

Средняя и старшая школа.  
Лучшие методики обучения

---

Е. Н. Френкель

# ХИМИЯ Самоучитель

**Книга для тех, кто хочет  
сдать экзамены, а также понять  
и полюбить химию**

**Элементы общей, неорганической  
и органической химии**

Издательство  
АСТ  
Москва

УДК 54(075.4)

ББК 24я7

Ф86

*Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.*

Научный рецензент:

*Френкель Е. Э. — кандидат химических наук, профессор (кафедра химии Вольского военного института материального обеспечения)*

**Френкель, Евгения Николаевна.**

Ф86

Химия. Самоучитель. Книга для тех, кто хочет сдать экзамены, а также понять и полюбить химию. Элементы общей, неорганической и органической химии / Е. Н. Френкель. — Москва : Издательство АСТ, 2025. — 352 с. — (Средняя и старшая школа. Лучшие методики обучения).

ISBN 978-5-17-099227-0

Самоучитель основан на методике, которую автор с успехом использует более 20 лет. С ее помощью множество школьников смогли поступить на химические факультеты и в медицинские вузы.

Эта книга — именно Самоучитель, а не Учебник. Вы не столкнетесь здесь с простым описанием научных фактов и свойств веществ. Материал структурирован таким образом, что, встретившись со сложными вопросами, которые вызывают затруднения, вы сразу же найдете пояснение автора. В конце каждой главы приводятся проверочные задания и упражнения для закрепления материала. Любознательному читателю, который просто хочет расширить свой кругозор, Самоучитель даст возможность освоить этот предмет «с нуля». Прочитав его, вы не сможете не влюбиться в эту интереснейшую науку — химию!

**УДК 54(075.4)**

**ББК 24я7**

Макет подготовлен редакцией «Прайм»

# Оглавление

От автора .....	7
<b>ЧАСТЬ 1. ЭЛЕМЕНТЫ ОБЩЕЙ ХИМИИ.</b> .....	9
<b>Глава 1. Основные понятия и законы предмета «Химия»</b> .....	9
1.1. Простейшие понятия: вещество, молекула, атом, химический элемент. ....	9
1.2. Простые и сложные вещества. Валентность. ....	13
1.3. Уравнения химических реакций. ....	17
<b>Глава 2. Основные классы неорганических соединений</b> .....	23
2.1. Оксиды .....	23
2.2. Кислоты .....	32
2.3. Основания .....	38
2.4. Соли. ....	44
<b>Глава 3. Элементарные сведения о строении атома</b> .....	55
3.1. Структура Периодической системы Менделеева. ....	55
3.2. Ядро атома. Изотопы .....	57
3.3. Распределение электронов в поле ядра атома .....	60
3.4. Строение атома и свойства элементов. ....	65
<b>Глава 4. Понятие о химической связи</b> .....	73
4.1. Ионная связь .....	73
4.2. Ковалентная связь. ....	75
4.3. Химическая связь и агрегатные состояния вещества. Кристаллические решётки .....	80
<b>Глава 5. Скорость химической реакции.</b> .....	87
5.1. Зависимость скорости химической реакции от различных факторов. ....	87
5.2. Обратимость химических процессов. Принцип Ле-Шателье. ....	95
<b>Глава 6. Растворы</b> .....	101
6.1. Понятие о растворах .....	101
6.2. Электролитическая диссоциация .....	105
6.3. Ионно-молекулярные уравнения реакций. ....	111
6.4. Понятие о рН (водородном показателе) .....	113
6.5. Гидролиз солей. ....	116
<b>Глава 7. Понятие об окислительно-восстановительных реакциях</b> . . .	123

<b>ЧАСТЬ 2. ЭЛЕМЕНТЫ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ</b> . . . . .	130
<b>Глава 8. Общие свойства металлов</b> . . . . .	130
8.1. Внутреннее строение и физические свойства металлов . . .	131
8.2. Сплавы . . . . .	133
8.3. Химические свойства металлов . . . . .	135
8.4. Коррозия металлов . . . . .	139
<b>Глава 9. Щелочные и щёлочноземельные металлы</b> . . . . .	142
9.1. Щелочные металлы. . . . .	142
9.2. Щелочноземельные металлы . . . . .	145
<b>Глава 10. Алюминий</b> . . . . .	153
<b>Глава 11. Железо</b> . . . . .	158
11.1. Свойства железа и его соединений. . . . .	158
11.2. Получение железа (чугуна и стали) . . . . .	160
<b>Глава 12. Водород и кислород</b> . . . . .	163
12.1. Водород . . . . .	163
12.2. Кислород. . . . .	165
12.3. Вода . . . . .	166
<b>Глава 13. Углерод и кремний</b> . . . . .	170
13.1. Строение атома и свойства углерода . . . . .	170
13.2. Свойства соединений углерода . . . . .	173
13.3. Строение атома и свойства кремния . . . . .	176
13.4. Кремниевая кислота и силикаты . . . . .	178
<b>Глава 14. Азот и фосфор</b> . . . . .	182
14.1. Строение атома и свойства азота . . . . .	182
14.2. Аммиак и соли аммония . . . . .	184
14.3. Азотная кислота и её соли. . . . .	187
14.4. Строение атома и свойства фосфора . . . . .	189
14.5. Свойства и значение соединений фосфора . . . . .	191
<b>Глава 15. Сера</b> . . . . .	195
15.1. Строение атома и свойства серы. . . . .	195
15.2. Сероводород. . . . .	196
15.3. Сернистый газ и сернистая кислота. . . . .	197
15.4. Серный ангидрид и серная кислота . . . . .	198
<b>Глава 16. Галогены</b> . . . . .	202
16.1. Строение атома и свойства галогенов . . . . .	202
16.2. Соляная кислота . . . . .	205
<b>РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕМЕНТЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ</b> . . . . .	209
<b>Глава 17. Основные понятия органической химии</b> . . . . .	210
17.1. Предмет органической химии. Теория строения органических веществ . . . . .	210

17.2. Особенности строения органических соединений . . . . .	212
17.3. Классификация органических соединений . . . . .	213
17.4. Формулы органических соединений . . . . .	214
17.5. Изомерия . . . . .	215
17.6. Гомологи . . . . .	217
17.7. Названия углеводородов. Правила международной номенклатуры . . . . .	218
<b>Глава 18. Алканы . . . . .</b>	<b>225</b>
18.1. Понятие об алканах. . . . .	225
18.2. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия . . . . .	225
18.3. Строение молекул . . . . .	226
18.4. Свойства алканов . . . . .	226
18.5. Получение и применение алканов . . . . .	229
<b>Глава 19. Алкены . . . . .</b>	<b>232</b>
19.1. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия . . . . .	232
19.2. Строение молекул . . . . .	234
19.3. Свойства алкенов . . . . .	234
19.4. Получение и применение алкенов . . . . .	238
19.5. Понятие об алкадиенах (диены) . . . . .	239
<b>Глава 20. Алкины . . . . .</b>	<b>244</b>
20.1. Определение. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия . . . . .	244
20.2. Строение молекул . . . . .	245
20.3. Свойства алкинов . . . . .	246
20.4. Получение и применение ацетилена . . . . .	248
<b>Глава 21. Циклические углеводороды. Арены . . . . .</b>	<b>251</b>
21.1. Понятие о циклических углеводородах. Циклоалканы . . . . .	251
21.2. Понятие об ароматических углеводородах . . . . .	252
21.3. История открытия бензола. Строение молекулы . . . . .	253
21.3. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия . . . . .	255
21.4. Свойства бензола. . . . .	256
21.5. Свойства гомологов бензола . . . . .	259
21.6. Получение бензола и его гомологов. . . . .	261
<b>Глава 22. Спирты . . . . .</b>	<b>263</b>
22.1. Определение. . . . .	263
22.2. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия . . . . .	264
22.3. Строение молекул . . . . .	265
22.4. Свойства одноатомных спиртов . . . . .	266
22.5. Получение и применение спиртов (на примере этилового спирта) . . . . .	268
22.6. Многоатомные спирты. . . . .	269
22.7. Понятие о фенолах . . . . .	271

<b>Глава 23. Альдегиды</b> . . . . .	276
23.1. Определение. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия . . . . .	276
23.2. Строение молекул . . . . .	277
23.3. Свойства альдегидов . . . . .	278
23.4. Получение и применение альдегидов на примере уксусного альдегида . . . . .	280
<b>Глава 24. Карбоновые кислоты</b> . . . . .	282
24.1. Определение . . . . .	282
24.2. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия . . . . .	283
24.3. Строение молекул . . . . .	284
24.4. Свойства кислот . . . . .	285
24.5. Получение и применение кислот . . . . .	287
<b>Глава 25. Сложные эфиры. Жиры</b> . . . . .	291
<b>Глава 26. Углеводы</b> . . . . .	297
<b>Глава 27. Азотсодержащие соединения</b> . . . . .	304
27.1. Амины . . . . .	304
27.2. Аминокислоты . . . . .	306
27.3. Белки . . . . .	308
<b>Глава 28. Понятие о полимерах</b> . . . . .	313
<b>ЧАСТЬ 4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ</b> . . . . .	316
<b>Глава 29. Основные расчётные понятия</b> . . . . .	317
<b>Глава 30. Задачи, решаемые по стандартным формулам</b> . . . . .	320
30.1. Задачи по теме «Газы» . . . . .	320
30.2. Задачи по теме «Способы выражения концентрации растворов» . . . . .	324
<b>Глава 31. Задачи, решаемые по уравнениям реакций</b> . . . . .	330
31.1. Оформление расчётов по уравнениям реакций . . . . .	330
31.2. Задачи по теме «Количественный состав смесей» . . . . .	333
31.3. Задачи на «избыток—недостаток» . . . . .	337
31.4. Задачи на установление формулы вещества . . . . .	342
31.5. Задачи, в которых учитывается «выход» полученного вещества . . . . .	349

# От автора

*Уважаемый читатель!*

Предлагаемый вашему вниманию Самоучитель — не обычный учебник. В нём не просто излагаются какие-то факты, не просто описываются свойства веществ, как в обычном пособии. Эта книга **объясняет и учит**, особенно в тех случаях, если вы не можете или стесняетесь обратиться за разъяснениями к учителю.

Эта книга в виде рукописи использовалась с 1991 г. школьниками, и не было ни одного ученика, который бы «провалился» на экзамене по химии и в школе, и в вузах. Большинство из них начинало с «нуля»!

Самоучитель **рассчитан на самостоятельную работу ученика**. Главное, чтобы вы *отвечали* по ходу чтения на те *вопросы*, которые встречаются в тексте. Если вы не смогли ответить на вопрос, — читайте внимательнее ещё раз: все ответы имеются рядом.

Желательно также выполнять все задания которые встречаются по ходу объяснения нового материала, а также **задания ЕГЭ**, которые взяты из реальных сборников ФИПИ разных лет издания. В этом вам помогут многочисленные обучающие *алгоритмы*, которые есть в каждой части Самоучителя.

В Самоучителе приведены, в основном, схемы химических реакций. *Коэффициенты нужно расставлять самим*, даже если об этом не сказано в задании.

В конце каждой главы имеются *упражнения, вопросы и задачи*, которые проверяют степень усвоения предложенного материала. Если вы смогли, не подглядывая в текст главы, ответить на эти вопросы, сделать все упражнения, решить все задачи — замечательно. В противном случае ещё раз перечитайте главу.

В данной книге в последней главе приведены также способы решения базовых задач по химии. В случае затруднений при решении задачи, условие которой имеется в конце главы, найдите эту задачу среди *задач для самостоятельного решения* в главах 29–32, а потом посмотрите, как решается такая задача.

Изучив данный Самоучитель, вы сможете легко ответить на многие вопросы ЕГЭ и просто понять и, возможно, полюбить этот непростой, но очень интересный предмет ХИМИЯ.

**Желаю успехов!**

# Часть 1.

# ЭЛЕМЕНТЫ ОБЩЕЙ ХИМИИ

---

## Глава 1. | ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ПРЕДМЕТА «ХИМИЯ»

### 1.1. Простейшие понятия: вещество, молекула, атом, химический элемент

Что такое химия? Где мы встречаемся с химическими явлениями? Везде. Сама жизнь — это бесчисленное множество разнообразных химических реакций, благодаря которым мы дышим, видим голубое небо, ощущаем изумительный запах цветов...

Что изучает химия? Химия изучает вещества, а также химические процессы, в которых участвуют эти вещества.

Что такое вещество — понятно: это то, из чего состоит окружающий нас мир и мы сами. Но что такое химический процесс (явление)?

К **химическим явлениям** относятся процессы, в результате которых изменяется состав или строение молекул, образующих данное вещество. Изменились молекулы — изменилось вещество (оно стало другим!), — изменились его свойства:

- свежее молоко стало кислым;
- зелёные листья стали жёлтыми;
- сырое мясо при обжаривании изменило запах.

Все эти изменения — следствие сложных и многообразных химических процессов. Итак,

**химия — это наука о веществах и их превращениях.**

При этом исследуются не всякие превращения, а только такие, при которых

- обязательно изменяется состав или строение молекул;
- никогда не изменяется состав и заряд ядер атомов.

В этом определении встречаются такие понятия, как «*вещество*», «*молекула*», «*атом*». Разберём их подробнее.

**Вещество** — это то, из чего состоят окружающие нас предметы. Каждому абсолютно чистому веществу (таких в природе, кстати, не существует) приписывают определённую химическую формулу, которая отражает его состав, например:

- $\text{H}_2\text{O}$  — вода;
- $\text{Na}_8[(\text{AlSiO}_4)_6\text{SO}_4]$  — лазурит.

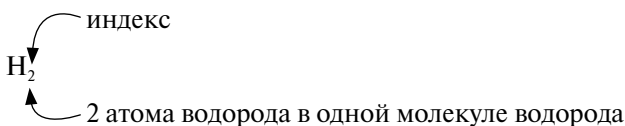
Выше приведены молекулярные формулы двух веществ. Следует отметить, что далеко не все вещества состоят из молекул, так как существуют вещества, которые состоят из атомов или ионов. Например, алмаз состоит из атомов углерода, а обычная поваренная соль — из ионов  $\text{Na}^+$  и ионов  $\text{Cl}^-$  (условная «молекула» —  $\text{NaCl}$ ).

Наименьшая частица вещества, которая отражает его качественный и количественный состав, называется *молекулой*.

**Молекулы состоят из атомов.** Атомы в молекуле соединены при помощи химических связей. Каждый атом обозначается при помощи *символа* (химического знака):

- $\text{H}$  — атом водорода;
- $\text{O}$  — атом кислорода.

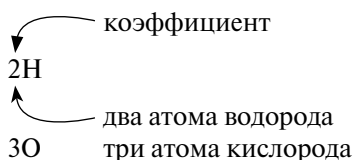
Число атомов в молекуле обозначают при помощи *индекса*:



Примеры:

- $\text{O}_2$  — это молекула вещества кислорода, состоящая из двух атомов кислорода;
- $\text{H}_2\text{O}$  — это молекула вещества воды, состоящая из двух атомов водорода и одного атома кислорода.

**Но!** Если атомы не связаны химической связью, то их число обозначают при помощи *коэффициента*:



Аналогично изображают число молекул:

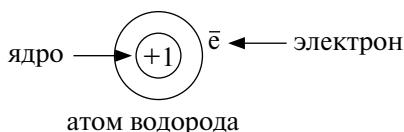
- $2\text{H}_2$  — две молекулы водорода;
- $3\text{H}_2\text{O}$  — три молекулы воды.

Почему атомы водорода и кислорода имеют разное название, разный символ? Потому что это атомы разных химических элементов.

**Химический элемент** — это частицы с одинаковым зарядом ядер их атомов.

Что такое ядро атома? Почему заряд ядра является признаком принадлежности атома к данному химическому элементу? Чтобы ответить на эти вопросы, следует уточнить: изменяются ли атомы в химических реакциях? Из чего состоит атом\*?

Атом не имеет заряда, хотя и состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов:



В ходе химических реакций число электронов любого атома может изменяться, но заряд ядра атома в химических реакциях **НЕ МЕНЯЕТСЯ!**

Поэтому заряд ядра атома — своеобразный «паспорт» химического элемента. Все атомы с зарядом ядра +1 принадлежат химическому элементу под названием «водород». Атомы с зарядом ядра +8 составляют химический элемент «кислород».

Каждому химическому элементу присвоен химический *символ* (знак), порядковый *номер* в таблице Менделеева (порядковый номер равен заряду ядра атома); определённое *название* и, для некоторых химических элементов, особое прочтение символа в химической формуле (табл. 1).

**Подведём итог.** Вещества состоят из молекул, молекулы состоят из атомов, атомы с одинаковым зарядом ядра относятся к одному и тому же химическому элементу.

Но, если вещество состоит из молекул, то *любое изменение* состава или строения молекулы приводит к изменению самого вещества, его свойств.

---

\* Подробнее о строении атома рассказано в главе 3.

Таблица 1

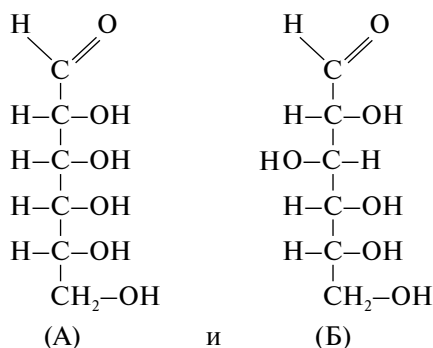
**Символы (знаки) химических элементов**

Номер	Символ	Прочтение в формуле	Название
1	H	аш	водород
6	C	це	углерод
7	N	эн	азот
8	O	о	кислород
9	F	фтор	фтор
11	Na	натрий	натрий
12	Mg	магний	магний
13	Al	алюминий	алюминий
14	Si	силициум	кремний
15	P	пэ	фосфор
16	S	эс	сера
17	Cl	хлор	хлор
19	K	калий	калий
20	Ca	кальций	кальций
23	V	ванадий	ванадий
24	Cr	хром	хром
25	Mn	марганец	марганец
26	Fe	феррум	железо
29	Cu	купрум	медь
30	Zn	цинк	цинк
35	Br	бром	бром
47	Ag	аргентум	серебро
50	Sn	станнум	олово
53	I	иод	иод
56	Ba	барий	барий
79	Au	аурум	золото
80	Hg	гидраргирум	ртуть
82	Pb	плюмбум	свинец

**Вопрос.** Чем отличаются химические формулы веществ:  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$ ?

Хотя по составу молекулы этих веществ отличаются на один атом кислорода, сами вещества по свойствам сильно отличаются друг от друга. Воду  $\text{H}_2\text{O}$  мы пьём и жить без неё не можем, а  $\text{H}_2\text{O}_2$  — перекись водорода, пить нельзя, а в быту её используют для обесцвечивания волос.

**Вопрос.** А чем отличаются химические формулы веществ:



Состав этих веществ — аллозы (А) и глюкозы (Б) — одинаков —  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Отличаются они строением молекул, в данном случае — расположением групп  $\text{OH}$  в пространстве. Глюкоза — универсальный источник энергии для большинства живых организмов, а аллоза практически не встречается в природе и не может быть источником энергии.

## 1.2. Простые и сложные вещества.

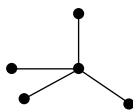
### Валентность

Вещества бывают простые и сложные. Если молекула состоит из атомов одного химического элемента, — это *простое вещество*:

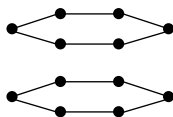
$\text{Ca}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{S}_8$  и так далее.

Если в состав вещества входят атомы только одного химического элемента — это *простое* вещество. Причём некоторые

химические элементы образуют несколько простых веществ. Так, химический элемент кислород образует простое вещество «кислород»  $O_2$  и простое вещество «озон»  $O_3^*$ . А химический элемент углерод образует *четыре* простых вещества, причём ни одно из них не называется «углерод». Эти вещества отличаются пространственным расположением атомов:



- *алмаз* — атомы углерода находятся в вершинах воображаемых тетраэдров;



- *графит* — атомы углерода находятся в одной плоскости;



- *карбин* — атомы углерода образуют «нити».

В четвертой модификации «углерода» — *фуллерене* — атомы углерода образуют сферу, т. е. молекулы *фуллерена* напоминают мячик.

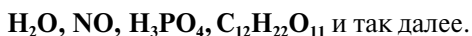
Существование элемента в виде нескольких простых веществ называется **аллотропией**. *Алмаз, графит, карбин, фуллерен* — аллотропные модификации элемента «углерод», а *кислород* и *озон* — аллотропные модификации элемента «кислород»

Таким образом, не следует путать эти понятия: «химический элемент» и «простое вещество», а также «молекула» и «атом».

Очень часто в письменных записях слова «молекула» или «атом» заменяют соответствующими символами, но не всегда правильно. Так, нельзя писать: «В состав воды входит  $H_2$ », так как речь здесь идёт о *химическом элементе* водороде — **H**. Нужно писать: «В состав воды входит (**H**)». Аналогично, правильной будет запись: «При действии металла на раствор кислоты выделится  $H_2$ », т. е. *вещество* водород, молекула которого двухатомна.

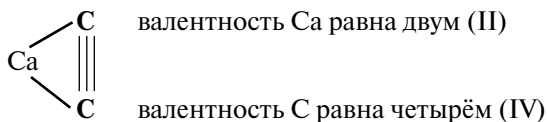
\* В 2002 г. появилось сообщение о существовании ещё одного простого вещества кислорода —  $O_4$ .

Молекулы сложных веществ состоят из атомов разных химических элементов:



Как известно, в состав *сложных веществ* входят атомы разных химических элементов. Эти атомы соединяются между собой химическими связями: ковалентными, ионными, металлическими.

Способность атома образовывать определённое число *ковалентных* химических связей называется **валентностью**. (Подробнее см. главу 4 «Химическая связь».) Правильнее всего определять валентность по графическим или структурным формулам:



В таких формулах одна чёрточка обозначает одну ковалентную связь, т. е. «одну валентность». На практике чаще всего валентность определяют по молекулярной формуле, хотя здесь правильнее говорить о *степени окисления* элемента (см. главу 7). Иногда результат определения степени окисления соответствует реальному значению валентности, но бывают и неодинаковые результаты.

**Задание 1.1.** Определите «валентность» (степени окисления) атомов кальция и углерода по формуле  $\text{CaC}_2$ . Совпадает ли полученный результат с реальным значением валентности?

В устойчивой молекуле не может быть «свободных», «лишних» валентностей! Поэтому для двухэлементной молекулы число химических связей (валентностей) атомов одного элемента равно общему числу химических связей атомов другого элемента.

Валентность атомов некоторых химических элементов постоянна (табл. 2).

Для других атомов валентность\* можно определить (вычислить) из химической формулы вещества.

\* Строго говоря, по нижеизложенным правилам определяют не валентность, а *степень окисления* (см. главу 7). Но поскольку в некоторых соединениях числовые значения этих понятий совпадают, то иногда по формуле можно определять и валентность.