

А.Э. Антошин



# ХИМИЯ



Москва  
2025

УДК 373.5:54  
ББК 24я721  
А72

Рецензент:

*А. С. Шестаков* — доктор химических наук,  
председатель предметной комиссии ЕГЭ по химии Воронежской области

**Антошин, Андрей Эдуардович.**

А72 Химия. 8—11 классы / А. Э. Антошин. — Москва : Эксмо, 2025. — 112 с. — (Алгоритмы решения задач).

ISBN 978-5-04-208844-5

В пособии представлены алгоритмы решения типовых задач и примеров по химии, изучаемых в 8—11 классах. Перед каждым алгоритмом помещён краткий теоретический блок по теме с необходимыми правилами и формулами. После алгоритма приведён пример решения задачи, даны задания для самостоятельного выполнения.

Издание адресовано учащимся 8—11 классов, учителям и родителям, помогающим ребёнку в выполнении домашних заданий.

**УДК 373.5:54  
ББК 24я721**

**ISBN 978-5-04-208844-5**

© Антошин А. Э., 2025  
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2025

# Содержание

<b>Введение</b> .....	6
<b>Основные понятия химии</b> .....	7
Молярная масса. Массовая доля. Количество вещества.	
Молярный объём .....	7
<i>Алгоритм 1.</i> Решение расчётных задач типа 18, 19 ОГЭ .....	8
Постоянство состава вещества.	
Расчёты по химическим формулам .....	10
<b>Растворы. Расчёты с использованием понятий «массовая доля», «молярная концентрация», «растворимость»</b> .....	12
Основные понятия и определения .....	12
<i>Алгоритм 2.</i> Определение массы (объёма) компонентов, необходимых для приготовления раствора с заданной массовой долей .....	13
<i>Алгоритм 3.</i> Задачи на разбавление .....	14
<i>Алгоритм 4.</i> Задачи на концентрирование. Добавление дополнительной порции вещества .....	15
<i>Алгоритм 5.</i> Выпаривание растворителя .....	16
<i>Алгоритм 6.</i> Задачи на смешивание .....	17
<i>Алгоритм 7.</i> Комбинированные задачи .....	18
<b>Растворимость</b> .....	22
<b>Расчёты массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ</b> .....	24
<i>Алгоритм 8.</i> Масса вещества и объем газов .....	24
<b>Расчёты теплового эффекта реакции</b> .....	29
<i>Алгоритм 9.</i> Решение задач на вычисление количества тепла по термохимическому уравнению .....	29
<b>Расчёты объёмных отношений газов при химических реакциях</b> .....	33
<b>Расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси)</b> .....	36

<b>Расчёты массовой или объёмной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного</b> .....	38
<i>Алгоритм 10.1.</i> Вычисление выхода продукта реакции .....	38
<i>Алгоритм 10.2.</i> Вычисление массы (объёма) исходных веществ .....	39
<b>Расчёты массы (объёма, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определённой массовой долей растворённого вещества</b> .....	43
<i>Алгоритм 11.</i> Вычисление массы продукта реакции .....	43
<b>Расчёт массовой доли вещества в растворе, полученном при взаимодействии определённой массы (объёма или количества вещества) реагента</b> .....	46
<i>Алгоритм 12.</i> Вычисление массовой доли вещества в растворе .....	46
<b>Нахождение молекулярной формулы органического вещества по его плотности</b> .....	49
<i>Алгоритм 13.</i> Установление формулы вещества по его плотности .....	49
<b>Нахождение молекулярной формулы органического вещества по массовым долям элементов, входящих в его состав</b> .....	51
<i>Алгоритм 14.</i> Установление формулы вещества по массовым долям элементов, входящих в его состав .....	51
<b>Нахождение молекулярной формулы органического вещества по продуктам сгорания</b> .....	53
<i>Алгоритм 15.</i> Установление формулы органического вещества по продуктам сгорания .....	53
<b>Расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси). Расчёты массы (объёма, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определённой массовой долей растворённого вещества. Расчёты с использованием понятий «массовая доля», «молярная концентрация», «растворимость»</b> .....	67
<b>Задачи на смеси</b> .....	69
<i>Алгоритм 16.</i> Вычисление состава смеси (раствора) .....	69
<b>Избыток-недостаток</b> .....	71
<i>Алгоритм 17.</i> Вычисление массы конечного раствора .....	71

<b>Задачи на две колбы</b> .....	75
<i>Алгоритм 18.</i> Решение задач с использованием двух колб .....	75
<b>Задачи на частичное разложение</b> .....	80
<i>Алгоритм 19.</i> Решение задач на частичное разложение .....	80
<b>Задачи на полное разложение одного из компонентов</b> .....	84
<i>Алгоритм 20.</i> Вычисление масс исходной смеси и компонентов при полном разложении одного из них .....	84
<b>Задачи на три колбы</b> .....	88
<i>Алгоритм 21.</i> Решение задач с использованием трёх колб .....	88
<b>Задачи на избыток-недостаток при заданных соотношениях между исходными реагентами</b> .....	93
<i>Алгоритм 22.</i> Решение задач при известном соотношении исходных реагентов .....	93
<b>Задачи, решение которых требует составления системы из двух уравнений с двумя неизвестными</b> .....	95
<i>Алгоритм 23.</i> Решение задач методом составления систем уравнений .....	95
<b>Задачи с использованием заданной массовой доли отдельного химического элемента в смеси двух соединений</b> .....	97
<i>Алгоритм 24.</i> Решение задач с использованием массовой доли одного элемента из смеси .....	97
<b>Электролиз</b> .....	99
<i>Алгоритм 25.</i> Задачи про электролиз .....	99
<b>«Атомистика»</b> .....	102
<i>Алгоритм 26.</i> Задачи по «атомистике» .....	102
<b>Ответы</b> .....	104
<b>Список дополнительной литературы</b> .....	110

# Введение

Настоящее пособие предназначено для обучения алгоритмам решения всех основных типов расчётных задач, которые могут встретиться вам при изучении химии в 8–11-х классах школы, а также при сдаче основного государственного экзамена (ОГЭ) и единого государственного экзамена (ЕГЭ) по химии.

Пособие адресовано прежде всего учащимся средних школ, слушателям подготовительных курсов, а также учителям и методистам для организации подготовки к ЕГЭ и ОГЭ. Эту книгу можно использовать для проведения промежуточного и итогового контроля.

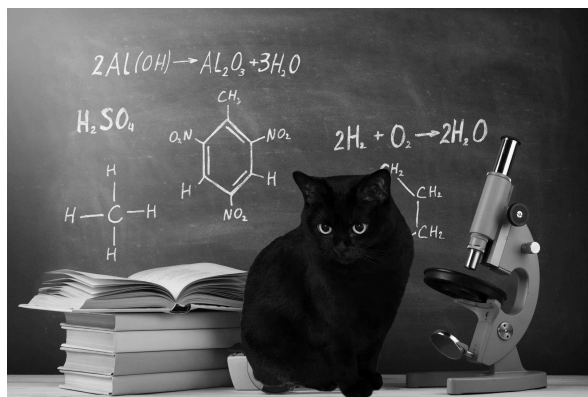
Структура книги определяется перечнем элементов содержания, проверяемых на ОГЭ и ЕГЭ по химии, а её содержание — соответствующим ФГОС, Приказами Минобробразования России и Методическими указаниями ФИПИ.

Пособие содержит как алгоритмы решения всех основных типов расчётных задач базового и высокого уровня сложности, так и многочисленные примеры. Кроме того, в пособии приведены задания для самостоятельного решения с ответами к ним, а также справочный материал по уравнениям химических реакций к задачам на установление молекулярных и структурных формул органических соединений.

За постоянную практическую помощь, поддержку и внимание при создании этой книги огромное спасибо Т. В. Киселёвой. Приношу искреннюю благодарность кандидату медицинских наук А. В. Демьяненко, а также Т. В. Чеснаковой, М. П. Красникову, А. Н. Новикову, Н. В. Морозовой, В. И. Стеклову. Отдельная благодарность моим друзьям и коллегам: профессорам С. А. Лермонтову, А. С. Шестакову, К. В. Тугушову, доцентам Ю. Н. Рейхову, В. В. Петренкову, а также А. П. Васильеву, С. А. Эксанову, В. Ф. Немиц.

Я буду признателен читателям за любые замечания и пожелания, которые можно присылать по электронной почте: [antoshinandre@rambler.ru](mailto:antoshinandre@rambler.ru)

Желаю успеха!



А. Э. АНТОШИН

# Основные понятия химии

## Молярная масса. Массовая доля. Количество вещества. Молярный объём

**Относительной атомной массой**  $A_r$  называют массу атома, выраженную в атомных единицах массы. Относительные атомные массы химических элементов приведены в периодической системе химических элементов возле символа соответствующего элемента.

**Относительной молекулярной массой**  $M_r$  называют массу молекулы, выраженную в атомных единицах массы.

Относительная молекулярная масса простых и сложных веществ равна сумме относительных атомных масс атомов, входящих в состав молекулы. Например, относительная атомная масса кислорода O равна 16, молекулы кислорода  $O_2 - 2 \times 16 = 32$ , молекулы озона  $O_3 - 3 \times 16 = 48$ .

Относительная молекулярная масса гидроксида натрия NaOH равна:

$$M_r(\text{NaOH}) = A_r(\text{Na}) + A_r(\text{O}) + A_r(\text{H}) = 1 \times 23 + 1 \times 16 + 1 \times 1 = 40.$$

Относительная молекулярная масса сульфата калия  $K_2SO_4$  равна:

$$M_r(\text{K}_2\text{SO}_4) = 2A_r(\text{K}) + A_r(\text{S}) + 4A_r(\text{O}) = 2 \times 39 + 1 \times 32 + 4 \times 16 = 174.$$

**Массовой долей вещества**  $\omega(X)$  называют отношение массы данного вещества в системе к массе всей системы. Для некоего вещества X:

$$\omega(X) = m(X) / m,$$

где  $\omega(X)$  — массовая доля вещества X,  $m(X)$  — его масса;  $m$  — масса всей системы.

Массовая доля является величиной безразмерной. Её выражают в долях от единицы или в процентах, если долю от единицы умножить на 100:

$$\omega(X) = (m(X) \times 100) / m \text{ (в процентах).}$$

В качестве системы может выступать как молекула химического соединения, так и смесь, раствор и т. д.



Рассчитайте массовую долю серы в оксиде серы(VI).

○ Молярная масса оксида серы(VI)  $M(\text{SO}_3) = 80$  г/моль, атомная масса серы в этом соединении 32 г/моль. Для расчётов выбираем образец оксида серы количеством вещества 1 моль. Масса этого вещества составит:

$$m(\text{SO}_3) = n(\text{SO}_3) \times M(\text{SO}_3); m(\text{SO}_3) = 1 \times 80 = 80 \text{ г.}$$

>>>

>>>

- Исходя из формулы  $\text{SO}_3$  можно заключить, что в 1 моль  $\text{SO}_3$  будет содержаться 1 моль серы, масса которой составит:

$$m(\text{S}) = 1 \times 32 = 32 \text{ г.}$$

- Тогда массовая доля серы в оксиде серы(VI) будет равна:

$$\omega(\text{S}) = m(\text{S}) / m(\text{SO}_3); \omega(\text{S}) = 32 / 80 = 0,4, \text{ или } 40\%.$$

- Ответ: 0,4, или 40%.



Рассчитайте массовые доли элементов в фосфате калия  $\text{K}_3\text{PO}_4$ .

- Молярная масса  $M(\text{K}_3\text{PO}_4) = 212$  г/моль. Для расчётов выбираем образец фосфата калия количеством вещества 1 моль. Масса этого вещества составит:

$$m(\text{K}_3\text{PO}_4) = n(\text{K}_3\text{PO}_4) \times M(\text{K}_3\text{PO}_4); m(\text{K}_3\text{PO}_4) = 1 \times 212 = 212 \text{ г.}$$

- Исходя из формулы  $\text{K}_3\text{PO}_4$  можно заключить, что в 1 моль этого соединения будет содержаться 3 моль калия, 1 моль фосфора и 4 моль кислорода, масса которых составит:

$$m(\text{K}) = 3 \times 39 = 117 \text{ г;}$$

$$m(\text{P}) = 1 \times 31 = 31 \text{ г;}$$

$$m(\text{O}) = 4 \times 16 = 64 \text{ г.}$$

- Определим массовые доли элементов:

$$\omega(\text{K}) = m(\text{K}) / m(\text{K}_3\text{PO}_4); \omega(\text{K}) = 117 / 212 = 0,552, \text{ или } 55,2\%;$$

$$\omega(\text{P}) = m(\text{P}) / m(\text{K}_3\text{PO}_4); \omega(\text{P}) = 31 / 212 = 0,146, \text{ или } 14,6\%;$$

$$\omega(\text{O}) = m(\text{O}) / m(\text{K}_3\text{PO}_4); \omega(\text{O}) = 64 / 212 = 0,302, \text{ или } 30,2\%.$$

- Ответ: К 30,2%; Р 14,6%; О 30,2%.

### Решение расчётных задач типа 18, 19 ОГЭ

### АЛГОРИТМ

1

1

Вычислить молярную массу вещества.



2

Вычислить массовую долю элемента в соединении.



3

Вычислить массу соединения в заданном компоненте (площади, объёме).



4

Записать ответ.

Нитрат аммония (аммиачная селитра) — химическое соединение  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , соль азотной кислоты, которое используется в качестве азотного удобрения.



Вычислите в процентах массовую долю азота в нитрате аммония. Запишите число с точностью до целых.

- Для расчётов выбираем образец нитрата аммония количеством вещества 1 моль, тогда массы элементов в нём будут равны их атомным массам с учётом подстрочных индексов, а масса образца будет численно равна молярной массе нитрата аммония.
- Вычислим молярную массу нитрата аммония:  
$$M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 2A_r(\text{N}) + 4A_r(\text{H}) + 3A_r(\text{O}) = 2 \times 14 + 4 \times 1 + 3 \times 16 = 28 + 4 + 48 = 80 \text{ г/моль.}$$
- Вычислим массовую долю азота в нитрате аммония:  
$$\omega(\text{N}) = m(\text{N}) / M(\text{NH}_4\text{NO}_3);$$
$$\omega(\text{N}) = (28 \times 100) / 80 = 35\%.$$
- Ответ: 35%.



При подкормках овощных и цветочных культур в почву вносится 200 г азота на 100 м<sup>2</sup>. Вычислите, сколько граммов (г) аммиачной селитры надо внести на 100 м<sup>2</sup> поверхности почвы. Запишите число с точностью до целых.

- Вычислим массу нитрата аммония, в которой содержится 200 г азота. В 1 моль (80 г) нитрата аммония содержится 28 г азота, тогда 200 г азота будет содержаться в  $(200 \times 80) / 28 = 571$  г нитрата аммония.
- Ответ: 571 г.

**Количество вещества  $n$**  — физическое понятие, показывающее число структурных единиц (атомов, молекул, ионов и т. д.), образующих это вещество. Единицей измерения количества вещества является **моль**.

**ВАЖНО!** Это одна из основных единиц системы СИ.

**Моль** есть единица количества вещества в СИ. Один моль содержит точно  $6,02214076 \times 10^{23}$  структурных элементов. Это число есть фиксированное числовое значение постоянной или числа Авогадро  $N_A$ . Структурными элементами могут быть атомы, молекулы, ионы, электроны и любые другие частицы или определённые группы частиц.

**ВАЖНО!** Для «школьной» химии число Авогадро равно  $6,02 \times 10^{23}$ .

**Молярной массой** называют величину, равную отношению массы вещества к количеству вещества. Численно молярная масса всегда совпадает с массой молекулы, выраженной в атомных единицах массы.

Единица измерения молярной массы г/моль.

Масса, молярная масса и количество вещества некоего вещества  $X$  связаны между собой формулой:

$$n(X) = m(X) / M(X),$$

где  $m(X)$  — масса вещества  $X$ ;  $M(X)$  — его молярная масса;  $n(X)$  — количество вещества  $X$ .

Количество вещества также можно определить по формуле:

$$n(X) = N(X) / N_A,$$

где  $N(X)$  — число частиц вещества  $X$ ;  $N_A$  — число Авогадро.



Определить массу гидроксида калия количеством вещества 2 моль.

○ Определим  $M_r(\text{KOH})$ :

$$M_r(\text{KOH}) = A_r(\text{K}) + A_r(\text{O}) + A_r(\text{H}) = 39 + 16 + 1 = 56.$$

○ Следовательно, молярная масса  $M(\text{KOH})$  равна 56 г/моль.

$$m(\text{KOH}) = n(\text{KOH}) \times M(\text{KOH}); m(\text{KOH}) = 2 \times 56 = 112 \text{ г.}$$

○ Ответ: 112 г.



Сколько молекул содержится в азотной кислоте массой 189 г?

○ Молярная масса азотной кислоты равна 63 г/моль. Тогда:

$$N(\text{HNO}_3) = (N_A \times m(\text{HNO}_3)) / M(\text{HNO}_3);$$

$$N(\text{HNO}_3) = (6,02 \times 10^{23} \times 189) / 63 = 1,81 \times 10^{24} \text{ молекул.}$$

○ Ответ:  $1,81 \times 10^{24}$  молекул.

**ВАЖНО!** При нормальных условиях (н. у.), т. е. при температуре 0 °С (273 °К) и давлении  $1,013 \times 10^5$  Па (1 атм, 760 мм рт. ст.), моль любого газа занимает объём 22,4 л. Этот объём называют молярным объёмом газа ( $V_M$ ) или объёмом Авогадро ( $V_A$ ), единица его измерения л/моль. (Подробнее см. с. 33.)

## Постоянство состава вещества.

### Расчёты по химическим формулам

#### Закон постоянства состава вещества

Классическая формулировка: состав индивидуального сложного вещества не зависит от способа его получения.

**ВАЖНО!** В процессе развития химии установлено, что *наряду с соединениями постоянного состава, или дальтонидами, существуют соединения переменного состава, или бертоллиды*. Если состав дальтонидов выражается про-

стыми формулами с целочисленными стехиометрическими индексами, то состав бертоллидов не отвечает стехиометрическим отношениям. Примеры дальтонилов:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CO}_2$ . Примеры бертоллидов:  $\text{VO}_{0,9}$  –  $\text{VO}_{1,3}$ ,  $\text{Fe}_{1,05}$  –  $\text{FeO}_{1,2}$ . Бертоллиды встречаются среди неорганических веществ, имеющих кристаллическую структуру, например оксидов, сульфидов, нитридов, карбидов и т. д.

### Закон постоянства состава вещества

Современная формулировка: состав соединений **молекулярной структуры** является постоянным независимо от способа их получения.

Состав соединений с **немолекулярной структурой** не является постоянным и зависит от условий их получения.

### ВЫПОЛНИТЕ САМОСТОЯТЕЛЬНО

- 1) Количественное содержание элементов кальция, фосфора и кислорода в фосфате кальция равно \_\_\_\_\_%. (Ответ запишите с точностью до десятых.)
- 2) Количественное содержание элементов алюминия, серы и кислорода в сульфате алюминия равно \_\_\_\_\_%. (Ответ запишите с точностью до десятых.)
- 3) Количественное содержание элементов кальция, азота и кислорода в нитрате кальция равно \_\_\_\_\_%. (Ответ запишите с точностью до десятых.)
- 4) Вычислите количество вещества 25 г карбоната кальция.
- 5) Какую массу имеет образец сульфата бария количеством вещества 0,4 моль? (Запишите число с точностью до десятых.)
- 6) Фосфат кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  является одним из фосфорных удобрений.
  - а) Вычислите (в процентах) массовую долю фосфора в фосфате кальция. Ответ запишите с точностью до целых.
  - б) Вычислите массу фосфора в 62 кг костной муки, содержащей в своём составе 42% фосфата кальция. (Запишите число с точностью до десятых.)
- 7) В медицинской практике применяют хлорид кальция  $\text{CaCl}_2$  для лечения аллергических заболеваний в виде 5%-го раствора.
  - а) Рассчитайте массу хлорида кальция, который содержится во флаконе объёмом 500 мл с плотностью 1,045 г/мл. (Ответ запишите с точностью до десятых.)
  - б) Определите массу катиона кальция, которую пациент получает в сутки при трёхразовом приёме 15 мл раствора хлорида кальция с плотностью 1,045 г/мл. Ответ округлите до сотых.