

## § 5. Предмет органической химии. Теория строения органических веществ

Изучая неорганическую химию, вы познакомились с веществами самого разнообразного состава, многие из которых являются основой минералов, строительных материалов, минеральных удобрений, драгоценных камней и т. д. При этом вы не встречали, чтобы какой-нибудь один химический элемент непременно присутствовал во всех неорганических веществах. Отличительной особенностью органических веществ является то, что в их состав наряду с другими элементами всегда входят атомы углерода. Изучение соединений углерода — их строения, химических свойств, способов получения — и составляет предмет органической химии.

**Органическая химия** — химия соединений углерода.

Наряду с углеродом в состав органических веществ чаще всего входят водород ( $\text{CH}_4$  — метан), кислород ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  — уксусная кислота) и азот ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  — анилин), реже — галогены ( $\text{CCl}_4$  — тетрахлорметан), сера ( $\text{CH}_3\text{SH}$  — метилмеркаптан) и другие элементы. Отметим, что некоторые соединения углерода относятся к неорганическим веществам. Вы познакомились с ними ранее. Это углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), угольная кислота ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), её соли — карбонаты и некоторые другие вещества.

Число известных органических соединений значительно превышает число неорганических соединений. Такое многообразие обусловлено способностью атомов углерода соединяться друг с другом с образованием цепей и циклов, включающих сотни и даже тысячи атомов углерода.

### Возникновение органической химии как науки

Следует отметить, что органические вещества известны человечеству с древних времён. Применяя сравнительно простые способы переработки растений, люди издавна умели получать тростниковый сахар, природные красители, растительные масла, уксус и т. д. Однако наука о соединениях углерода возникла лишь в начале XIX века, после того как химики научились определять состав веществ и выражать его в виде молекулярных формул. Тогда стало известно, что вещества растительного и животного происхождения содержат углерод.

В 1806 году шведский химик Я. Берцелиус предложил называть вещества, получаемые из живых организмов, органическими, а науку, изучающую их, — органической химией. Наличие углерода в каждом органическом веществе позволило Берцелиусу определить органическую химию как химию соединений углерода. Такое определение является общепринятым и в настоящее время. Вместе с тем Берцелиус ошибочно считал, что принципиальным отличием органических веществ от неорганических является то, что первые не могут быть получены в лаборатории, а создаются только живыми организмами под влиянием особой «жизненной силы». Теория «жизненной силы» получила название «витализм» (от лат. *vitalis* — жизненный). Этой теории вскоре был нанесён сокрушительный удар, когда в 1824 году из неорганических веществ немецким химиком Ф. Вёлером была синтезирована щавелевая кислота, а в 1828 году — мочевины. В 1845 году была получена уксусная кислота (А. Кольбе, Германия), а в 1854 году французский химик М. Бертелло синтетическим путём получил жиры. В настоящее время синтезированы многие органические вещества, не только имеющиеся в природе, но и не встречающиеся в ней, например лекарственные препараты, пластмассы, синтетические каучуки, жидкие кристаллы и многие другие. Таким образом, учение о «жизненной силе» потерпело полное поражение. Тем не менее, разделение химии на органическую (химию соединений углерода) и неорганическую сохранилось и по сей день.

### Обнаружение углерода и водорода в составе органических веществ

В состав всех органических веществ входит углерод. Большинство органических соединений содержит также атомы водорода. Доказательством того, что в состав органических соединений входят углерод и водород, является следующий опыт.

В пробирку помещают оксид меди(II) и парафин. Парафин представляет собой смесь твёрдых углеводородов (органических веществ, состоящих из углерода и водорода). Пробирку закрепляют горизонтально в лабораторном штативе (рис. 5.1). На стенку пробирки ближе к горлышку осторожно помещают безводный сульфат меди(II).

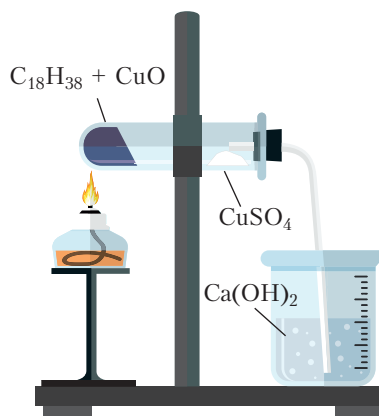


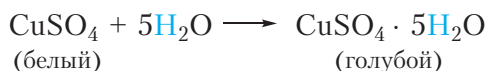
Рис. 5.1. Доказательство наличия углерода и водорода в составе органического вещества ( $C_{18}H_{38}$ )

Безводный сульфат меди(II)  $\text{CuSO}_4$  имеет белый цвет, в отличие от голубого медного купороса  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой, конец трубки помещают в стаканчик с прозрачной известковой водой (водный раствор гидроксида кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Пробирку нагревают в пламени спиртовки.

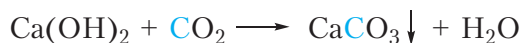
Оксид меди(II) в данном опыте выступает в роли окислителя. Он окисляет углеводороды до  $\text{CO}_2$  и воды, при этом оксид меди(II) восстанавливается до меди. Например для углеводорода  $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ , входящего в состав парафина, протекающую реакцию можно отразить уравнением:



В ходе эксперимента наблюдаются следующие явления. На стенках пробирки появляются капельки воды, при этом белый сульфат меди(II) приобретает голубой цвет, так как превращается в медный купорос:



Выделяющийся углекислый газ вызывает помутнение известковой воды, так как образуется белый осадок  $\text{CaCO}_3$ :



Остаток реакционной смеси приобретает красный оттенок из-за образования металлической меди. Таким образом, этот опыт доказывает наличие углерода и водорода в молекулах органического вещества.

## Теория строения органических веществ

Теория строения органических веществ сформировалась во второй половине XIX века. К этому времени были получены и исследованы многие органические соединения, установлен их качественный и количественный состав, описаны свойства.

Так, в конце XVIII — начале XIX века были выделены важнейшие углеводороды (органические вещества, состоящие только из углерода и водорода) и установлены их молекулярные формулы. Однако оказалось, что

знания молекулярных формул, отражающих только состав вещества, явно недостаточно для понимания строения и свойств органических соединений. Приведём примеры некоторых противоречий, заводивших в тупик учёных первой половины XIX века.

**Пример 1.** *Молекулярные формулы простейших углеводородов метана, этана и пропана —  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  и  $\text{C}_3\text{H}_8$  соответственно.*

К середине XIX века Э. Франкландом уже было предложено понятие валентности атомов, а А. Кекуле предположил, что атомы углерода четырёхвалентны. Если исходить из того, что водород одновалентен, то, рассматривая приведённые молекулярные формулы, можно ошибочно предположить, что только в метане  $\text{CH}_4$  углерод имеет валентность, равную четырём, валентность углерода в этане  $\text{C}_2\text{H}_6$  должна равняться трём, а в пропане  $\text{C}_3\text{H}_8$  углерод должен иметь дробную валентность.

**Пример 2.** *Одинаковую формулу  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  имеют два различных вещества.*

Температура кипения, одного из этих веществ равна  $-0,5^\circ\text{C}$ , тогда как температура кипения второго более, чем на  $11^\circ\text{C}$  ниже и составляет  $-12^\circ\text{C}$ .

Накопление подобных необъяснимых на тот момент фактов стало предпосылкой создания новой теории — теории строения органических соединений. Её основные положения в середине XIX века сформулировал А. М. Бутлеров.

К тому времени было известно, что молекулы состоят из атомов, но учёные ещё не придавали значения тому, как атомы располагаются в молекуле, и считали, что познать это невозможно. А. М. Бутлеров высказал предположение о том, что атомы в молекуле соединены в определённой последовательности, которую можно установить химическими методами и отразить в структурной формуле.

Сформулируем важнейшие положения теории строения органических соединений А. М. Бутлерова:

1. Атомы, входящие в состав органических соединений, связаны друг с другом в определённой последовательности в соответствии с их валентностью.



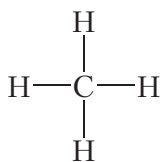
*Рис. 5.2.*  
Александр Михайлович  
Бутлеров (1828–1886)

2. Свойства вещества зависят не только от того, атомы каких элементов и в каком количестве входят в состав молекул, но и от последовательности соединения атомов в молекулах.

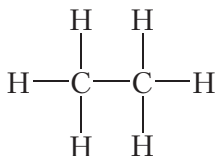
Данная теория открыла путь к широкому распространению структурных формул для отображения строения органических веществ.

Используем положения теории А. М. Бутлерова для объяснения противоречий, описанных в примерах 1 и 2.

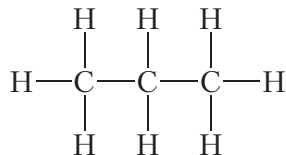
Сначала объясним строение молекул простейших углеводородов. Учитывая, что валентность углерода равна четырём, а валентность водорода — единице, структурная формула метана  $\text{CH}_4$  следующая:



В молекуле этана  $\text{C}_2\text{H}_6$  все атомы углерода и водорода входят в состав одной частицы. Для этого два атома углерода должны образовать друг с другом химическую связь. Оставшиеся три единицы валентности каждый атом углерода использует для соединения с тремя атомами водорода. Тогда структурная формула этана:



Аналогичные рассуждения для пропана  $\text{C}_3\text{H}_8$  приводят к структурной формуле:



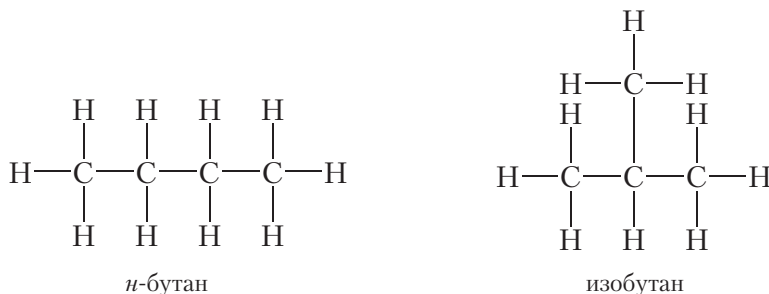
Как видно, во всех этих углеводородах углерод четырёхвалентен.

Рассмотрим теперь, какое влияние на свойства веществ оказывает последовательность связывания атомов в молекуле на примере соединения

с молекулярной формулой  $C_4H_{10}$ . Можно составить две цепи из четырёх атомов углерода: линейную и разветвлённую:



Таким образом, молекулярную формулу  $C_4H_{10}$  имеют два вещества:



Так как *n*-бутан (*n* — сокращённое от *нормальный*) и изобутан являются разными веществами, они должны иметь различные свойства. Действительно, температура кипения *n*-бутана равна  $-0,5^\circ\text{C}$ , тогда как температура кипения изобутана равна  $-12^\circ\text{C}$ . Таким образом, теория Бутлерова позволила объяснить, почему соединения, имеющие совершенно одинаковый состав, могут обладать различными свойствами. Вещества, молекулы которых имеют одинаковый качественный и количественный состав, но разное строение, называются **изомерами**.

Дальнейшее развитие науки только дополняло и совершенствовало теорию А. М. Бутлерова, показало её справедливость не только для органических, но и для неорганических соединений. Структурные формулы, впервые предложенные А. М. Бутлеровым, и сегодня с успехом используются для отображения строения молекул как органических, так и неорганических соединений.

Значение теории состоит в систематизации огромного фактического материала, что дало возможность целенаправленного синтеза новых веществ с заданными свойствами.

*Органическая химия — химия соединений углерода.*

*Органические соединения являются основой живых организмов.*

*В основе теории строения органических соединений А. М. Бутлерова лежат представления о том, что свойства веществ определяются не только их составом, но и последовательностью соединения атомов в молекуле.*

*Молекулы различных веществ могут иметь одинаковый состав, но разную последовательность соединения атомов в молекуле.*

### **Вопросы и задания**

1. Атомы какого элемента входят в состав всех органических веществ?
2. В чём сущность теории «жизненной силы»? Назовите учёных, внёсших значительный вклад в развитие органической химии.
3. Как можно доказать наличие атомов углерода и водорода в составе молекул органических соединений?
4. Сформулируйте важнейшие положения теории строения органических веществ. Справедлива ли эта теория для неорганических соединений?
5. Перечислите основные принципы строения молекул органических соединений. Чему равна валентность атомов углерода в составе органических веществ?
6. Какой тип химической связи преобладает в молекулах органических соединений?
7. При пропускании газообразных продуктов полного окисления органического вещества массой 0,508 г через избыток известковой воды было получено 3,600 г осадка. Вычислите массовую долю (%) углерода в органическом веществе.

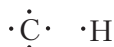
## Глава 2

# УГЛЕВОДОРОДЫ

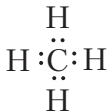
### § 6. Структурные формулы простейших углеводородов. Алканы. Изомерия алканов

Простейшими по составу органическими соединениями являются углеводороды. Молекулы углеводородов состоят только из двух элементов: углерода и водорода. Простейшим углеводородом является *метан*. Молекулярная формула метана —  $\text{CH}_4$ . Молекулярная формула отражает только состав молекулы метана. Рассмотрим строение молекулы метана.

Атом углерода имеет четыре валентных электрона, атом водорода — один. Это можно наглядно отобразить при помощи электронных формул:



Очевидно, что один атом углерода может образовать четыре ковалентные связи с четырьмя атомами водорода:

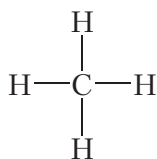


При этом атомы приобретают завершённые внешние электронные оболочки, углерод — восьмиэлектронную, водород — двухэлектронную.

Приведённая электронная формула отражает строение молекулы метана  $\text{CH}_4$ , в которой центральный атом углерода связан с четырьмя атомами водорода посредством четырёх общих электронных пар (четырёх ковалентных связей). На практике при отображении строения молекул органических



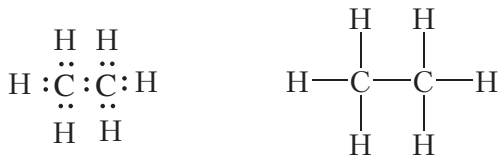
веществ удобнее пользоваться структурными формулами. Структурная формула метана:



Структурные формулы, в отличие от молекулярных, отражают не только состав, но и последовательность соединения атомов в молекуле.

Метан представляет собой бесцветный горючий газ без запаха, нерастворимый в воде. Температура кипения метана очень низка и составляет  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Метан является основным компонентом природного газа. Кроме этого, он встречается в месторождениях каменного угля, и его внезапные выбросы бывают причиной пожаров в угольных шахтах. Отсюда происходит название метана «рудничный газ». Выделения метана наблюдаются на торфяных болотах, этим обусловлено ещё одно его название — «болотный газ».

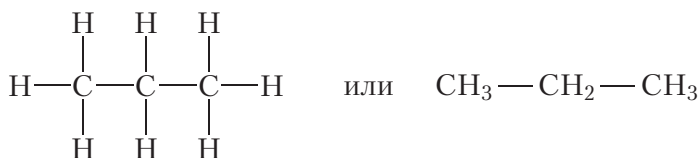
Составим структурную формулу следующего углеводорода — *этана*. Молекула этана содержит два атома углерода, соединённых одинарной связью. Учитывая, что углерод в органических веществах четырёхвалентен, легко составить электронную и структурную формулы молекулы этана:



Молекулярная формула этана —  $\text{C}_2\text{H}_6$ . Этан, как и метан, бесцветный горючий, нерастворимый в воде газ, имеющий температуру кипения  $-89\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Этан встречается в природе в составе природного газа.

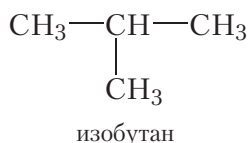
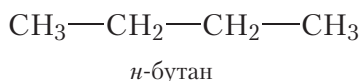
В органической химии обычно пользуются структурными, а не молекулярными формулами веществ. Для того чтобы структурные формулы не были слишком громоздкими, отдельные связи  $\text{C} - \text{H}$  в них, как правило, не указывают. В этом случае структурная формула этана будет выглядеть гораздо компактнее:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ .

Следующий углеводород — *пропан*. Молекула пропана содержит цепь из трёх атомов углерода, соединённых одинарными связями. Структурные формулы молекулы пропана:



Подсчитав число атомов углерода и водорода в структурной формуле пропана, можно записать его молекулярную формулу —  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Пропан так же, как метан и этан, является бесцветным горючим газом, входит в состав природного газа.

Из четырёх атомов углерода можно построить два вида цепей: нормальную (неразветвлённую) и разветвлённую. Структурные формулы соответствующих углеводородов:



Напомним, что для обозначения углеводородов, имеющих неразветвлённую (нормальную) цепь, в начале названия ставят букву «*n*» (§ 5).

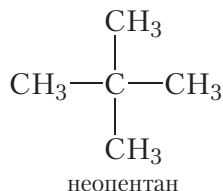
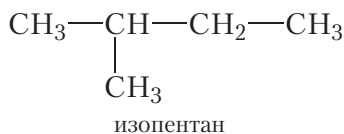
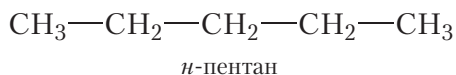
Как вы уже знаете из § 5, *n*-бутан и изобутан являются *изомерами*. Молекулы этих веществ имеют одинаковый качественный и количественный состав (молекулярная формула  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), но разное строение.

Изомерные *n*-бутан и изобутан при нормальных условиях — бесцветные газы без запаха, присутствуют в природном газе. Смесь пропана и изомерных бутанов, выделенными из природного газа, заполняют газовые баллоны, используемые в быту (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Баллоны с бытовым газом

Из пяти атомов углерода, соединённых одинарными связями, можно построить молекулы трёх углеводородов:



Состав всех трёх углеводородов одинаков и соответствует молекулярной формуле  $C_5H_{12}$ . То есть приведённые углеводороды являются изомерами.

Очевидно, что для углеводородов с большим числом атомов углерода в молекуле число изомеров будет значительным. Так, например, изомерных углеводородов состава  $C_{20}H_{42}$  насчитывается более 300 000, а число возможных изомерных веществ состава  $C_{40}H_{82}$  составляет более чем  $10^{12}$ .

Явление изомерии во многом обуславливает многообразие органических соединений, делает органическую химию поистине неисчерпаемой.

Мы рассмотрели строение углеводородов, в которых атомы углерода связаны между собой только одинарными связями, остальные связи углерод образует с атомами водорода. Состав таких углеводородов описывается молекулярными формулами  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_4H_{10}$ ,  $C_5H_{12}$  и т. д. Легко видеть, что для этих углеводородов можно предложить общую формулу:

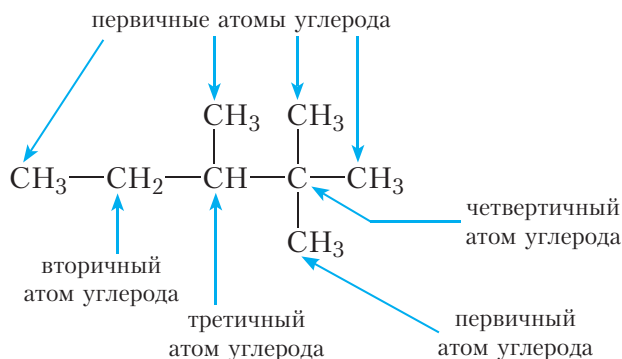


Все углеводороды нециклического строения, в молекулах которых имеются лишь одинарные связи, будут соответствовать данной общей формуле. Такие углеводороды называются *алканами*.

Атом углерода, связанный в углеродной цепи только с одним атомом углерода, называется *первичным*. Первичные атомы углерода являются концевыми элементами углеродной цепи. В молекуле этана оба атома углерода первичные.

*Вторичный* атом углерода связан с двумя атомами углерода. В молекуле пропана первый и третий атомы углерода являются первичными, второй атом — вторичным.

*Третичный* атом углерода связан с тремя атомами углерода; *четвертичный* — с четырьмя атомами углерода. Третичные и четвертичные атомы углерода являются точками разветвления углеродной цепи. Такие атомы углерода имеются в молекулах изопентана и неопентана (укажите их самостоятельно).



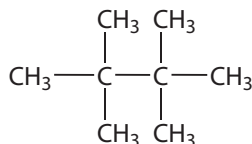
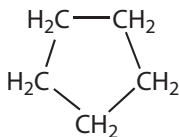
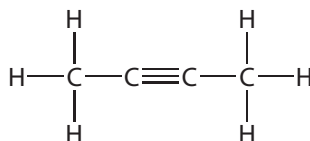
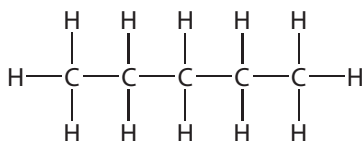
Углеводороды нециклического строения, в молекулах которых имеются только одинарные связи, называются алканами.

Общая формула алканов  $C_nH_{2n+2}$ .

Существуют два изомерных алкана состава  $C_4H_{10}$  и три изомерных алкана состава  $C_5H_{12}$ .

### Вопросы и задания

1. Среди перечисленных укажите формулы алканов:

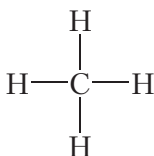


2. Напишите структурные формулы *n*-бутана и изобутана.
3. Что такое изомеры? Почему метан, этан и пропан не имеют изомеров?
4. Напишите структурные формулы всех углеводородов состава  $C_7H_{16}$ .
5. Составьте молекулярные формулы алканов, в молекулах которых содержится: а) восемь атомов углерода; б) двадцать атомов водорода.
6. Какое число атомов водорода — чётное или нечётное — может содержаться в составе молекул алканов и почему?
7. Для изомерных углеводородов состава  $C_4H_{10}$  укажите первичные, вторичные и третичные атомы углерода.

## § 7. Пространственное строение молекул алканов. $sp^3$ -Гибридизация

В предыдущем параграфе мы рассмотрели структурные формулы некоторых алканов. Структурные формулы отражают не только состав, но и последовательность соединения атомов в молекуле. В то же время структурные формулы могут не показывать пространственного строения молекулы.

Например, структурную формулу метана часто изображают следующим образом:



Экспериментально установлено, что молекула метана не является плоской, а имеет форму правильного тетраэдра, в центре которого находится атом углерода, а в вершинах — атомы водорода:

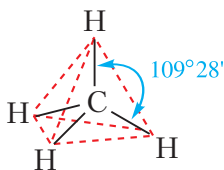
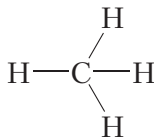


Рис. 7.1. Пространственное строение молекулы метана

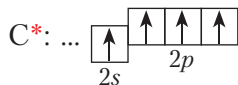
Угол между связями (*валентный угол*) в молекуле метана равен  $109^{\circ}28'$ .

В структурной формуле метана связи часто изображают под углом  $90^{\circ}$ . Возможны и другие варианты, например:



Все эти варианты структурных формул являются правильными, так как верно отображают последовательность соединения атомов в молекуле.

Рассмотрим строение молекулы метана более подробно. Образование связей в молекулах происходит в результате перекрывания атомных орбиталей. Строение электронной оболочки атома углерода в возбуждённом состоянии показывает электронно-графическая схема:



В возбуждённом состоянии у атома углерода имеется один электрон на *s*-орбитали и три электрона на *p*-орбиталях. При образовании ковалентных связей с атомами водорода возможны два способа перекрывания электронных облаков (рис. 7.2 и 7.3).

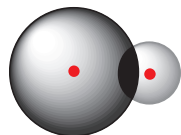


Рис. 7.2. Перекрытие  $2s$ -облака атома углерода и  $1s$ -облака атома водорода

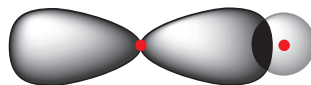


Рис. 7.3. Перекрытие  $2p$ -облака атома углерода и  $1s$ -облака атома водорода

Связь, образованная в результате перекрывания  $2s$ -орбитали атома углерода и  $1s$ -орбитали атома водорода (рис. 7.2), должна отличаться от трёх других связей, которые образуются в результате перекрывания  $2p$ -орбиталей атома углерода и  $1s$ -орбитали атома водорода (рис. 7.3). В действительности все четыре связи в молекуле метана совершенно одинаковы. Для объяснения этого факта используются представления о **гибридизации атомных орбиталей**.

При образовании ковалентных связей в молекуле метана четыре валентные орбитали атома углерода смешиваются и образуют четыре орбитали одинаковой формы (гибридные орбитали):

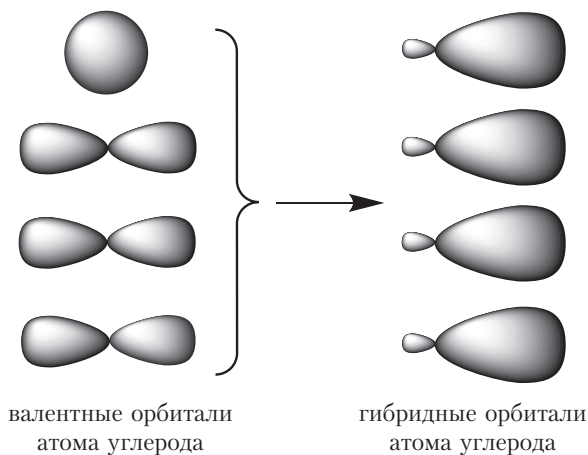


Рис. 7.4.  $sp^3$ -Гибридизация орбиталей атома углерода

Рассмотрим, как располагаются четыре гибридные орбитали атома углерода в пространстве. Электронные облака имеют отрицательный заряд, следовательно, гибридные орбитали должны располагаться таким образом, чтобы электростатическое отталкивание одноименно заряженных

электронов было наименьшим. Данному условию отвечает расположение гибридных орбиталей под углом  $109^{\circ}28'$  (рис. 7.5):

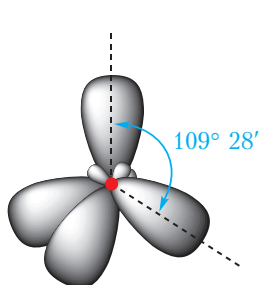


Рис. 7.5. Орбитали  $sp^3$ -гибридизованного атома углерода

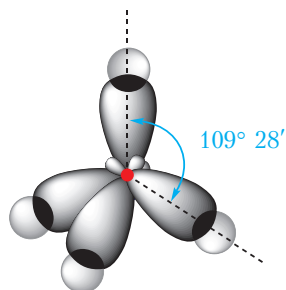


Рис. 7.6. Перекрытие электронных облаков атома углерода и четырёх атомов водорода в молекуле метана

Эти выводы подтверждаются результатами исследования с помощью физико-химических методов. Действительно, молекула метана имеет тетраэдрическую форму, угол между связями С—Н составляет  $109^{\circ}28'$  (рис. 7.6).

Из схемы перекрывания электронных облаков в молекуле метана видно, что гибридные электронные облака атома углерода вытянуты к атомам водорода. Такие облака могут сильнее перекрываться с электронными облаками атомов водорода и, следовательно, образовывать более прочные связи.

В  *$sp^3$ -гибридизации* участвуют четыре орбитали атома углерода — одна *s*- и три *p*-орбитали.  $sp^3$ -Гибридные орбитали располагаются в пространстве под углом  $109^{\circ}28'$ .

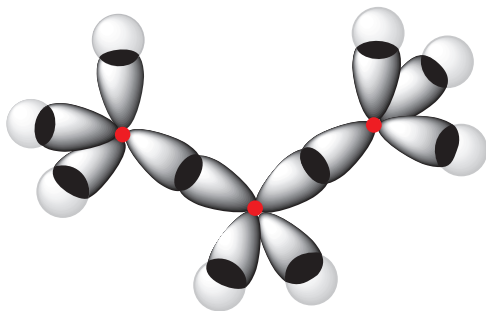


Рис. 7.7. Перекрытие электронных облаков в молекуле пропана  $C_3H_8$

Молекулы других алканов так же, как и молекула метана, построены из  $sp^3$ -гибридизованных атомов углерода. Каждый  $sp^3$ -гибридизованный атом углерода образует четыре ковалентные связи. Угол между этими связями приблизительно равен  $109^{\circ}$  (рис. 7.7).

Пространственное строение молекул органических соединений можно наглядно отобразить с помощью шаростержневых моделей.

Моделями атомов углерода являются шарики серого цвета с четырьмя отверстиями; моделями атомов водорода — шарики белого цвета с одним отверстием. Модели ковалентных химических связей — пластмассовые стержни. На рисунке 7.8 показаны шаростержневые модели молекул метана, пропана и *n*-бутана.

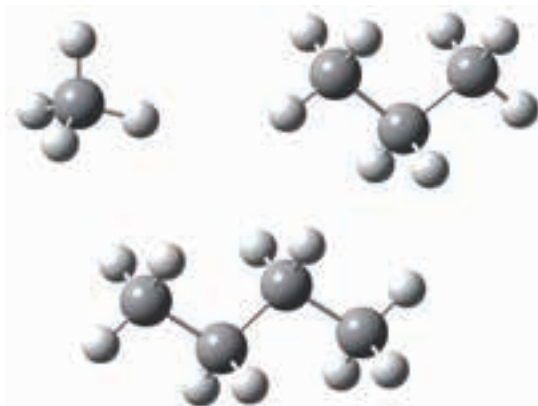
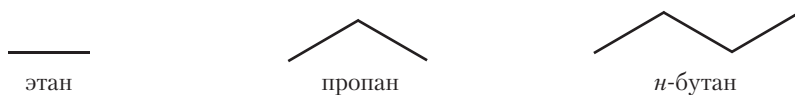


Рис. 7.8. Шаростержневые модели молекул метана, пропана и *n*-бутана

Видно, что атомы углерода в молекулах пропана и *n*-бутана не лежат на одной прямой. Например, углеродная цепь молекулы *n*-бутана имеет форму ломаной линии. Это объясняется тем, что угол между связями С—С—С в молекулах алканов приблизительно равен  $109^\circ$ .

Для изображения структуры алканов и других органических веществ часто используют формулы, в которых вообще не указываются химические символы углерода и водорода. Формулы алканов в этом случае представляют собой ломаные линии, отображающие углеродный скелет молекулы. Такие формулы называются *скелетными формулами*. Очевидно, что скелетные формулы можно записывать для алканов, начиная с этана, при этом формула этана имеет вид чёрточки, а формула пропана представляет собой ломаную линию, состоящую из двух прямых, и т. д.:



Скелетные формулы органических соединений широко используются, наряду с обычными структурными формулами. Преимущество данных формул — компактность и быстрота написания. Кроме этого, скелетные



формулы, в отличие от структурных формул, дают представление о пространственном строении молекул органических соединений.

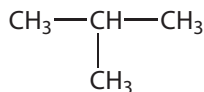
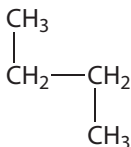
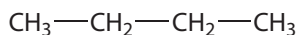
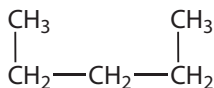
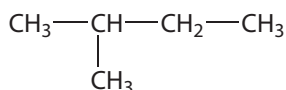
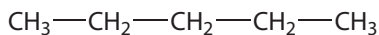
*Молекулы алканов построены из  $sp^3$ -гибридизованных атомов углерода.*

*Каждый  $sp^3$ -гибридизованный атом углерода образует четыре ковалентные связи. Угол между этими связями приблизительно равен  $109^\circ$ .*

*Углеродная цепь молекул алканов имеет форму ломаной линии.*

### Вопросы и задания

1. Почему молекула метана не является плоской?
2. Изобразите перекрывание электронных облаков в молекуле этана. Укажите приблизительные значения валентных углов в этой молекуле.
3. Алкан, имеющий неразветвлённую цепь из шести атомов углерода, называется *n*-гексан. Составьте структурную формулу *n*-гексана. Почему углеродная цепь молекулы *n*-гексана не является прямой линией, а имеет форму ломаной линии? Может ли углеродная цепь молекулы *n*-гексана принимать другие пространственные формы?
4. Укажите, сколько различных веществ обозначено следующими структурными формулами:



5. Найдите изомеры среди веществ, формулы которых приведены ниже:

