



Е. Н. Френкель

Повышенный
уровень сложности.
Средняя и старшая школа.
Лучшие методики обучения

Органическая ХИМИЯ Самоучитель

*Эффективная методика,
которая поможет
сдать экзамены
и понять химию*



Серия книг Е. Френкель — новое слово в самообразовании. Занимаюсь с учениками с совершенно разной подготовкой по методике автора уже несколько лет. Кому-то нужно было просто подтянуть знания, кому-то подготовиться к поступлению на химический факультет. И во всех случаях эта методика работает! Очень благодарен автору.

*Виталий, репетитор по химии,
Москва*

Пока что не встретила более понятных пособий по химии. Учусь в 11 классе, готовлюсь поступать в вуз. Нравится то, что в книгах очень много заданий и упражнений для самопроверки.

*Мария, школьница,
Воронеж*

Нужно было подтянуть сына по химии, так как этот предмет совсем никак ему не давался. У меня в школе тоже были сложности с освоением этого предмета. Хотелось наконец-то ее понять и помочь сыну. Могу с уверенностью сказать, что, какой бы ни была ваша подготовка, вы сможете понять и полюбить химию благодаря методике автора!

*Екатерина, домохозяйка,
Хабаровск*



Е. Н. Френкель

Органическая **ХИМИЯ** Самоучитель

Эффективная методика,
которая поможет сдать экзамены
и понять химию

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 Ефим Эликович,
кандидат химических наук, профессор
(кафедра химии Вольского военного института
материального обеспечения)

Френкель, Евгения Николаевна.

Ф86 Органическая химия. Самоучитель. Эффективная методика, которая поможет сдать экзамены и понять химию / Е. Н. Френкель. — Москва : Издательство АСТ, 2018. — 413, [1] с. — (Средняя и старшая школа. Лучшие методики обучения).

ISBN 978-5-17-092232-1

Самоучитель основан на методике, которую автор с успехом использует более 20 лет. С помощью этой методики множество школьников смогли поступить на химические факультеты и в медицинские вузы. Самоучитель особенно полезен ученикам 11 класса, которые повторяют органическую химию, а также тем, кто готовится к ЕГЭ по химии и хочет получить отличную оценку на экзаменах.

Встретившись со сложными вопросами, которые вызывают затруднения, вы сразу же получите помощь в виде комментариев, объяснений, примеров. В конце каждой главы приводятся проверочные задания и упражнения для закрепления материала.

Книга в доступной форме позволяет понять этот интересный и сложный предмет, а выпускникам — подготовиться к ЕГЭ.

Книга будет полезна родителям, которые заботятся об образовании детей, репетиторам, студентам и преподавателям и всем, кто хочет понимать химию, и, конечно же, всем школьникам.

ISBN 978-5-17-092232-1

© Френкель Е. Н., 2017
© ООО «Издательство АСТ», 2018

Оглавление

От автора	11
-----------------	----

РАЗДЕЛ 1. УГЛЕВОДОРОДЫ	14
-------------------------------------	-----------

Глава 1. Основные понятия органической химии	14
---	-----------

1.1. Предмет органической химии. Теория строения органических веществ	14
1.2. Особенности строения органических соединений	19
1.3. Классификация органических соединений	22
1.4. Формулы органических соединений	23
1.5. Изомерия	25
1.6. Гомологи	27
1.7. Названия углеводородов. Правила международной номенклатуры	29
Выводы по главе 1	36
Вопросы и упражнения к главе 1	37
Задания ЕГЭ	38

Глава 2. Алканы	39
------------------------------	-----------

2.1. Понятие об алканах	39
2.2. Гомологический ряд, изомерия, номенклатура	39
2.3. Строение молекул	40
2.4. Свойства алканов	42
2.5. Получение и применение алканов	48
2.6. Циклоалканы	50
2.7. Задачи по теме «Количественный состав смесей»	54
2.8. Задачи на установление формулы вещества	59
2.9. Задачи, в которых учитывается «выход» полученного вещества	67
Выводы по главе 2	68

Вопросы и упражнения к главе 2	69
Задания ЕГЭ	70
Глава 3. Алкены	76
3.1. Понятие об алкенах. Гомологический ряд, изомерия, номенклатура	76
3.2. Строение молекул	78
3.3. Свойства алкенов	80
3.4. Составление уравнений окисления органических веществ методом электронно-ионных полуреакций	87
3.5. Получение и применение алкенов	91
Выводы по главе 3	93
Вопросы и упражнения к главе 3	94
Задания ЕГЭ	95
Глава 4. Алкины	100
4.1. Определение. Гомологический ряд, изомерия, номенклатура	100
4.2. Строение молекул	101
4.3. Свойства алкинов	103
4.4. Получение и применение ацетилена	108
Выводы по главе 4	109
Вопросы и упражнения к главе 4	110
Задания ЕГЭ	111
Глава 5. Алкадиены (диены)	117
5.1. Определение. Гомологический ряд, изомерия, номенклатура	117
5.2. Строение молекул	118
5.3. Свойства алкадиенов с сопряжёнными связями	120
5.4. Получение и применение сопряжённых диенов	123
Выводы по главе 5	125
Вопросы и упражнения к главе 5	126
Задания ЕГЭ	127

Глава 6. Ароматические углеводороды. Арены	129
6.1. Понятие об ароматических углеводородах	129
6.2. История открытия бензола. Строение молекулы	129
6.3. Гомологический ряд, изомерия, номенклатура	134
6.4. Свойства бензола.	137
6.5. Свойства гомологов бензола	140
6.6. Получение бензола и его гомологов.	147
Выводы по главе 6 (6.1–6.6).	150
Вопросы и упражнения к главе 6 (6.1–6.6)	151
Задания ЕГЭ	152
6.7. Типы и механизмы химических реакций в органической химии (на примере углеводородов)	159
Задания ЕГЭ	170
Выводы по разделу	173
 РАЗДЕЛ 2. ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ	176
Глава 7. Спирты	178
7.1. Определение.	178
7.2. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия	180
7.3. Строение молекул	182
7.4. Свойства одноатомных спиртов	183
7.5. Получение и применение спиртов (на примере этанола)	189
7.6. Многоатомные спирты.	192
7.7. Свойства фенолов (взаимное влияние атомов в молекуле)	196
Выводы по главе 7	203
Вопросы и упражнения к главе 7	204
Задания ЕГЭ	207
 Глава 8. Альдегиды и кетоны	214
8.1. Определение.	214
8.2. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия	214

8.3. Строение молекул	217
8.4. Свойства альдегидов	218
8.5. Получение и применение альдегидов и кетонов	226
Выводы по главе 8	228
Вопросы и упражнения к главе 8	229
Задания ЕГЭ	231
Глава 9. Карбоновые кислоты.	234
9.1. Определение	234
9.2. Гомологический ряд, номенклатура, изомерия	236
9.3. Строение молекул	238
9.4. Свойства кислот	240
9.5. Получение и применение кислот	248
Выводы по главе 9	251
Вопросы и упражнения к главе 9	252
Задания ЕГЭ	255
Глава 10. Сложные эфиры. Жиры	260
10.1. Понятие о сложных эфирах	260
10.2. Номенклатура сложных эфиров	263
10.3. Свойства сложных эфиров	265
10.4. Понятие о жирах, их классификация и номенклатура	268
10.5. Свойства жиров	271
Выводы по главе 10	273
Вопросы и упражнения к главе 10	274
Задания ЕГЭ	275
Глава 11. Углеводы.	279
11.1. Понятие об углеводах	279
11.2. Строение молекул, изомерия моносахаридов	281
11.3. Свойства моносахаридов	284
11.4. Дисахариды. Сахароза	287

11.5. Полисахариды. Крахмал и целлюлоза	289
Выводы по главе 11	294
Вопросы и упражнения к главе 11	295
Задания ЕГЭ	296
Глава 12. Азотсодержащие соединения	300
12.1. Амины	300
12.2. Аминокислоты	308
12.3. Структура белков	314
12.4. Свойства белков	319
Выводы по главе 12	322
Вопросы и упражнения к главе 12	323
Задания ЕГЭ	325
Глава 13. Галогенпроизводные органических соединений	333
13.1. Способы получения	333
13.2. Применение галогенпроизводных для синтеза органических соединений	335
Задания ЕГЭ	337
Выводы по разделу	340
РАЗДЕЛ 3. ХИМИЯ В НАШЕЙ ЖИЗНИ...	341
Глава 14. Состав пищевых продуктов	341
14.1. Жиры	342
14.2. Углеводы	347
14.3. Белки	354
14.4. Витамины	357
Выводы по главе 14	361
Глава 15. Пищевые добавки	362
15.1. Консерванты	362
15.2. Антиоксиданты	365
15.3. Эмульгаторы	367
15.4. Красители	368

Глава 16. Высокомолекулярные соединения (ВМС).	
Полимеры.	369
16.1. Понятие о полимерах	369
16.2. Классификация полимеров. Способы получения	370
16.3. Свойства и применение полимеров	374
16.4. Волокна и ткани	386
Выводы по главе 16	394
Вопросы и упражнения к главе 16	396
Задания ЕГЭ	396
Глава 17. Химия стирки	398
17.1. Поверхностно-активные вещества (ПАВы)	398
17.2. Моющие средства	401
Упражнения для повторения	407
Литература	414

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 учебнике. Эта книга **объясняет и учит**, особенно если вы не можете или стесняетесь обратиться за разъяснениями к учителю.

Самоучитель имеет два уровня сложности. Самоучитель первого уровня сложности издан одной книгой: *Химия. Самоучитель. Книга для тех, кто хочет сдать экзамены, а также понять и полюбить химию (Е. Н. Френкель, «Издательство АСТ», 2017)*. В дальнейшем, если у Вас будут возникать затруднения, я буду ссылаться на эту книжку, именуя её «Химия. Самоучитель (1-й уровень)» или «Самоучитель 1». А чтобы таких затруднений не было, желательно вначале ознакомиться именно с ней, а затем изучать аналогичный раздел Самоучителя второго уровня, который объясняет многие правила и алгоритмы, изложенные в Самоучителе 1.

Предлагаемая вам книга — третья часть Самоучителя второго уровня сложности (Самоучитель 2—3). Главы в ней расположены в той же последовательности, что и в Самоучителе 1. Но если в Самоучителе 1 объясняли, как составить формулу, написать уравнение реакции, то в Самоучителе 2 отвечают на вопросы «почему». Кроме того, в нём показана чёткая связь между понятиями:

строение молекулы → свойства вещества

Кроме того, в этой книге появились главы, где показано, как проявляются или применяются на практике эти знания химии, а также глава 6.7 *Типы и механизмы химических реакций в органической химии (на примере углеводов)* и глава 13 *Галогенпроизводные органических соединений*.

Самоучитель рассчитан на *самостоятельную* работу ученика. Главное, чтобы вы *отвечали* по ходу чтения на те *вопросы и задания*, которые встречаются в тексте, в том числе и *задания ЕГЭ*. Если вы не смогли ответить на вопрос, читайте внимательнее ещё раз: все ответы имеются рядом. В тексте пособия есть главы (2.7–2.9), в которых объясняется, как решать задачи повышенной сложности. При решении этих задач, как и в предыдущих книгах Самоучителя, объёмы реагирующих газов являются парциальными и измерены при н. у. Кроме того, особое внимание уделяется анализу заданий ЕГЭ 30, 32, 34 и других, где рассматриваются свойства органических веществ.

По ходу изложения материала и в конце каждой главы имеются упражнения, вопросы и задания, которые проверяют степень усвоения предложенного материала. Если вы смогли, не подглядывая в текст главы, ответить на эти вопросы, сделать все упражнения, — замечательно. В противном случае ещё раз перечитайте главу. Во многих главах пособия рассматриваются способы решения некоторых типов задач и заданий, которые встречаются во второй части ЕГЭ.

В любом случае при подготовке к ЕГЭ, используя соответствующие пособия с выборочными ответами, рекомендуется ответить на поставленный вопрос, выписать номера правильных ответов или сам правильный ответ, а потом только сверить их с правильными ответами, которые даны в пособии. В этом случае

вы будете готовы к ЕГЭ, даже если исчезнут выборочные ответы, как планируют организаторы экзамена.

Самоучитель второго уровня состоит из трёх книг:

- **Общая химия. Самоучитель. Эффективная методика, которая поможет сдать экзамены и понять химию (Самоучитель 2-1);**
- **Неорганическая химия. Самоучитель. Эффективная методика, которая поможет сдать экзамены и понять химию (Самоучитель 2-2);**
- ***Органическая химия. Самоучитель. Эффективная методика, которая поможет сдать экзамены и понять химию (Самоучитель 2-3) — данная книга.***

Желаю успехов!

Раздел 1.

УГЛЕВОДОРОДЫ

Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

1.1. Предмет органической химии. Теория строения органических веществ

Органическая химия изучает строение молекул и свойства соединений углерода, кроме самых простых (угарный газ, угольная и синильная кислоты и их соли).

Органические вещества известны людям с давних пор. Ещё в древности люди использовали уксус, мёд, животные и растительные жиры, красящие и душистые вещества. Все эти вещества выделялись из живых *организмов*. Поэтому такие соединения стали называться *органическими*, а раздел химии, который изучал вещества, образующиеся в результате жизнедеятельности живых организмов, получил название «органическая химия». Это определение было дано шведским учёным Берцелиусом* в 1827 году.

В настоящее время мы используем множество органических соединений, которые никогда не встречались в природе и не входят в состав живых организ-

* **БЕРЦЕЛИУС Йенс Якоб** (20.08.1779–7.08.1848) — выдающийся шведский химик. Ввёл современное обозначение химических элементов (1814) и первые формулы химических соединений (1817–1830), развил представление об изомерии (1830–1835) и аллотропии (1841), ввёл понятие о катализе.

мов. К ним относятся взрывчатые вещества, многие лекарства, красители, искусственные и синтетические полимеры. Что объединяет эти, столь разные по свойствам, вещества? Для того чтобы ответить на этот вопрос, нужно ознакомиться с особенностями строения органических веществ.

Уже первые исследователи органических веществ отмечали особенности этих соединений. *Во-первых, все* вещества, выделенные из живых организмов, при сжигании образовывали углекислый газ, а это означает, что *все* они содержали атомы углерода. *Во-вторых*, эти соединения имели более сложное строение, чем минеральные (неорганические) вещества. *В-третьих*, возникали серьёзные затруднения, связанные со способами получения и очистки этих соединений. Полагали даже, что органические соединения невозможно получить без участия «жизненной силы», которая присуща только живым организмам, то есть органические соединения нельзя, казалось, получить искусственно.

К середине XIX века были получены искусственно мочеви́на (1828, Вёлер*), уксусная кислота (1845, Кольбе**), жиры (1854, Бертло***) и сахаристые вещества

* **ВЁЛЕР Фридрих** (31.07.1800–23.09.1882) — немецкий химик. Первым получил органическое вещество из неорганического, доказав, что органическое вещество можно получить (мочевину) без всякой «жизненной силы».

** **КОЛЬБЕ Адольф Вильгельм Герман** (27.09.1818–25.11.1884) — немецкий химик-органик, ученик Ф. Вёлера. Высказал предположение о четырёхвалентности углерода вместе с Кекуле. Был явным противником теории химического строения (!) и стереохимии.

*** **БЕРТЛО Пьер Эжен Марселен** (25.10.1827–18.03.1907) — выдающийся французский химик и государственный деятель, в 1895-м — министр иностранных дел Франции. Основоположник синтетического направления в органической химии. Доказал, что «органическая химия не нуждается в жизненной силе». Основоположник термохимии, ввёл понятие об экзотермических и эндотермических реакциях.

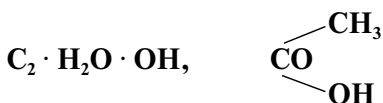
(1861, Бутлеров*). Поэтому теория «жизненной силы» потерпела крах.

При исследовании состава получаемых или синтезированных органических соединений были обнаружены вещества одинакового молекулярного состава, но различные по свойствам. Такое явление для неорганических веществ нехарактерно: если для неорганического вещества известен состав, то известны его свойства.

Вопрос. Какими свойствами обладают H_2SO_4 ; $\text{Ca}(\text{OH})_2$?

А химики-органики обнаружили, например, что вещество состава $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ у одних исследователей является достаточно инертным газом, а у других — жидкостью, активно вступающей в разнообразные реакции. Как это объяснить?

Кроме того, даже для простейших органических соединений предлагалось несколько формул. Так, для уксусной кислоты *Кекуле*** предлагал *восемь* формул, например:



Состояние органической химии этого периода Вёлер в письме Берцелиусу (1835 г.) определил так: «Органическая химия в настоящее время может кого угод-

* **БУТЛЕРОВ Александр Михайлович** (15.09.1828—17.08.1886) — выдающийся русский химик, создатель теории химического строения органических веществ (1861), заложил основы учения о таутомерии (1862).

** **КЕКУЛЕ Фридрих Август** (7.09.1829—13.07.1896) — немецкий химик-органик. Первым высказал мысль о «валентности» (1857), предложил циклическую структурную формулу бензола (1865).

но свести с ума, ... она представляется мне дремучим лесом ... без выхода, без конца».

К середине XIX века было создано немало теорий, авторы которых пытались объяснить эти и другие особенности органических соединений. Одной из таких теорий стала *теория химического строения органических веществ Бутлерова*. Некоторые её положения были изложены автором в 1861 году на конференции в г. Шпейере, другие были сформулированы позже в научных работах А. М. Бутлерова. В целом, *основные положения этой теории* в современном изложении можно сформулировать так.

1. Атомы в молекулах располагаются в определённой последовательности, согласно их валентности. Атом углерода в органических молекулах имеет *постоянную валентность равную четырём*.

2. Порядок соединений атомов в молекуле и характер химических связей между ними называется *химическим строением* данного вещества.

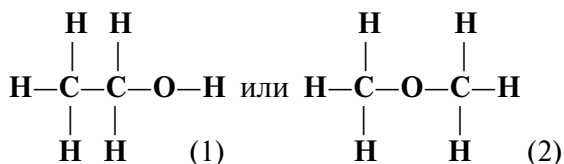
3. *Свойства органических соединений зависят* не только от того, какие атомы и в каких количествах входят в состав молекулы, но, *в первую очередь, от химического строения*:

- вещества *разного* строения имеют *разные* свойства;
- вещества *похожего* строения имеют *похожие* свойства.

4. Изучая свойства органических соединений, можно сделать вывод о строении данного вещества и описать это строение *одной-единственной* химической формулой. Зная строение данного вещества, можно предсказать не только *все* его свойства, но и свойства аналогичных по строению веществ.

5. Атомы в молекуле взаимно влияют друг на друга.

Сам Бутлеров ключевым положением своей теории считал четвёртый пункт, который говорит о том, *что органические соединения познаваемы*. Рассмотрим это положение на примере вещества состава C_2H_6O . Действительно, согласно первому положению, эти атомы можно расположить двумя способами:



Эксперимент показывает, что одно из этих веществ является достаточно инертным газом, который не реагирует с натрием, а другое — жидкость, активно реагирующая с натрием с выделением водорода.

Вопрос. Какое из этих двух веществ может реагировать с натрием? За счёт разрыва какой связи?

Если предположить, что выделение водорода происходит за счёт разрыва связи $C-H$, то это предположение неверно, т. е. такие связи есть в обеих молекулах. Значит, должна разорваться связь $O-H$, которая имеется только в соединении **(1)**. Сделав это заключение, можно сделать вывод о том, что, возможно, любое органическое вещество, содержащее группу OH , будет реагировать с натрием, выделяя водород.

Таким образом, изучив только одно вещество данного гомологического ряда, можно перенести эти знания на все остальные гомологи, т. е. предположить и предсказать, какими свойствами будут обладать ещё неоткрытые вещества похожего строения. В этом смысле ключевым положением теории Бутлерова является третье положение:

свойства органических соединений зависят в первую очередь от их химического строения.

При изучении органической химии нужно чаще вспоминать это положение и, прежде чем описывать свойства какого-либо вещества, следует указать его строение при помощи химической формулы, в которой будет показан порядок соединения атомов в молекуле (*графическая формула*). Такие формулы появились в научной литературе в XIX веке*.

Мощным импульсом развития органической химии была созданная Вант-Гоффом** и Ле Бёлем*** в 1874 г. теория пространственного расположения связей, образуемых атомами углерода. На основе этой теории развилась *стереохимия* — наука о трёхмерной ориентации атомов в молекулах и вытекающих из этого следствиях, касающихся свойств соединений.

1.2. Особенности строения органических соединений

В настоящее время известно более **20 миллионов органических соединений**, в то время как **неорганических веществ не более 700 тысяч**.

* Изображение молекул при помощи чёрточек, обозначающих пару электронов, после **Ф. КЕКУЛЕ** предложил американский химик **Гилберт Ньютон ЛЬЮИС** (23.10.1875–23.03.1946), который в 1916 г. дал первое удовлетворительное объяснение электронной природы неполярной химической связи.

** **ВАНТ-ГОФФ Якоб Хендрик** (30.08.1852–1.03.1911) — голландский химик, один из основателей физической химии и стереохимии, установил зависимость скорости химической реакции от температуры. Лауреат Нобелевской премии по химии № 1 (1901).

*** **ЛЕ-БЁЛЬ Жозеф Ашиль** (24.01.1847–6.08.1930) — французский химик. Одновременно с Вант-Гоффом сформулировал (1874) теорию пространственного расположения атомов в молекулах органических соединений.

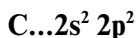
Этот факт кажется странным, поскольку в состав неорганических соединений могут входить *любые* из 114 известных в настоящее время химических элементов, а в состав органических молекул обычно входят атомы 6 химических элементов:



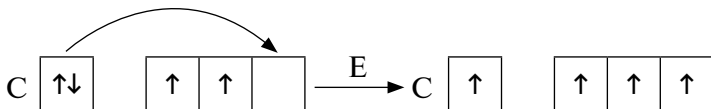
Почему органических веществ так много?

Поскольку в состав любого органического соединения входит атом углерода, попробуем найти ответ на этот вопрос, рассмотрев особенности строения атома углерода.

Углерод — элемент 2-го периода, IV группы периодической системы, следовательно, строение его атома можно изобразить так:



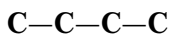
Таким образом, на внешнем уровне атома углерода находится **четыре** электрона. Как было показано ранее, в возбуждённом состоянии атом углерода имеет четыре неспаренных электрона:



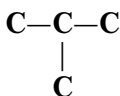
Поэтому атом углерода в органических соединениях всегда **четырёхвалентен**. Кроме того, атомы углерода способны соединяться друг с другом, образуя **цепи** различной длины и строения. В состав углеродных цепочек может входить разное число атомов углерода: от одного до нескольких тысяч. Атомы углерода соединяются друг с другом и с другими атомами при помощи прочной ковалентной связи.

Если предположить, что органические соединения состоят только из атомов углерода и водорода, то и в этом случае цепь могла быть теоретически бесконечно длинной: всегда к цепочке можно присоединить ещё один атом.

Таким образом, именно этот факт — в основе любого органического соединения лежит цепочка атомов углерода (углеродный скелет) — уже объясняет многообразие органических соединений. Кроме того, цепочки могут иметь разное строение:



линейное

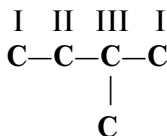


разветвлённое

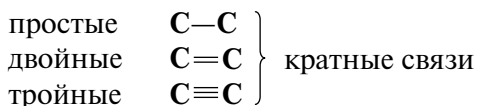


циклическое

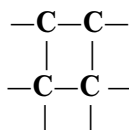
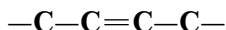
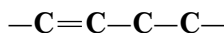
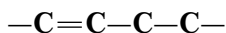
Атомы углерода разветвлённой цепи образуют неравноценные связи с другими (даже одинаковыми) атомами. Так, концевые атомы углерода, имеющие одну С—С связь, называются *первичными* (I); атомы, имеющие две такие связи, — вторичные атомы углерода (II). Третичный атом (III) находится в точке разветвления, где возникают три С—С связи:



Между атомами углерода могут возникать химические связи разного типа:



Поэтому только четыре (!) атома углерода могут образовать более 10 соединений разного строения, даже если в состав таких соединений будут входить только атомы углерода и водорода. Эти соединения будут иметь, например, следующие углеродные «скелеты»:



и другие.

ЗАДАНИЕ 1.1. Попробуйте составить сами 2–3 цепочки, состоящие из 4 атомов углерода, иного строения.

Вывод. Способность атомов углерода образовывать углеродные цепи разного состава и строения — главная причина многообразия органических соединений.

1.3. Классификация органических соединений

Поскольку органических соединений очень много, их можно и нужно классифицировать по разным признакам:

- *по строению углеродной цепи* — линейные, разветвленные, циклические соединения;
- *по составу* — углеводороды, кислородсодержащие соединения, азотсодержащие соединения и другие.

В данном разделе будут рассмотрены углеводороды — вещества, состоящие из атомов только двух химических элементов: *углерода и водорода*. Поэтому в данной главе мы будем рассматривать принципы

номенклатуры (составления названий) только углеводородов. В частности, углеводороды можно разделить на две большие группы:

- по составу — *предельные и непредельные соединения*.

Предельные углеводороды содержат *максимально возможное (предельное)* число атомов водорода в молекуле. Состав таких молекул всегда соответствует формуле C_nH_{2n+2} (при $n = 1, 2, 3, \dots$), соответственно, все остальные вещества, содержащие меньшее число атомов водорода в молекуле, являются *непредельными* соединениями.

Предельные и непредельные соединения различаются по типу химической связи: у предельных углеводородов встречаются только *прочные одинарные σ -связи (сигма-связи)*, а у непредельных возможны ещё и как *прочные ароматические* связи, так и *непрочные π -связи (пи-связи)*. Непрочные π -связи входят в состав *кратных связей* (двойных или тройных). Поскольку строение (тип химической связи) определяет свойства, то именно эта классификация является определяющей. Итак,

- по типу химической связи — *углеводороды делят на предельные, непредельные (в том числе и с кратными связями) и ароматические*.

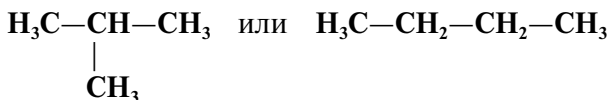
В конце этого раздела будет показано, как тип химической связи определяет тип химической реакции и реакционную способность вещества.

1.4. Формулы органических соединений

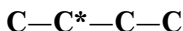
Формулы органических соединений можно изображать по-разному. Состав молекулы отражает *молекулярная (эмпирическая) формула*:



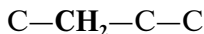
Но эта формула не показывает расположения атомов в молекуле, т. е. строения вещества. А в органической химии это понятие (строение вещества) — самое главное! Последовательность соединения атомов в молекуле показывает *графическая (структурная) формула*. Например, для вещества строения C_4H_{10} можно написать *две* такие формулы:



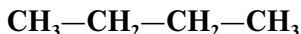
Можно показывать все химические связи (см. Самоучитель 1), но далеко не всегда это нужно. Если вы хотите составить графическую формулу для бутана — ничего сложного нет, нужно только уметь считать до четырёх. Изобразив углеродный «скелет», задать себе вопрос: сколько валентностей (чёрточек) имеет данный атом (*)?



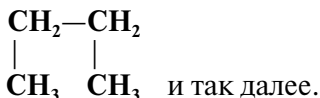
Две. Значит, нужно к нему добавить 2 атома водорода:



Следует помнить, что графические формулы можно записывать по-разному. Например, графическую формулу бутана можно записать так:



или так:



Поскольку последовательность расположения атомов не нарушилась, то это формулы *одного и того же соединения (!)*. Проверить себя можно, составив названия этих соединений (см. гл. 1.7). *Если правильные названия двух веществ совпадают, то это — одинаковые вещества.*

1.5. Изомерия

К середине XIX века, когда было получено и изучено достаточно много органических соединений, химики-органики обнаружили непонятное явление: совершенно *разные* по физическим и химическим свойствам вещества имеют *одинаковую* молекулярную формулу! Почему? Ответ на этот вопрос можно получить при помощи теории строения органических соединений Бутлерова, одно из положений которой утверждает: *химические свойства соединений зависят от строения молекул этих соединений.*

Существование соединений, которые имеют одинаковый состав, но разное строение, а значит и свойства, называется *изомерией*.

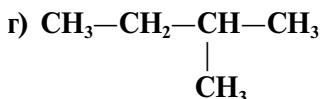
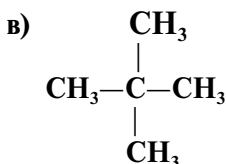
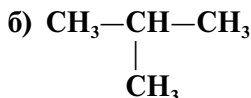
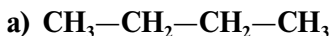
ИЗОМЕРЫ — это соединения, которые имеют одинаковый состав, но *разное* строение, а значит и *разные* свойства.



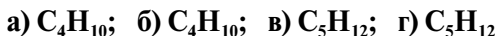
Поэтому молекулы органических соединений следует изображать при помощи графических (структурных) формул, так как в этом случае будет видно *строе-*

ние изучаемого вещества, а значит, будет видно, как и за счёт чего происходит химическая реакция.

Упражнение 1.1. Среди следующих соединений найдите изомеры:



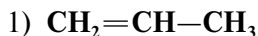
Решение. Поскольку изомеры имеют одинаковый состав, определим состав (молекулярные формулы) всех этих соединений, т. е. пересчитаем число атомов углерода и водорода:

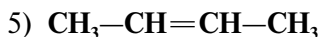
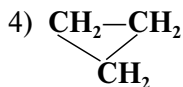
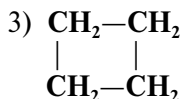


Ответ. Соединения (а) и (б) изомерны друг другу, так как имеют одинаковый состав C_4H_{10} , но различное химическое строение (определили визуально).

Соединения (в) и (г) изомерны друг другу, так как имеют одинаковый состав C_5H_{12} , но различное химическое строение.

ЗАДАНИЕ 1.2. Среди следующих соединений найдите изомеры:

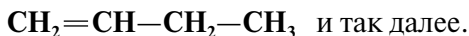
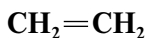




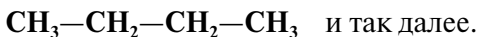
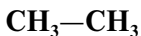
1.6. Гомологи

Из того же положения теории строения органических соединений Бутлерова следует, что вещества, имеющие *похожее* (сходное) строение молекул должны иметь и *похожие* (сходные) свойства.

Органические соединения, которые имеют похожее строение, а значит и похожие свойства, образуют *гомологические ряды*. Например, нециклические углеводороды, в составе молекул которых есть только *одна двойная связь*, образуют гомологический ряд *алкенов*:



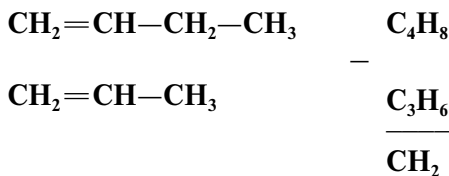
Нециклические углеводороды, в молекулах которых имеются *только простые связи*, образуют гомологический ряд *алканов*:



Члены гомологического ряда называются *гомологами*.

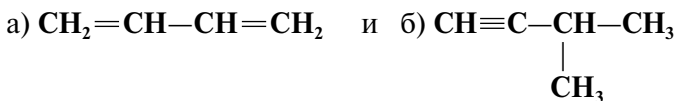
Гомологи — это органические соединения, которые похожи по строению и значит, по свойствам. Гомологи отличаются друг от друга **по составу** на группу CH_2 или $(\text{CH}_2)_n$.

Убедимся в этом на примере гомологического ряда алкенов:



ЗАДАНИЕ 1.3. Сравните состав членов гомологического ряда алканов (гомологов алканов) и убедитесь, что по составу они отличаются на группу CH_2 или $(\text{CH}_2)_n$.

Следует отметить, что в определении понятия «гомологи» главными словами являются слова «похожие по строению». Если только определять молекулярные формулы предполагаемых гомологов, легко сделать ошибку. Например, следует установить, являются ли гомологами вещества:



Определим состав этих соединений: а) C_4H_6 ; б) C_5H_8 . Легко видеть, что этот состав отличается на гомологическую разность CH_2 . Тем не менее это не гомологи, поскольку явно имеют разное строение: у вещества (а) две двойные связи, а в веществе (б) — одна тройная связь. Значит, если нужно найти гомологи, нужно сначала убедиться в сходстве строения и только потом

определить состав. Если он совпадёт — это *изомеры*, а если не совпадёт (отличаются на гомологическую разность) — это *гомологи*.

1.7. Названия углеводородов.

Правила международной номенклатуры

Для того чтобы понимать друг друга, нужен язык. Люди говорят на разных языках и не всегда понимают друг друга. Химики же, для того чтобы понимать друг друга, пользуются одним и тем же международным языком. Основу этого языка составляют названия соединений (номенклатура).

Правила номенклатуры (названий) органических соединений были приняты в 1965 году. Они называются правилами ИЮПАК (IUPAC).

За основу названий органических соединений принимаются названия гомологов-алканов:

CH_4	—	МЕТан
C_2H_6	—	ЭТан
C_3H_8	—	ПРОПан
C_4H_{10}	—	БУТан*
C_5H_{12}	—	ПЕНТан*
C_6H_{14}	—	ГЕКСан*

В этих названиях **корни** слов (выделены прописными буквами: **МЕТ-**, **ЭТ-**, **ПРОП-** и так далее) указывают на *число атомов углерода* в главной цепи:

МЕТ	—	один атом углерода,	
ЭТ	—	два атома углерода,	
ПРОП	—	три атома углерода	и так далее.

* — для этих соединений имеется в виду, что они имеют линейное (нормальное) строение.