещества (г),

$M_{\text{в-ва}}$  — молярная масса вещества (г/моль).



**Пример 2.** Вычислите молярную массу сульфата калия  $K_2SO_4$ .

**Дано:**



**Анализ и решение**

Молярная масса численно равна относительной молекулярной массе.

Относительная молекулярная масса равна сумме относительных атомных масс элементов, входящих в состав формульной единицы вещества.

$$M(K_2SO_4) = A_r(K) \cdot 2 + A_r(S) \cdot 1 + A_r(O) \cdot 4 = 39 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 174 \text{ г/моль.}$$

□

**Пример 3.** Какое количество вещества содержится в 19,6 г серной кислоты  $H_2SO_4$ ?

**Дано:**

$$m(H_2SO_4) = 19,6 \text{ г}$$

$$n(H_2SO_4) = ?$$

**Анализ и решение**

Количество вещества  $n$  ( $\nu$ ) вычисляется по уравнению

$$n = m_{\text{в-ва}} / M_{\text{в-ва}},$$

где  $m_{\text{в-ва}}$  — масса вещества (г),

$M_{\text{в-ва}}$  — молярная масса вещества (г/моль).

**Вывод:** для вычисления количества вещества необходимо

1) вычислить молярную массу серной кислоты;

2) по формуле найти количество вещества.

$$1) M(H_2SO_4) = 1 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 98 \text{ г/моль}$$

$$2) n(H_2SO_4) = 19,6 / 98 = 0,2 \text{ моль}$$

□

**Пример 4.** Какую массу имеет карбонат натрия  $Na_2CO_3$  количеством вещества 0,2 моль?

**Дано:**

$$n(Na_2CO_3) = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(Na_2CO_3) = ?$$

**Анализ и решение**

Количество вещества  $n$  ( $\nu$ ) вычисляется по уравнению

$$n = m_{\text{в-ва}} / M_{\text{в-ва}},$$

где  $m_{\text{в-ва}}$  — масса вещества (г),

$M_{\text{в-ва}}$  — молярная масса вещества (г/моль).

**Вывод:** для вычисления количества вещества необходимо

- 1) вычислить молярную массу карбоната натрия;
- 2) по формуле найти массу вещества.

$$1) M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 23 \cdot 2 + 12 + 16 \cdot 3 = 106 \text{ г/моль}$$

$$2) m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,2 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} = 21,2 \text{ г}$$

□

**Пример 5.** Сколько молекул содержится в 6,3 г азотной кислоты  $\text{HNO}_3$ ?

**Дано:**

$$m(\text{HNO}_3) = 6,3 \text{ г}$$

$$N(\text{HNO}_3) = ?$$

**Анализ и решение**

Количество вещества  $n$  ( $\nu$ ) вычисляется по уравнению

$$n = m_{\text{в-ва}} / M_{\text{в-ва}}, \quad (1)$$

где  $m_{\text{в-ва}}$  — масса вещества (г),

$M_{\text{в-ва}}$  — молярная масса вещества (г/моль).

Количество вещества  $n$  ( $\nu$ ) связано с числом частиц в веществе уравнением (2)

$$n = N / N_A, \quad (2)$$

где  $N$  — число частиц вещества,

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$  — число Авогадро.

**Вывод:** для вычисления числа молекул в веществе необходимо

- 1) вычислить молярную массу азотной кислоты;
- 2) по формуле (1) найти количество вещества;
- 3) по формуле (2) найти число молекул.

$$1) M(\text{HNO}_3) = 1 + 14 + 16 \cdot 3 = 63 \text{ г/моль}$$

$$2) n(\text{HNO}_3) = 6,3 / 63 = 0,1 \text{ моль}$$

$$3) N(\text{HNO}_3) = 0,1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 0,602 \cdot 10^{23} \text{ (молекул)}$$

□

Для веществ в газообразном состоянии соблюдается **закон Авогадро:** в равных объёмах различных газов при одинаковых условиях содержится одинаковое число молекул. Количество вещества связано с объёмом газа соотношением

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)