

ПРЕДИСЛОВИЕ

Органические соединения, являющиеся объектом изучения органической химии, в основном состоят из четырёх химических элементов: углерода, водорода, кислорода и азота. Но хотя набор составляющих элементов и ограничен, они образуют огромное количество органических соединений с разнообразными свойствами благодаря своей способности формировать особые, не характерные для других элементов, химические связи. Органические соединения — это и важные составляющие живых организмов, и питательные вещества, и многие лекарственные препараты. Для людей, работающих в самых разных сферах (биология, медицина, нефтепереработка и др.), органическая химия является базовой дисциплиной.

Живые организмы связывают атомы углерода и, добавляя к ним ограниченный набор типов атомов других элементов, таких как водород, кислород, азот, вырабатывают разнообразные органические соединения, необходимые для своей жизнедеятельности. Углерод — лишь один из более чем ста химических элементов, однако живая природа выбрала из всего этого множества именно его. Почему? Ответить на этот вопрос поможет органическая химия.

Чтобы изучать органическую химию, нужно иметь базовые знания об атомах и молекулах. Если вы знаете, из каких атомов состоят органические соединения, какими связями они образуются и понимаете причины этого, то сможете объяснить, например, различия в их растворимости и температуре кипения. Кроме того, вы сможете предугадать, какие молекулы и при каких условиях нужно заставить вступить в реакцию, чтобы с большой вероятностью получить желаемую молекулу. Другими словами, размышляя о свойствах атомов и молекул, вы не сводите органическую химию к простому зазубриванию названий соединений и формул химических реакций.

Данная книга ориентирована на читателей, которые освоили химию по крайней мере на уровне старшей школы. Если у вас есть соответствующая подготовка, то ознакомление с этой мангой не просто расширит спектр ваших знаний, но и позволит по-новому взглянуть на мир органической химии. Материал книги представлен в форме лекций для главного героя манги — студента-первокурсника. Доступно разъясняются основные подходы к пониманию органической химии; основное внимание уделено базовым идеям, например каким образом из атомов углерода образуются органические молекулы, почему органические соединения обладают определёнными свойствами (в частности, хорошо растворяются в воде или в жирах) и т. д. По этой причине большинство реакций органической химии, обычно изучаемых в базовых курсах, рассматриваться не будет. Чтобы по-настоящему по-



нять органическую химию, требуется не большой объём знаний, а понимание причин явлений. Кроме того, в разделах «Интересный факт» объясняются взгляды на объекты органической химии с точки зрения парфюмерной химии, которая является моей специальностью. Хотелось бы, чтобы после прочтения данной книги перед вами открылись просторы нового мира органической химии.

В заключение хочу поблагодарить коллектив издательства Ohmsha за возможность продолжительной работы над данной книгой. Выражаю искреннюю благодарность коллективу TREND PRO, создавшему замечательную мангу на основе моей рукописи, Макино Хироюки, отвечавшему за рисунки, Аоки Такэо и Отакэ Ясуси, написавшим сценарий. Кроме того, пользуясь случаем, я хочу поблагодарить Исии Акихико — профессора аспирантуры университета Саитама, который любезно согласился проверить мою рукопись.

Март 2014 г.
Тосио Хасэгава



СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЛОГ

МИССИОНЕР С ДРУГОЙ ПЛАНЕТЫ 1

ГЛАВА 1.

ОСНОВЫ ХИМИИ..... 11

- 1.1. Что такое химия?..... 12
- 1.2. Скелет молекулы органического соединения — атомы углерода 16
- 1.3. Строение атомов и химические связи между ними (строение молекул) 21

ГЛАВА 2.

ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ 41

- 2.1. Функциональные группы определяют свойства органических соединений 42
- 2.2. Наименование органических соединений 48

ГЛАВА 3.

СТРОЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ..... 63

- 3.1. Что такое изомеры?..... 64
- 3.2. Двумерная структура молекулы и её свойства (конфигурации)..... 72
- 3.3. Трёхмерная структура молекулы, зеркальный мир молекул (зеркальные изомеры) 76

ГЛАВА 4.

СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ..... 95

- 4.1. Водорастворимые и жирорастворимые вещества (гидрофильность и липофильность)..... 96
- 4.2. Причины различия температур кипения (межмолекулярное взаимодействие, поляризованные связи) 105
- 4.3. Кислоты и основания..... 117
- 4.4. Бензол — ароматическое соединение, имеющее структуру правильного шестиугольника..... 119



ГЛАВА 5.

РЕАКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ..... 133

- 5.1. Органические соединения в результате различных реакций превращаются в другие молекулы..... 134
- 5.2. Реакции углеводов 141
- 5.3. Реакции спиртов 152

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, ВХОДЯЩИЕ В ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ..... 185

- Основные органические соединения..... 186
- Белки 187
- Липиды 193
- Углеводы (сахара) 195
- Синтетические высокомолекулярные соединения..... 197

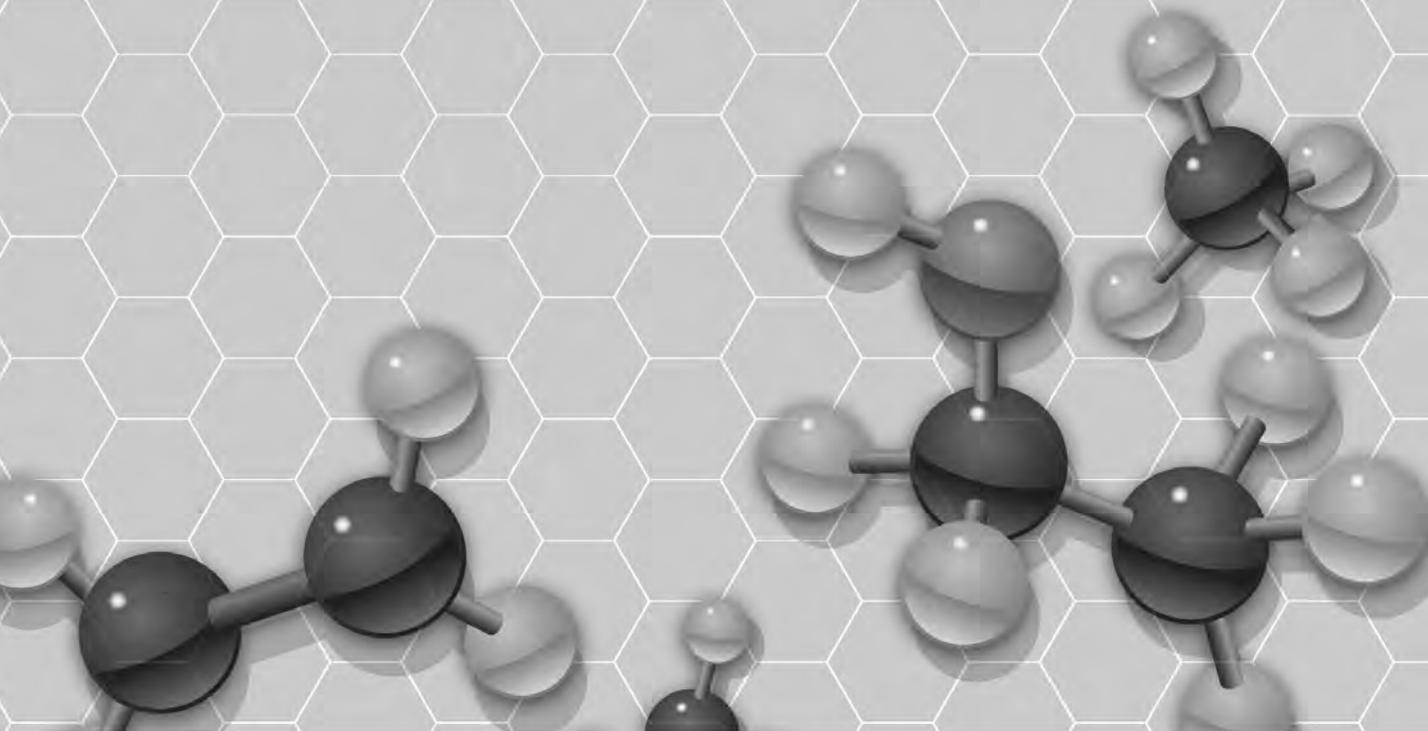
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

..... 199

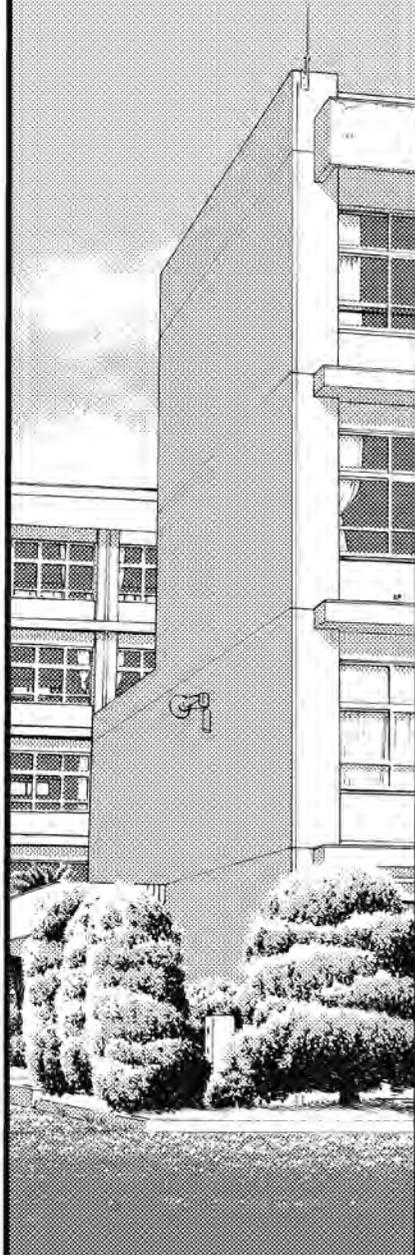
ПРОЛОГ



**МИССИОНЕР
С ДРУГОЙ ПЛАНЕТЫ**



Химический
факультет
университета



...ТАКИМ ОБРАЗОМ, ПОЛУЧАЮТСЯ
РАЗЛИЧНЫЕ ИЗОМЕРЫ,
ОТЛИЧАЮЩИЕСЯ ПОЛОЖЕНИЕМ
ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ ОТНОСИТЕЛЬНО
ДВОЙНОЙ СВЯЗИ...



ИТАК, ДВОЙНЫЕ,
А ТАКЖЕ ТРОЙНЫЕ СВЯЗИ...



НЕТ, ВСЁ.
РЕШИТЕЛЬНО НЕ СООБРАЖАЮ,
О ЧЁМ ОН ГОВОРИТ...



Студент 1-го курса
химического факультета
Кага Куниаки





НОАЗОМИ...

**СВОЙ
СИРЕНЬ!**



ОНА, НАВЕРНОЕ, ДАЖЕ НЕ ПОМНИТ, ЧТО МЫ УЧИЛИСЬ В ОДНОЙ СТАРШЕЙ ШКОЛЕ...



новинка **СЛАДОСТИ**

ЧТО БЫ КУПИТЬ НА ОБЕДА...



**ГАВ
ГАВ**



Эй!
ЭТО МОЯ ВЕТЧИНА!

ПОШЛА ВОН!
ШК! ШК!!

ГАВ



ГАВ

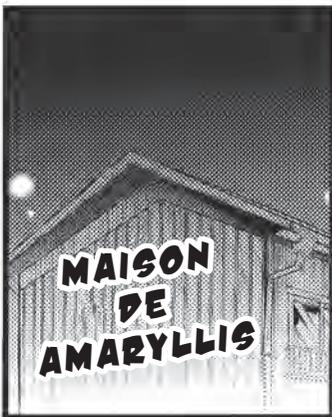
ДВОРЕЦ ПЕКТИНОВ



пьяный - ПОСРЕДИ БЕЛА АНЯ?..

МАГАЗИН

УЧИНИ





Я НЕ ПРЕСТУПНИК!
НЕ ПОДНИМАЙ ШУМА!



УФ-Ф... Я ЛЕТЕЛ
В ЭКСПЕДИЦИЮ,
НО НАШ КОСМИЧЕСКИЙ
КОРАБЛЬ ПОТЕРПЕЛ
ЗДЕСЬ АВАРИЮ.

ПОКА ОН В РЕМОНТЕ,
ПРИДЁТСЯ МНЕ
ПОБЫТЬ ЗДЕСЬ,
НА ЗЕМЛЕ!

А-ХА-

ХА-ХА



ОДНАКО...
ПО КАКОМУ ПРАВУ
ВЫ ПРОНИКЛИ
В МОЮ КОМНАТУ?

НУ КАК, ВЕРИШЬ ТЕПЕРЬ?



ДА Я ТОЛЬКО ЧТО В ОДИНОЧКУ СРАЖАЛСЯ
С ДВАДЦАТЬЮ КОСМИЧЕСКИМИ БАНДИТАМИ!
МНЕ НАДО БЫЛО ЗАЛЕЧИТЬ РАНЫ,
ВОТ Я И ЗАШЁЛ.

ЭХ...

ОГО, НУ И ХВАСТУН!



КСТАТИ,
ПОЧЕМУ В ТВОЕЙ КОМНАТЕ
ТАК МНОГО КНИГ
ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ
ХИМИИ?

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ.
БАЗОВЫЙ КУРС
НЗО ДЛЯ ЧАЙНИКОВ
ЧТО ТАКОЕ
УГЛЕВОДОРОДЫ?
ХИМИЯ
НА ПАЛЬЦАХ



ДА ЭТО Я В УНИВЕРСИТЕТЕ
ИЗУЧАЮ...

ТАК СЛОЖНО,
ЧТО Я НИ БУМ-БУМ...



ВОТ КАК?



НУ, ЭТО ОБЩАЯ ПРОБЛЕМА
ВСЕХ ЗУБРИЛ...

СТОЙ!
ОТДАЙ МОИ УЖИН!



...НЯМ-НЯМ... КСТАТИ,
ИНТЕРЕСНО, ИЗ ЧЕГО
СДЕЛАНА ЭТА
ЗАМЕЧАТЕЛЬНАЯ ЗАКУСКА
К РИСУ?



ЧТО?

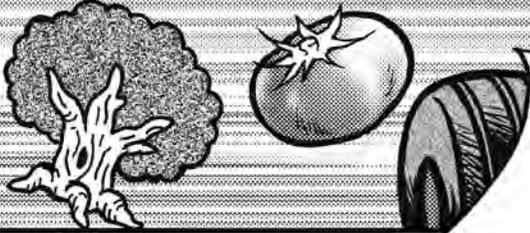
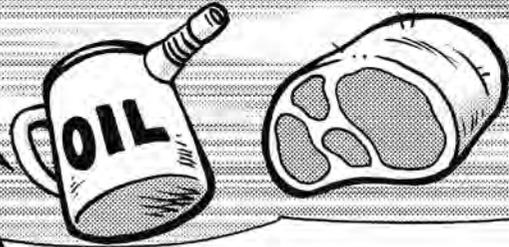


ВОТ С ТАКИХ РАЗМЫШЛЕНИЙ
И НАЧИНАЕТСЯ
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ.

ИК!

НАЧИНАТЬ ЛУЧШЕ
С ТОГО, ЧТО У ТЕБЯ
ПОД РУКОЙ.

ВОЗЬМЁМ, НАПРИМЕР, БЕНЗИН! НЕФТЬ!
РЕЗИНУ! ПЛАСТИК! ДЕРЕВО!



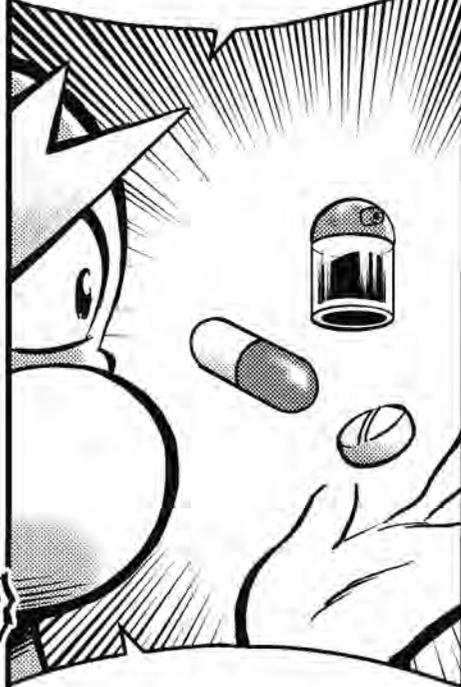
А ТАКЖЕ МОЛОКО! МЯСО! ОВОЩИ!
МНОЖЕСТВО РАЗЛИЧНЫХ ПРОДУКТОВ,
КОТОРЫЕ МЫ УПОТРЕБЛЯЕМ В ПИЩУ!

ДАЖЕ ЖИВОТНЫЕ И ЧЕЛОВЕК - ВСЁ ЭТО
ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ!!



КАК?!

НУ А КРОМЕ ТОГО, ХИМИКАТЫ,
ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ,
СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА...



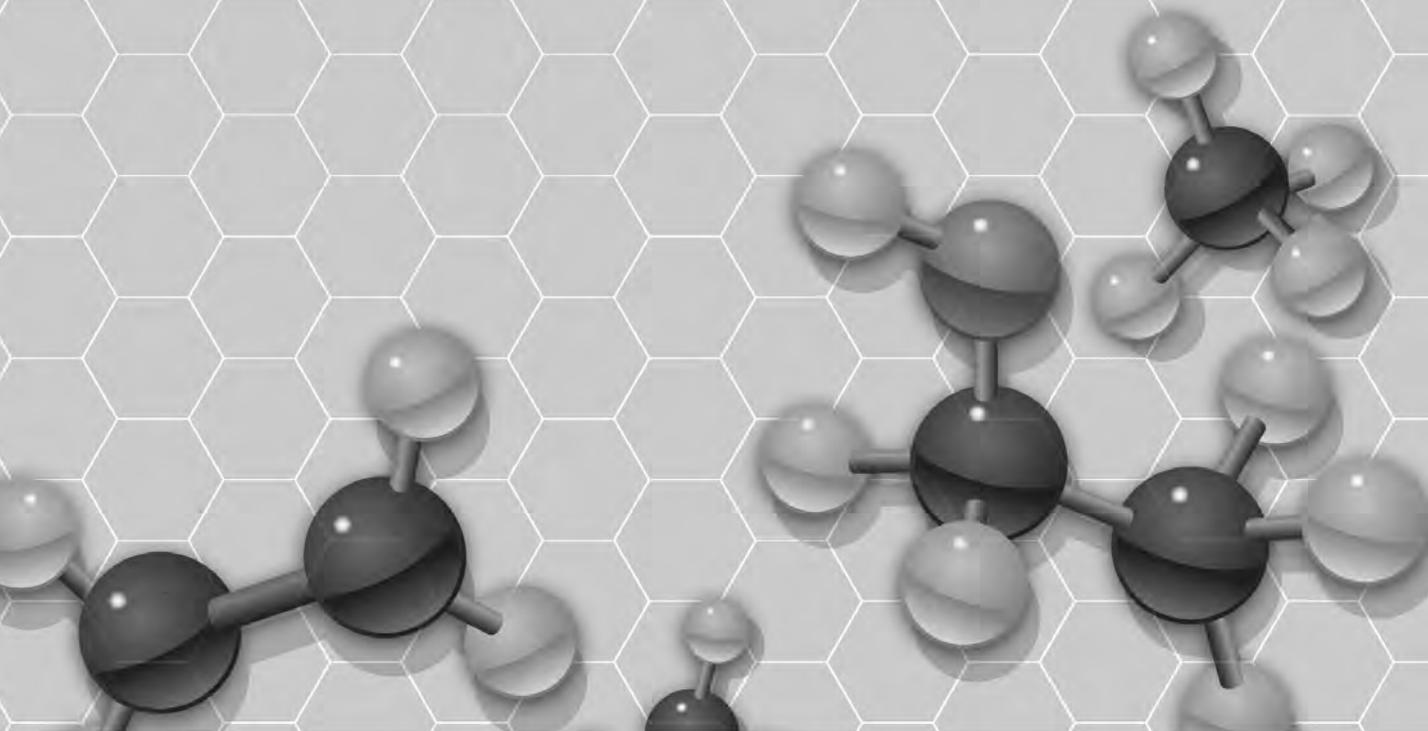
СОЗДАВ НОВЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ
СОЕДИНЕНИЯ, ЧЕЛОВЕК СДЕЛАЛ
СВОЮ ЖИЗНЬ УДОБНЕЙ
И БОГАЧЕ, НЕ ТАК ЛИ?



ГЛАВА

1

ОСНОВЫ ХИМИИ



1.1. ЧТО ТАКОЕ ХИМИЯ?



НУ ЧТО, КАГА-КУН,
НЕПЛОХО ЦЗРЕДКА ЗАВТРАКАТЬ
В КОМПАНИИ, ПРАВДА?

ЮКИМАН,
ТЫ СПЕЦИАЛИСТ
ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ?

ДА! СПРАШИВАЙ
О ЧЁМ ХОЧЕШЬ.

НУ, ДЛЯ НАЧАЛА...
ЧТО ЭТО ВООБЩЕ ТАКОЕ -
ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ?

ЧТО-О-О?!
ДА КАК ТЕБЕ НЕ СТЫДАНО!
ВЕДЬ ТЫ УЧИШЬСЯ
В ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ!

Э... ХЕ-ХЕ...
НУ, В ОБЩЕМ, ДА.

ХМ-М... ТЯЖЁЛЫЙ СЛУЧАЙ.
И ХИМИЯ, И ОРГАНИЧЕСКАЯ
ХИМИЯ ИНТЕРЕСНЫ ТЕМ,
КТО ХОТЬ ЧТО-ТО
В НИХ ПОНИМАЕТ.

ТАК! СЛУШАЕШЬ МЕНЯ?
НАЧНЁМ С ТОГО, ЧТО ХИМИЯ –
ЭТО НАУКА, ИЗУЧАЮЩАЯ, НАПРИМЕР,
СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ, РЕАКЦИИ И ТОМУ
ПОДОБНОЕ НА УРОВНЕ МОЛЕКУЛ.

В РАЗНЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ
НАУКАХ ИССЛЕДУЮТСЯ ОБЪЕКТЫ
РАЗНЫХ РАЗМЕРОВ.



НО И ХИМИЯ, В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ,
СОСТОИТ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ РАЗДЕЛОВ,
ОТЛИЧАЮЩИХСЯ, В ЧАСТНОСТИ,
МЕТОДАМИ ИССЛЕДОВАНИЯ...

Физическая химия	Исследование химических процессов с помощью физики
Аналитическая химия	Анализ веществ с помощью химии
Биологическая химия	Исследование живых организмов с помощью химии



...ИЛИ ЖЕ ОБЪЕКТАМИ
ИССЛЕДОВАНИЯ!

Органическая химия	Химия, изучающая органические соединения
Неорганическая химия	Химия, изучающая неорганические соединения

РАЗДЕЛ ХИМИИ,
ОБЪЕКТАМИ КОТОРОГО
ЯВЛЯЮТСЯ ОРГАНИЧЕСКИЕ
СОЕДИНЕНИЯ, НАЗЫВАЕТСЯ
ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИЕЙ.



ПЕРЕИДЁМ К КОНКРЕТИКЕ.
ВСЁ ЭТО -
ПРИМЕРЫ ОРГАНИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ!

ДАА?!



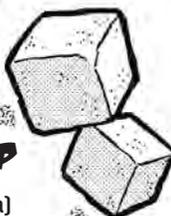
СПИРТНЫЕ НАПИТКИ

[этанол]



УКСУС

[уксусная
кислота]



САХАР

[сахароза]



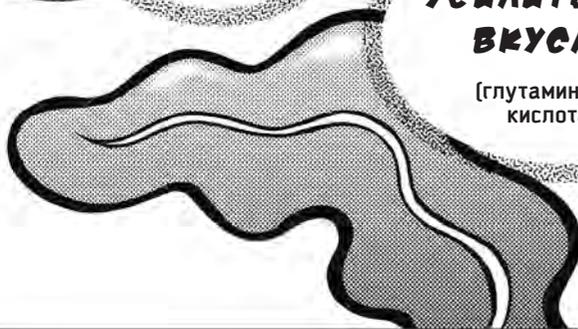
РАСТИТЕЛЬНЫЕ МАСЛА

[олеиновая
кислота]



СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

[нейлон]



УСИЛИТЕЛИ ВКУСА

[глутаминовая
кислота]



КОЖА, ВОЛОСЫ ИТ.П.

[белки]

НУ А ВОТ ПРИМЕРЫ
НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

ВОДА

H_2O

Fe

МЕТАЛЛЫ

Au



ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ

NaCl



C



АЛМАЗ

И ТАК ДАЛЕЕ,
И ТОМУ ПОДОБНОЕ...

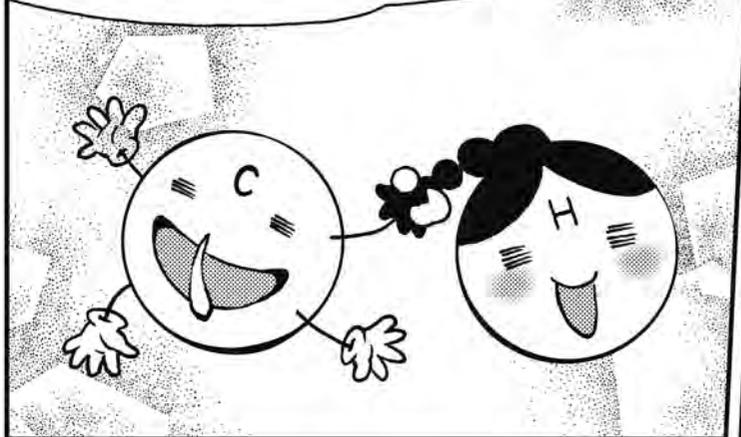
1.1. ЧТО ТАКОЕ ХИМИЯ?



* Игра слов: по-японски «желание» — «нодзоми». Так же зовут и возлюбленную Кага-куна. — Прим. перев.



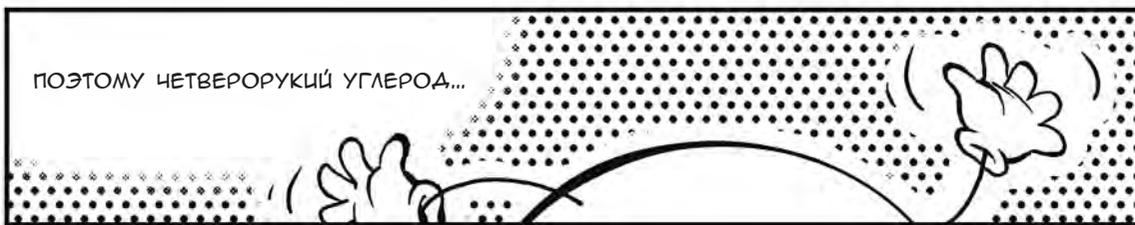
КАГА-КУН, ТЫ НЕ НАХОДИШЬ НИЧЕГО
НЕОБЫЧНОГО В ЭТОЙ СВЯЗИ
АТОМОВ УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА?



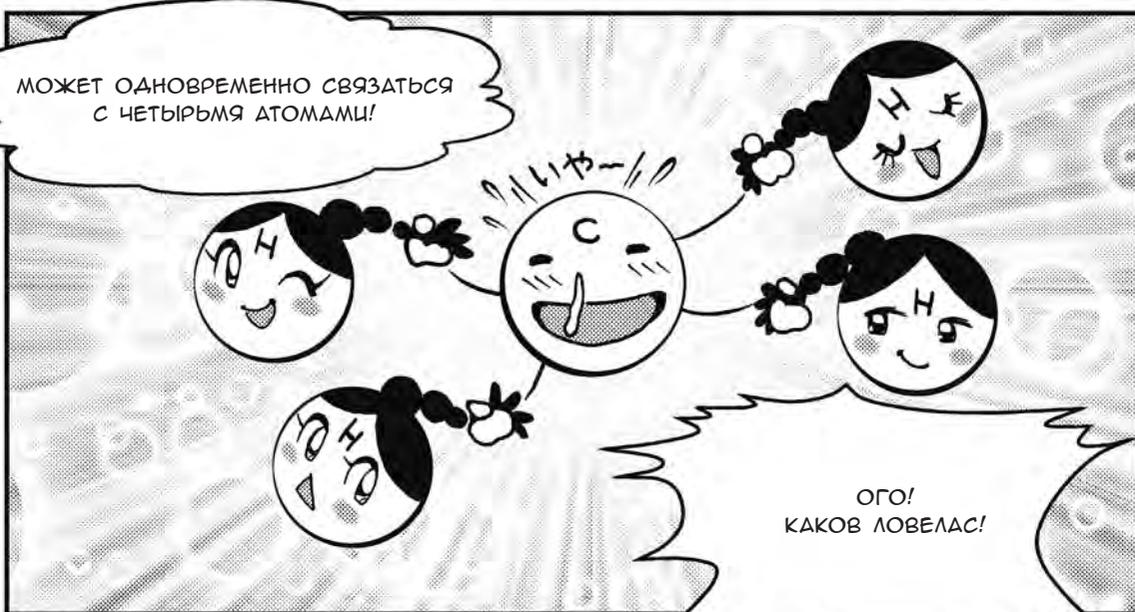
ДА... У ВОДОРОДА
ТОЛЬКО ОДНА КОСИЧКА,
А У УГЛЕРОДА
ЧЕТЫРЕ РУКИ...
ИЗ НИХ ТРИ ОСТАЮТСЯ
СВОБОДНЫМИ.



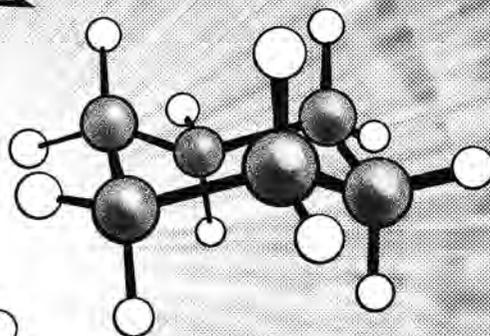
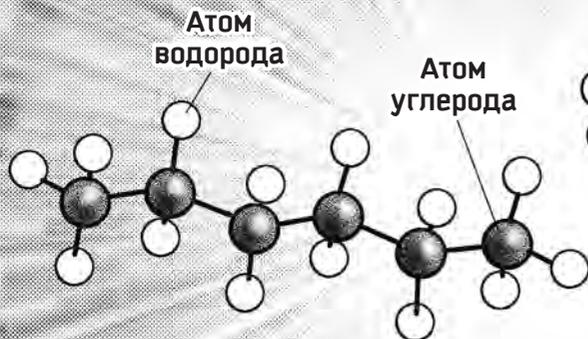
ПОЭТОМУ ЧЕТВЕРОРУКИЙ УГЛЕРОД...



МОЖЕТ ОДНОВРЕМЕННО СВЯЗАТЬСЯ
С ЧЕТЫРЬМЯ АТОМАМИ!



ИНОГДА ОНИ ДАЖЕ В ЦЕПОЧКУ
СОЕДИНЯЮТСЯ!



Один из компонентов
бензина – гексан

Углерод 6 атомов
Водород 14 атомов

Сырьё для производства
нейлона – циклогексан

Углерод 6 атомов
Водород 12 атомов

ГРУППЫ АТОМОВ?

НАДО ЖЕ!
ВЕЗДЕ СПЛОШНОЙ УГЛЕРОДА!

И-И-И!

ХИ-ХИ-ХИ... ВАООБАВОК АТОМЫ
УГЛЕРОДА СОЕДИНЯЮТСЯ НЕ ТОЛЬКО
С АТОМАМИ ВОДОРОДА!

ЧЕМ ДАЛЬШЕ, ТЕМ ИНТЕРЕСНЕЙ...

ВОТ АТОМЫ, ОБРАЗУЮЩИЕ
ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ!
ПОЧТИ ВСЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ
ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ
РАЗЛИЧНЫЕ ИХ КОМБИНАЦИИ.

4 руки

C

Углерод

3 руки

N

Азот

КАК?!
И ЭТО ВСЁ?

2 руки

O

Кислород

1 рука

H

Водород

F

Фтор

Cl

Хлор

Br

Бром

I

Йод

АА. ВСЕГО ДЕСЯТОК*,
ВКЛЮЧАЯ **C** И **H**.
ТЫ УДИВЛЁН?

КСТАТИ!
САМЫМИ ВАЖНЫМИ
ЯВЛЯЮТСЯ **C** И **H**,
СЛЕДУЮЩИМИ ПО
ВАЖНОСТИ - **N** И **O**.

ВНИМАНИЕ!

УХ ТЫ! ЭТО ДАЖЕ Я,
ПОЖАЛУЙ, СМОГУ
ЗАПОМНИТЬ...



* Кроме приведённых на рисунке органические соединения могут содержать такие элементы, как **P** (фосфор) и **S** (сера).

1.3. СТРОЕНИЕ АТОМОВ И ХИМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ (СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ)

ИТАК, ВОТ **АТОМ** В УВЕЛИЧЕННОМ МАСШТАБЕ!

АТОМНОЕ ЯДРО, РАСПОЛОЖЕННОЕ В ЦЕНТРЕ АТОМА, СОСТОИТ ИЗ **ПРОТОНОВ**, ИМЕЮЩИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД (+), И **НЕЙТРОНОВ**, НЕ ИМЕЮЩИХ ЗАРЯДА.

Протон

Нейтрон

Атомное ядро

Атом

Электрон

ВОКРУГ АТОМНОГО ЯДРА ВРАЩАЮТСЯ **ЭЛЕКТРОНЫ**, ИМЕЮЩИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД (-). ИХ ПРЕДСТАВЛЯЮТ В ВИДЕ ОБЛАКОВ И НАЗЫВАЮТ **ЭЛЕКТРОННЫМИ ОБЛАКАМИ**.

Атомное ядро

Электронное облако

Электрон

БЛАГОДАРЯ ЭТОМУ АТОМ МОЖЕТ БЫТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ НЕЙТРАЛЬНЫМ.

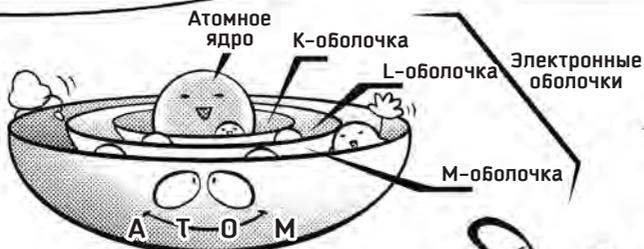
КСТАТИ, КОГДА ЭТО РАВНОВЕСИЕ НАРУШАЕТСЯ, АТОМ ПРИОБРЕТАЕТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ИЛИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД И СТАНОВИТСЯ **ИОНОМ**.

Атом

НА САМОМ ДЕЛЕ ЭЛЕКТРОНЫ ОЧЕНЬ ВАЖНЫ ДЛЯ СВЯЗЕЙ В ОРГАНИЧЕСКОМ СОЕДИНЕНИИ.

КСТАТИ, ЭЛЕКТРОНЫ ВНУТРИ АТОМА НАХОДЯТСЯ НЕ ТАМ, ГДЕ ИМ ВЗДУМАЕТСЯ, А В СОСТОЯНИЯХ С ФИКСИРОВАННОЙ ЭНЕРГИЕЙ, КОТОРЫЕ НАЗЫВАЮТСЯ **ЭЛЕКТРОННЫМИ ОБОЛОЧКАМИ**.

- ☒ К-оболочка – 2 электрона
- ☒ L-оболочка – 8 электронов
- ☒ М-оболочка – 18 электронов



ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБОЛОЧКИ ИМЕНУЮТСЯ БУКВАМИ АНГЛИЙСКОГО АЛФАВИТА **К, L, M** В ПОРЯДКЕ ВОЗРАСТАНИЯ, НАЧИНАЯ С СОСТОЯНИЯ С САМОЙ НИЗКОЙ ЭНЕРГИЕЙ. ДЛЯ КАЖДОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ОБОЛОЧКИ ОПРЕДЕЛЕНО МАКСИМАЛЬНОЕ ЧИСЛО ЭЛЕКТРОНОВ, КОТОРОЕ МОЖЕТ НА НЕЙ РАЗМЕСТИТЬСЯ.

КОГДА ВСЕ СВОБОДНЫЕ МЕСТА НА КАЖДОЙ ИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБОЛОЧЕК ЗАНЯТЫ, ФОРМИРУЕТСЯ **ЭЛЕКТРОННАЯ СТРУКТУРА С ЗАПОЛНЕННОЙ ОБОЛОЧКОЙ...**

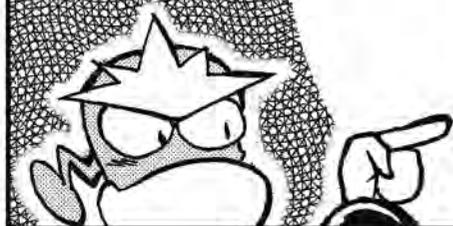
Усл. обозн. элемента	Название элемента	Число протонов	Число электронов
H	Водород	1	1
He	Гелий	2	2
Li	Литий	3	3
Be	Бериллий	4	4
B	Бор	5	5
C	Углерод	6	6
N	Азот	7	7
O	Кислород	8	8
F	Фтор	9	9
Ne	Неон	10	10
Na	Натрий	11	11
Mg	Магний	12	12
Al	Алюминий	13	13
Si	Кремний	14	14
P	Фосфор	15	15
S	Сера	16	16
Cl	Хлор	17	17
Ar	Аргон	18	18

ТАКИЕ АТОМЫ САМИ ПО СЕБЕ УСТОЙЧИВЫ, НО ВОТ С ДРУГИМИ АТОМАМИ СВЯЗАТЬСЯ НЕ МОГУТ! ЭТО ОТНОСИТСЯ, НАПРИМЕР, К Инертным газам.



Инертный газ

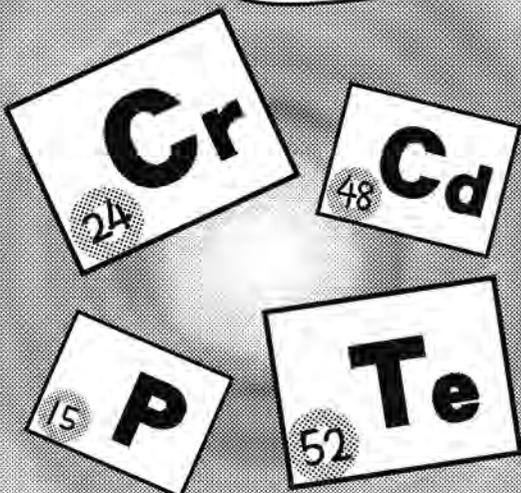
РЕЧЬ ИДЁТ О ТАКИХ ГАЗАХ,
КАК ГЕЛИЙ (**He**), НЕОН (**Ne**), АРГОН (**Ar**),
РАСПОЛОЖЕННЫХ В САМОМ ПРАВОМ
СТОЛБЦЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ.



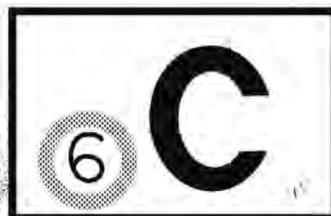
18
2He Гелий
10Ne Неон
18Ar Аргон
36Kr

ЭЛЕМЕНТЫ,
ПРИНАДЛЕЖАЩИЕ
ОДНОМУ СТОЛБЦУ
ПЕРИОДИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ, ОБЛАДАЮТ
СХОЖИМИ
СВОЙСТВАМИ.

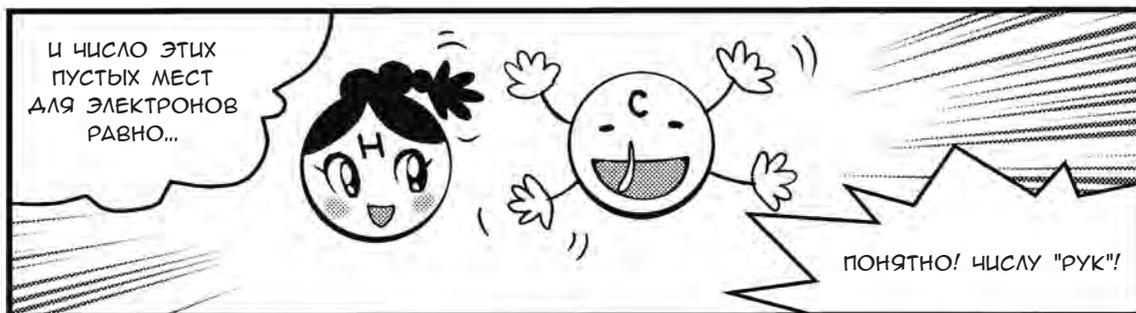
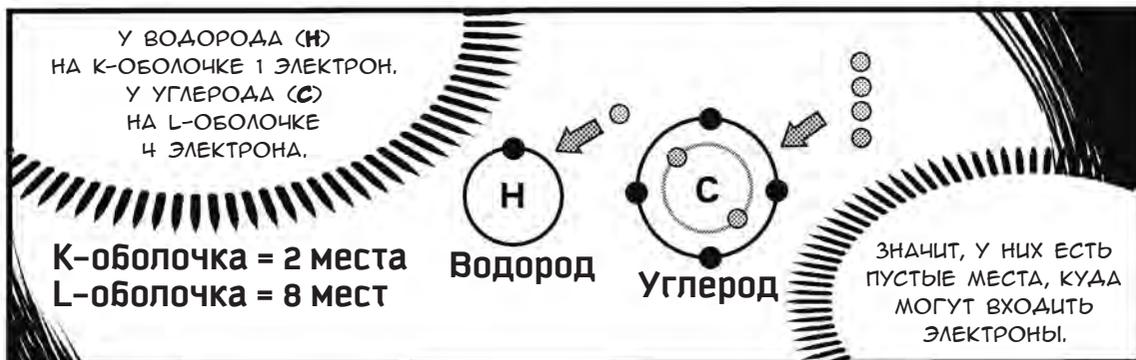
АТОМНЫЙ НОМЕР СОВПАДАЕТ
С КОЛИЧЕСТВОМ ПРОТОНОВ,
КОТОРЫЕ НАХОДЯТСЯ
В ДАННОМ АТОМЕ.



ДРУГИМИ СЛОВАМИ,
ДЛЯ АТОМА УГЛЕРОДА [**C**]
АТОМНЫЙ НОМЕР = ЧИСЛУ ПРОТОНОВ = 6



* На M-оболочке кроме s-орбитали и p-орбиталей имеются пять d-орбиталей, которые могут вмещать в общей сложности 10 электронов, поэтому на M-оболочку может входить до 18 электронов. Правда, в обычных органических соединениях d-орбитали в образовании связей участия не принимают.

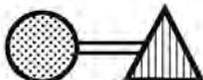


ПОГОДИ!
Я ЕЩЁ НЕ ПОЛНОСТЬЮ
ОТПЛАТИЛ ТЕБЕ ЗА НОЧЛЕГ
И ЕДУ!



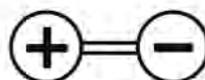
СВЯЗИ В ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЯХ,
ОБРАЗОВАННЫЕ ПОСРЕДСТВОМ ОБЩИХ
ЭЛЕКТРОНОВ, ПО-НАУЧНОМУ
НАЗЫВАЮТСЯ
КОВАЛЕНТНЫМИ СВЯЗЯМИ.

**Ковалентная
связь**



Связаны посредством
общих электронных пар

**Ионная
связь**



Связаны посредством
электрической силы
притяжения между
+ и - ионами.

...А!
ЭТИ СТРУКТУРНЫЕ
ФОРМУЛЫ ДАЖЕ МНЕ
ПОНЯТНЫ.

$\text{H}-\text{H}$
Молекула водорода

$\text{H}-\text{O}-\text{H}$
Молекула воды



ОГО, КАГА-КУН! КАК ТЫ БЫСТРО ПОУМНЕЛ!



ТОГДА ПОВТОРИМ
ИЗУЧЕННОЕ СЕГОДНЯ. ЭТОТ РИСУНОК ТЕБЕ
ТОЖЕ, КОНЕЧНО, ПОНЯТЕН.

ФУП



ЭЛЕКТРОНЫ БЫСТРО ВХОДЯТ В АТОМ НАЧИНАЯ С ОБОЛОЧЕК, НАХОДЯЩИХСЯ В СОСТОЯНИИ С БОЛЕЕ НИЗКОЙ ЭНЕРГИЕЙ.

...ПОЭТОМУ ПУСТЫЕ МЕСТА ВСЕГДА ОБРАЗУЮТСЯ ТОЛЬКО НА ЭЛЕКТРОННЫХ ОБОЛОЧКАХ, ИМЕЮЩИХ СОСТОЯНИЯ САМОЙ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ.

ЭЛЕКТРОНЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ НА ЭТОЙ САМОЙ ВНЕШНЕЙ ОБОЛОЧКЕ АТОМА, НАЗЫВАЮТ **ВАЛЕНТНЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ АТОМА**, ИЛИ **ВАЛЕНТНЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ**.

Валентный электрон

ВООБЩЕ-ТО К ОБРАЗОВАНИЮ КОВАЛЕНТНЫХ СВЯЗЕЙ ИМЕЮТ ОТНОШЕНИЕ ТОЛЬКО ВАЛЕНТНЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ...

ХИ-ХИ-ХИ

ГЕРОЙ, КОТОРЫЙ ОПОЗДАЛ НА КОРАБЛЬ

...А СТРУКТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ, ОТРАЖАЮЩИЕ КОЛИЧЕСТВО ЭТИХ ВАЛЕНТНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ, НАЗЫВАЮТ **СТРУКТУРНЫМИ ФОРМУЛАМИ ЛЬЮИСА!!**

Атом водорода Атом углерода Атом кислорода

Льюисовская конфигурация атомов

$\text{H}\cdot$ $\cdot\text{H}$ \longrightarrow $\text{H}:\text{H}$
 Атом Атом Молекула
 водорода водорода водорода

$\text{H}\cdot$ $\cdot\ddot{\text{O}}\cdot$ $\cdot\text{H}$ \longrightarrow $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$
 Атом Атом Атом Молекула
 водорода кислорода водорода воды

СТРУКТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ ЛЬЮИСА ПОЗВОЛЯЮТ ВИЗУАЛЬНО ОТОБРАЖАТЬ МОЛЕКУЛЫ И ЭЛЕКТРОНЫ.

АА

ЗАОРОВО!
ЭТО ОЧЕНЬ НАГЛЯДНО.



ОДНАКО ВЗГЛЯНИ ХОРОШЕНЬКО ВОТ НА ЭТО.

$\text{H}:\ddot{\text{O}}:\text{H}$
 Молекула воды



В ЭТОЙ МОЛЕКУЛЕ ВОДЫ ЧЕТЫРЕ ЭЛЕКТРОНА ЯВЛЯЮТСЯ ОБЩИМИ ДЛЯ АТОМОВ ВОДОРОДА И КИСЛОРОДА...

Общие электроны

$\text{H} \begin{array}{|c|} \hline \bullet\bullet \\ \hline \end{array} \text{O} \begin{array}{|c|} \hline \bullet\bullet \\ \hline \end{array} \text{H}$

...НО ОСТАЮТСЯ ЕЩЁ ЧЕТЫРЕ, ТАК?

А, ТОЧНО.



ОБНАЖЁННОСТЬ

ОНИ НАЗЫВАЮТСЯ НЕПОДЕЛЁННЫМИ ПАРАМИ ЭЛЕКТРОНОВ И В "ОБНАЖЁННОМ" СОСТОЯНИИ ПРИКРЕПЛЕНЫ К МОЛЕКУЛЕ.

КОГДА ЭЛЕКТРОНЫ ОБНАЖЕНЫ, ОНИ БЕЗЗАЩИТНЫ ПЕРЕД АТАКАМИ - ДАЖЕ СО СТОРОНЫ ДРУГИХ МОЛЕКУЛ.

ЧТО?!

ЭЙ! ВСТУПАЙ С НАМИ В РЕАКЦИЮ!!

ЭТА ОСОБЕННОСТЬ ИГРАЕТ ВАЖНУЮ РОЛЬ В КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВАХ* ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, В ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЯХ С ИХ УЧАСТИЕМ...

ОЙ, ПОРА...

КАК...

СМОТРИ! ОПАСНО ВЫХОДИТЬ НА УЛИЦУ ОБНАЖЁННЫМ!

ШУРК

ШУРК

А-А-ХА-ХА-ХА!!!

ТЫ В САМОМ ДЕЛЕ ХОТЕЛ СДЕЛАТЬ ЭТО?

УФ-Ф

УФ-Ф

* Подробно рассматриваются в 4-й и 5-й главах.



КАГА-КУН, А ЧТО ЭТО ТЫ
ТАК ТОРОПИШЬСЯ
В УНИВЕРСИТЕТ?

ХР-ХР-ХР



КАК ТЫ МОЖЕШЬ ОСТАВИТЬ БЕДНОГО
ИНОПЛАНЕТЯНИНА ОДНОГО В ЭТОЙ
ПАРШИВОЙ КОМНАТЕ!

...ТЬФУ, ПРО "ПАРШИ-
ВУЮ КОМНАТУ" -
ЭТО Я СГОРЯЧА.

НЕ УПОДОБЛЯЙ МЕНЯ
НЕПОДЕЛЁННОЙ ПАРЕ
ЭЛЕКТРОНОВ!



НУ... НУ ПОТОМУ, ЧТО Я
СТУДЕНТ.

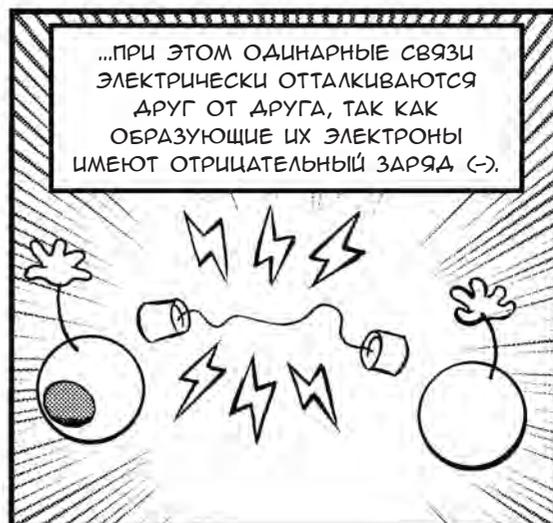
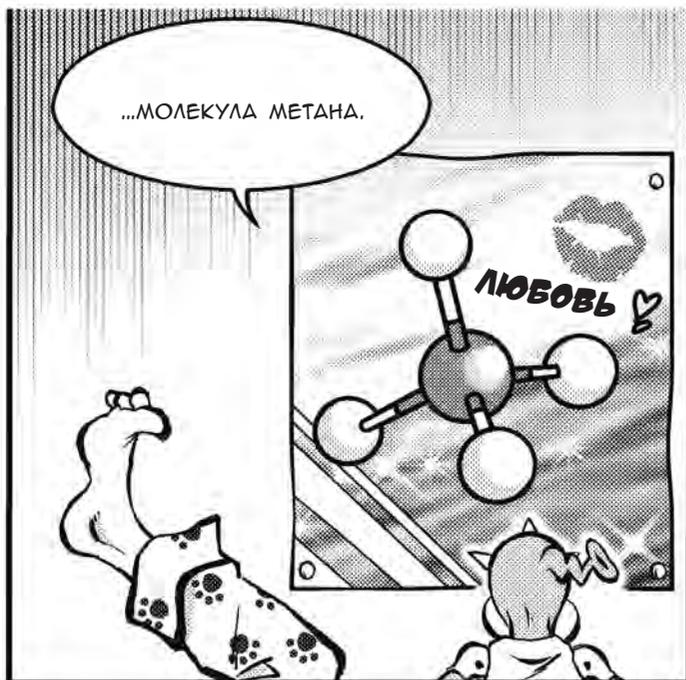
И ЕЩЁ ЭТО
ЕДИНСТВЕННОЕ МЕСТО,
ГДЕ Я МОГУ
ВСТРЕТИТЬСЯ
С НОАЗОМЦИ-САН...



А-АХ, ТАК ТЫ ТУДА ИЗ-ЗА
ДЕВЧОНКИ ХОДИШЬ!
И ЧТО ТЫ НАШЁЛ ХОРОШЕГО
В ЭТОМ КОМКЕ БЕЛКОВ!

КАБ

ВОТ СМОТРИ!
ЭТО ПОИСТИНЕ САМАЯ
КРАСИВАЯ ШТУКА
ВО ВСЕЛЕННОЙ...



СТРЕМЯСЬ ИЗБЕЖАТЬ ЭТОГО ОТТАЛКИВАНИЯ, ОНИ МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНО ОТДАЛИЛИСЬ ДРУГ ОТ ДРУГА И ПРИНЯЛИ УРАВНОВЕШЕННУЮ ФОРМУ - КАК У ЭТОГО ПАКЕТА С МОЛОКОМ!

Атом углерода

C

ЗАМЕТЬ, ЭТОТ ПРАВИЛЬНЫЙ ТЕТРАЭДР ПОИСТИНЕ ПРЕКРАСЕН...

o-o-o...

ЧТО?

ХВАТИТ ИЗДЕВАТЬСЯ!

ТОЕ ТОЕ

НЕ ХОЧУ ОПОЗДАТЬ ИЗ-ЗА ТВОИХ ФАНТАЗИЙ!

И ВСЁ-ТАКИ ОНА КРАСАВИЦА...

ЛЮБОВЬ

1.3. СТРОЕНИЕ АТОМОВ И ХИМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ (СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

СТРОЕНИЕ АТОМОВ

Центральные части атомов, кроме атома водорода, содержат и положительно заряженные протоны, и не имеющие заряда нейтроны — вместе они образуют атомные ядра. В общем случае атом состоит из ядра, имеющего положительный заряд, и находящихся вокруг ядра электронов, имеющих отрицательный заряд. К примеру, в ядре атома гелия (He) содержатся два протона и два нейтрона.

Обычно положительный заряд атомного ядра равен суммарному отрицательному заряду электронов, поэтому атомы сами по себе электрически нейтральны. Однако если это равновесие нарушается, то весь атом приобретает либо положительный, либо отрицательный заряд. Такие атомы называются *ионами*.

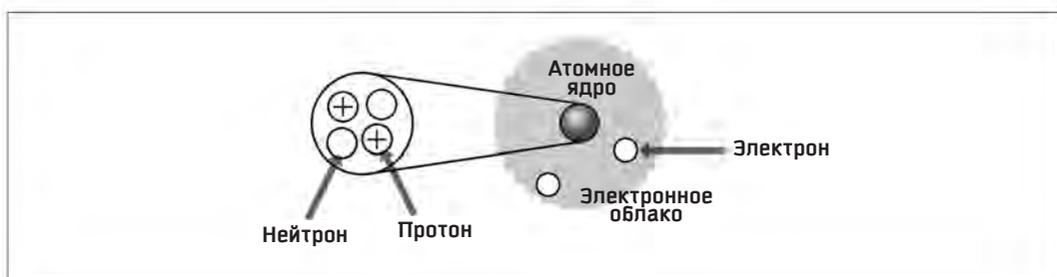


Рис. 1.1. Строение атомов (на примере атома гелия)

Кстати, часто можно увидеть подобную приведённой на рис. 1.2 структуру, в которой электрон вращается на определённом расстоянии от атомного ядра. Это так называемая *боровская модель*.

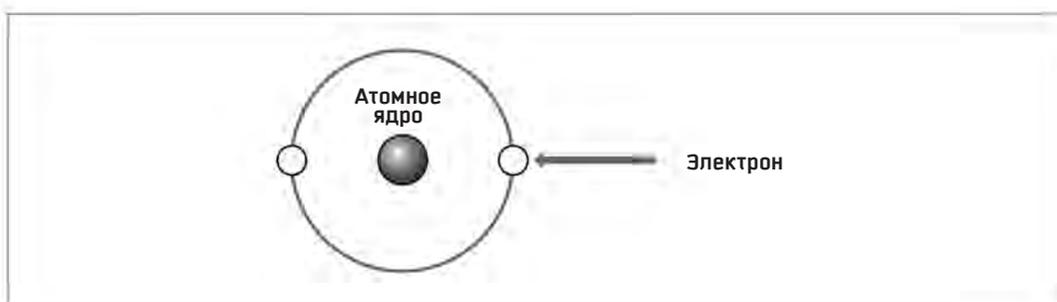


Рис. 1.2. Боровская модель

Однако на самом деле она ошибочна. В действительности электроны не вращаются вокруг атомного ядра подобно тому, как планеты вращаются вокруг Солнца. Как явствует из рис. 1.1, электрон предпочитает существовать на определённом расстоянии от атомного ядра. Говорят, что там «высока вероятность существования электрона». Эту область называют *электронным облаком*. Определённое расстояние означает пребывание электрона в состоянии с определённой энергией.

Существует знаменитая *периодическая система химических элементов*, которую в 1869 году открыл русский исследователь Дмитрий Менделеев. Она показывает, что свойства химических элементов изменяются с определённой периодичностью. В табл. 1.1 приведен её фрагмент, нужный для понимания молекул органических соединений.

Усл. обозн. элемента	Название элемента	Число протонов	Число электронов
H	Водород	1	1
He	Гелий	2	2
Li	Литий	3	3
Be	Бериллий	4	4
B	Бор	5	5
C	Углерод	6	6
N	Азот	7	7
O	Кислород	8	8
F	Фтор	9	9
Ne	Неон	10	10
Na	Натрий	11	11
Mg	Магний	12	12
Al	Алюминий	13	13
Si	Кремний	14	14
P	Фосфор	15	15
S	Сера	16	16
Cl	Хлор	17	17
Ar	Аргон	18	18

Таблица 1.1. Количества протонов и электронов в атомах до 3-го периода в периодической системе химических элементов.

		1		2													13	14	15	16	17	18	Группы						
Периоды	1	1	H														2						He	Инертные газы					
	2	3	Li	4	Be												5	B	6	C	7	N	8		O	9	F	10	Ne
	3	11	Na	12	Mg												13	Al	14	Si	15	P	16		S	17	Cl	18	Ar

Рис. 1.3. Периодическая система химических элементов (с 1-го по 3-й периоды)

Если вы поймёте, как периодическая система отражает строение атома каждого из химических элементов, то вам станут ясны и принципы образования химических связей. С этой точки зрения самими важными химическими элементами являются закрашенные серым цветом в табл. 1.1 или расположенные в крайнем правом столбце рис. 1.3 гелий (He), неон (Ne), аргон (Ar). Это так называемые *инертные газы* (другое название — *редкие*, или *благородные газы*). Они не соединяются с другими атомами, то есть не образуют молекул*. Причина заключается в количестве электронов, содержащихся в этих атомах. В строении органических молекул, реакциях между ними важную роль играет количество электронов. Почему? Дело в том, что атомы связываются с другими атомами посредством электронов. Как видно из табл. 1.1, количество электронов в закрашенных серым цветом атомах инертных газов составляет 2, 10, 18, то есть каждый раз увеличивается на 8. Число 8 и является ключом к разгадке. Впоследствии мы раскроем этот секрет, размышляя об электронах, которые являются одним из компонентов атома.

Орбитали и электронная конфигурация

Как говорилось выше, в разделе «Строение атомов», электроны существуют в определённых областях вокруг атомного ядра, характеризующихся фиксированными уровнями энергии. Эти области называют *орбиталями*. Название «орбиталь» заставляет предположить, что электрон вращается по фиксированной орбите вокруг атомного ядра, как на рис. 1.2, но надо отметить, что это не соответствует действительности. Кстати, что, по-вашему, означает увеличение числа электронов в атомах при движении сверху вниз по табл. 1.1? Легко представить, что для увеличения числа электронов требуется увеличение числа орбиталей, на которые эти электроны могут войти. Эти орбитали определяются в соответствии с двумя нижеприведёнными моментами.

* Строго говоря, это не совсем так, однако здесь подобное утверждение используется для упрощённого представления молекул органических соединений.

Во-первых, энергия орбиталей атома, на которые могут входить электроны, является дискретной, а не непрерывной величиной — существует некоторое количество фиксированных значений энергии. Они называются *K-оболочкой*, *L-оболочкой*, *M-оболочкой*, начиная с состояния с самой низкой энергией; их можно уподобить 1-му, 2-му и 3-му этажам дома. С одной только разницей: переход с одного «этажа» на другой осуществляется не как в доме, где нужно пройти по лестнице, а сразу же, одновременно. В атоме между 1-м и 2-м «этажами» нет непрерывного связующего пути, подобного лестнице.

Кроме энергии у орбитали есть ещё одна важная характеристика — форма области, внутри которой существует электрон. Есть два типа таких форм. Первая называется *s-орбиталью*; это сфера с атомным ядром в центре (см. рис. 1.4). Как и у любой сферы, у неё нет направленности. Ещё одна форма — *p-орбиталь*, которая простирается в трёх взаимно перпендикулярных направлениях *x*, *y* и *z* (см. рис. 1.5). Таким образом, *p-орбиталь* имеет определённую направленность, что отличает её от *s-орбитали*.



Рис. 1.4. Форма и симметрия *s-орбитали*

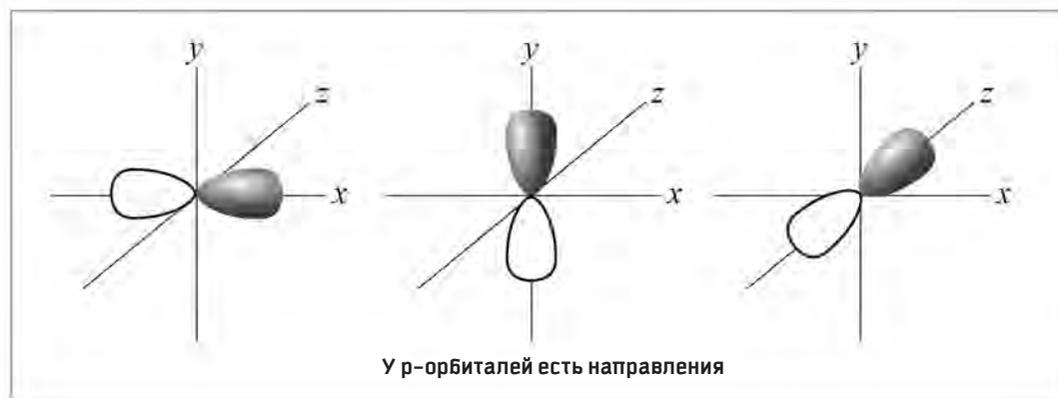


Рис. 1.5. Форма и симметрия *p-орбиталей*

В атоме существуют такие оболочки, которые одновременно содержат несколько типов орбиталей. На К-оболочке, у которой самая низкая энергия, есть только s-орбиталь, которая обозначается 1s (цифра «1» соответствует К-оболочке.) На L-оболочке, следующей по величине энергии, есть два типа орбиталей — 2s и 2p («2» означает L-оболочку). Поскольку среди p-орбиталей существуют орбитали, простирающиеся в трёх направлениях x , y и z , там возможны четыре типа орбиталей — 2s, $2p_x$, $2p_y$, $2p_z$. Однако энергия 2p-орбиталей немного выше, чем 2s-орбитали. На орбитали входят электроны, формируя атом; при этом электроны заселяются по порядку, начиная с орбиталей с низкой энергией. Таким образом, орбитали заполняются в следующем порядке: 1s, 2s, 2p ($2p_x$, $2p_y$, $2p_z$). Можно сказать, что «жильцы»-электроны заселяют атом начиная с первого «этажа».

	Энергия	Электронные оболочки	Типы орбиталей (типы «комнат»)		
3 этаж	Высокая ↓ Низкая	M-оболочка	3s	3p ($3p_x$, $3p_y$, $3p_z$)	3d (5 «комнат»)
2 этаж		L-оболочка	2s	2p ($2p_x$, $2p_y$, $2p_z$)	
1 этаж		K-оболочка	1s		

На 1-м «этаже» есть только одна «комната» под названием 1s, а на 2-м «этаже» — четыре комнаты. Однако можно, наверное, сказать, что три из этих четырёх «комнат» находятся чуть-чуть повыше. Аналогично на 3-м «этаже» (соответствует M-оболочке) также расположены четыре «комнаты» (то есть орбитали): 3s, $3p_x$, $3p_y$, $3p_z$. Таким образом, орбитали заселяются электронами, однако при этом действует важное правило. Оно называется *принципом запрета Паули* и заключается в том, что в одной «комнате» может быть не более двух «жильцов». Причём если двое селятся вместе, то у них должен быть разный спин.

Спин (электронный спин) — это свойство вращения электрона; оно может быть двух типов в зависимости от направления вращения. Следовательно, в одной «комнате» могут поселиться двое «жильцов» с различным направлением вращения. Это называется *образованием пары*. Подобным образом электроны заселяются по порядку и формируют атом. Однако для p-орбиталей существует три типа состояний с одинаковой энергией. При этом пары образуются не сразу — сначала электроны по одному заполняют другие «комнаты», и только после того, как каждую из «комнат» заселит один электрон, в одну из них может подселиться второй, образуя, таким образом, электронную пару. Это называется *правилом Хунда*. В соответствии с вышеприведёнными правилами в табл. 1.2 сведены электронные конфигурации каждого из атомов.

Атомный номер	Обозн. хим. эл.	Название хим. эл.	К-оболочка	L-оболочка			M-оболочка					
			1s	2s	2p _x	2p _y	2p _z	3s	3p _x	3p _y	3p _z	
1	H	Водород	1									
2	He	Гелий	2									
3	Li	Литий	2	1								
4	Be	Бериллий	2	2								
5	B	Бор	2	2	1							
6	C	Углерод	2	2	1	1						
7	N	Азот	2	2	1	1	1					
8	O	Кислород	2	2	2	1	1					
9	F	Фтор	2	2	2	2	1					
10	Ne	Неон	2	2	2	2	2					
11	Na	Натрий	2	2	2	2	2	1				
12	Mg	Магний	2	2	2	2	2	2				
13	Al	Алюминий	2	2	2	2	2	2	1			
14	Si	Кремний	2	2	2	2	2	2	1	1		
15	P	Фосфор	2	2	2	2	2	2	1	1	1	
16	S	Сера	2	2	2	2	2	2	2	1	1	
17	Cl	Хлор	2	2	2	2	2	2	2	2		
18	Ar	Аргон	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Максимум 2 электрона
Максимум 8 электронов
Максимум 8 электронов

Таблица 1.2. Атомы и электронные конфигурации до 3-го периода периодической системы химических элементов

Как ясно из табл. 1.2, К-оболочку могут заселить максимум 2 электрона, а L- и M-оболочки — максимум по 8 электронов*. А теперь проясним, как зависят друг от друга эти электронные конфигурации и химические связи.

* На M-оболочке есть ещё пять других орбиталей, которые называются d-орбиталями. Так как каждую из d-орбиталей могут заселить по 2 электрона, всего они могут вместить 10 электронов, и если суммировать их с 8 электронами, которые могут заселить s- и p-орбитали, то получится всего 18. Однако в обычных органических соединениях d-орбитали не участвуют в образовании связей, поэтому здесь они не приводятся.

sp^3 -гибридные орбитали и одинарные связи

Молекула водорода образуется в результате перекрытия двух $1s$ -орбиталей, как показано на рис. 1.6. Наличие этого перекрытия означает формирование ковалентной связи. Так как s -орбиталь имеет сферическую форму, перекрытие с орбиталью другого атома будет одинаковым с любого направления. Однако, как уже было отмечено выше, p -орбитали простираются в направлениях x , y и z , поэтому самым эффективным будет перекрытие, происходящее с направления наибольшей ширины орбитали. Следовательно, определяются направления образования связей, что влияет на пространственную форму молекул. До этого момента, говоря об образовании ковалентной связи, мы совершенно не учитывали пространственную структуру молекул, однако молекула — это трёхмерный объект. Чем же определяется её пространственная структура? В общем случае — направленностью перекрытия орбиталей атомов.

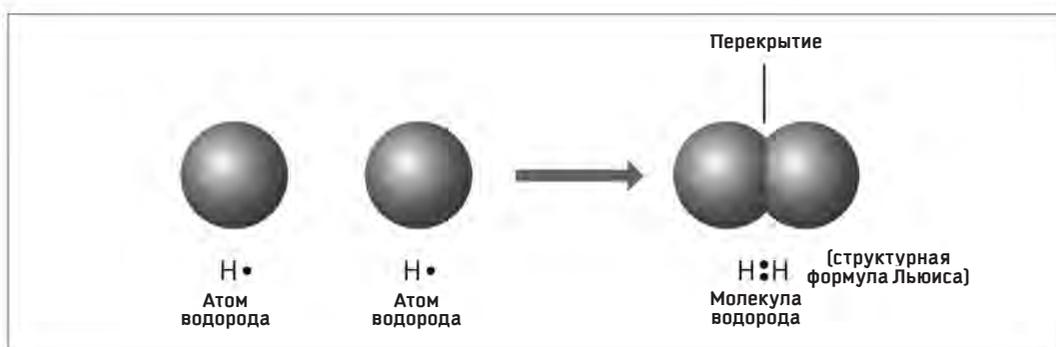


Рис. 1.6. Образование молекулы водорода благодаря перекрытию $1s$ -орбиталей атомов водорода

На L -оболочке атома углерода есть s - и p -орбитали. С использованием этих орбиталей образуются химические связи. Считается, что в образовании связей между атомом углерода и другими атомами участвуют $2p$ -орбитали L -оболочки атома углерода из табл. 1.2. Следовательно, исходя из направлений распределения вероятностей нахождения электронов p -орбиталей, можно предположить, что связи «углерод–водород» в молекуле метана будут взаимно перпендикулярны.

Однако в действительности молекула метана имеет структуру правильного тетраэдра. Другими словами, атом углерода имеет четыре эквивалентные «руки».

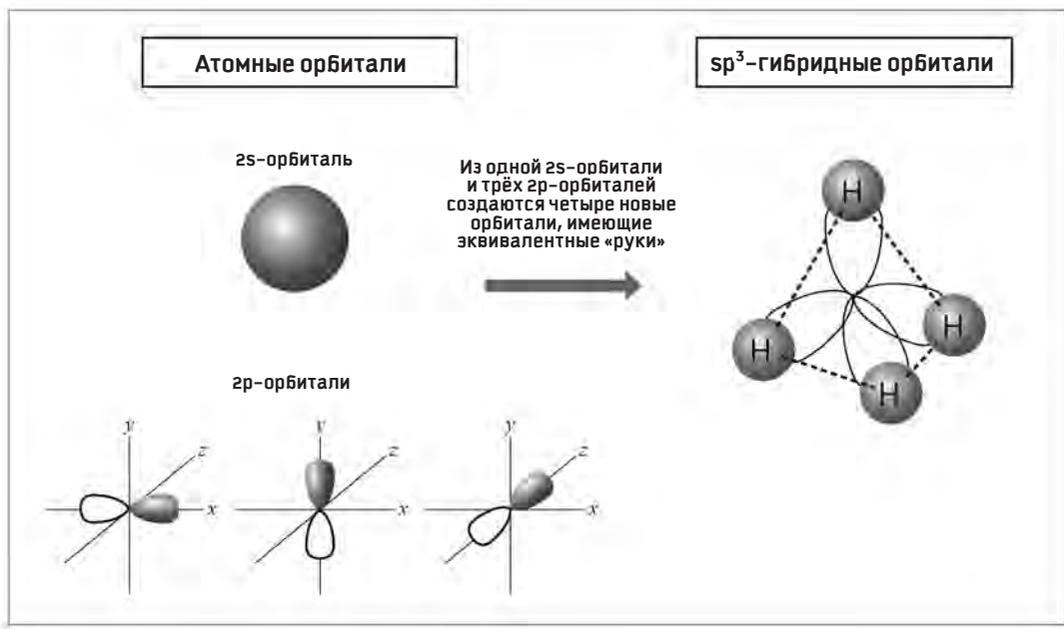


Рис. 1.7. Формирование sp^3 -гибридных орбиталей из $2s$ -орбитали и $2p$ -орбиталей

Получается, что орбитали простираются от атома углерода в четырёх эквивалентных направлениях. Чтобы объяснить наличие таких орбиталей, полагают, что $2s$ -орбиталь и все три $2p$ -орбитали L-оболочки преобразуются в четыре новые взаимно эквивалентные орбитали, которые, в свою очередь, участвуют в образовании ковалентных связей. Эти новые орбитали называют sp^3 -гибридными орбиталями (рис. 1.7). Связи, образуемые ими, являются *одинарными связями*.

Это может показаться не очень понятным, но нужно помнить о том, что мир атомов чрезвычайно мал. Размер атома зависит от конкретного химического элемента; будем считать, что он приблизительно равен 10^{-10} м в радиусе. Мы довольно часто опираемся в своих представлениях на привычный для нас физический мир, но было бы неверно брать за основу макромир и «примерять» его правила на микрочастицы. В науке это неприемлемо. Природу мало волнуют представления человека о ней — следовательно, научное мышление заключается в принятии новых идей и подходов, а также в умении вырабатывать их. Это относится и к идеям, о которых пойдёт речь в этой книге.

Кулинария с точки зрения органической химии

В человеческой жизни органические соединения просто незаменимы. Посмотрите вокруг! Как органические соединения поддерживают нашу жизнь? Если вдуматься, приготовление пищи — тоже своего рода химический опыт. Поясним это на примере выпечки хлеба. Здесь требуются такие ингредиенты, как мука, дрожжи, сахар, соль, вода и прочее. Важна также последовательность действий — сначала смешивают муку, дрожжи и другие компоненты, затем добавляют немного воды и месят тесто, продолжая вливать воду — постепенно оно становится упругим, растягивается.

Это происходит благодаря особенностям ингредиентов: ведь использование песка вместо муки не даст такого же результата. Кроме того, важны условия нашего «опыта»: согласно рецепту выпечки хлеба, нужно держать тесто при температуре около 36 °С, чтобы оно поднялось. Именно тогда начинается химическая реакция брожения, вызванная работой ферментов (катализаторов, необходимых для нормального протекания химических реакций внутри живых организмов), которые находятся внутри клеток микроорганизмов под названием дрожжи. Ферменты представляют собой белки, поэтому им требуется соответствующая влажность и подходящая температура — около 36 °С. К исходному сырью добавляют различные вещества (в терминах химии их можно назвать реагентами) и, регулируя температуру, управляют протеканием реакции. Если все необходимые условия соблюдены, то реакция протекает без отклонений и приводит к замечательному результату — у нас получается вкусный хлеб.

Подведём итоги. Главный компонент химической реакции — мука, содержащая множество связанных друг с другом молекул глюкозы. Такое вещество называется крахмалом. Кроме того, в ней содержатся белки, образованные из многочисленных молекул аминокислот, связанных друг с другом, а также большое количество других веществ. Кроме того, как уже говорилось, в реакции участвуют ферменты — особого рода белки. И глюкоза, и белки относятся к органическим соединениям. Таким образом, кулинарное мастерство — не что иное, как умение ставить опыты по органической химии!