

Дж. Бенкс

НАЗВАНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ



NAMING ORGANIC COMPOUNDS

SECOND EDITION

A Programed Introduction
to Organic Chemistry

JAMES E. BANKS, Ph.D.

Montana State University



SAUNDERS GOLDEN SUNBURST SERIES

1976

W. B. SAUNDERS COMPANY

Philadelphia, London, Toronto

Дж. Бенкс

НАЗВАНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ

ПЕРЕВОД СО 2-го АНГЛИЙСКОГО ИЗДАНИЯ
В. М. ПОТАПОВА



МОСКВА «ХИМИЯ» 1980



Бенкс Дж.

Названия органических соединений. Программированное введение в органическую химию. — Пер. с англ. — М.: Химия, 1980. — 304 с., ил.

Цель книги — обучить составлению формул по названиям органических соединений и обратной операции — составлению названий по формулам. Особенностью книги является большое число задач (с различными ответами, решениями и пояснениями к ответам и решениям), что полезно для постоянного самоконтроля усвоения материала. В основу книги положены правила IUPAC, параллельно читатель знакомится с номенклатурной практикой Chemical Abstracts в ее современном варианте, что важно при пользовании этим реферативным журналом. В приложении дано описание линейного кодирования формул по Висвессеру.

Предназначена для научных работников — химиков и биохимиков, преподавателей вузов, студентов и аспирантов химических специальностей.

304 с., 20 табл., 4 рис., 14 литературных ссылок

Б $\frac{20504-209}{050(01)-80}$ 23.81.1803000000.

© 1976 by W. B. Saunders Company.

© Перевод на русский язык. М., «Химия», 1980 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к русскому изданию	7
Предисловие автора	11
Глава 1. Классификация органических соединений	13
1.1. Углеводороды	13
1.2. Алканы	26
1.3. Алкены	59
1.4. Алкины	68
1.5. Стереизомерия углеводородов и их производных	70
Глава 2. Циклические и замещенные углеводороды	93
2.1. Моноциклические углеводороды — циклоалканы, циклоалкены и циклоалкины	94
2.2. Спирановые, конденсированные и мостиковые углеводороды, ансамбли циклов	104
2.3. Ароматические углеводороды	110
2.4. Свободные радикалы и ионы	118
2.5. Алкил- и арилгалогениды	124
2.6. Нитросоединения	130
Внимание! Типы систематической номенклатуры и построение названий	137
Глава 3. Функциональные группы	142
3.1. Алифатические спирты (алканолаы)	142
3.2. Ароматические гидроксильные соединения	149
3.3. Альдегиды и кетоны	153
3.4. Карбоновые кислоты	160
3.5. Сложные эфиры	170
3.6. Простые эфиры	177
3.7. Амины и имины	185
3.8. Амиды и имиды	191
3.9. Аминокислоты	196
3.10. Нитрилы	199
3.11. Другие азотсодержащие группы	
3.12. Органические соединения серы	
Внимание! Как избежать ловушек номенклатуры	212
Глава 4. Гетероциклические соединения	214
Внимание! Chemical Abstracts	224

<i>Глава 5. Природные продукты</i>	229
5.1. Углеводы	229
5.2. Пептиды и белки	261
5.3. Жиры и масла	265
5.4. Терпены	267
5.5. Стероиды	273
<i>Приложение 1. Старшинство некоторых распространенных групп по правилу последовательности</i>	277
<i>Приложение 2. Заместительные названия функциональных групп</i>	278
<i>Приложение 3. Порядок старшинства классов соединений</i>	280
<i>Приложение 4. Линейное кодирование формул по Висвессеру</i>	280
<i>Литература</i>	290
<i>Предметный указатель</i>	292

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Без знания номенклатуры органических соединений не может обойтись ни один химик-органик: это язык, необходимый для общения друг с другом. Огромное число органических соединений, сложность и разнообразие их строения обуславливают и сложность номенклатуры в этой области химии. Достаточно сказать, что правила IUPAC изданы в 1979 г. в виде книги объемом свыше 550 страниц.

Уже одно сопоставление объема книги Бенкса с общим объемом правил показывает, что данная книга не может быть исчерпывающим изложением всех правил номенклатуры органических соединений. Автор и не ставил перед собой такую задачу. Книга Бенкса знакомит читателя с *основами* номенклатуры органических соединений; она имеет в оригинале характер учебного пособия для студентов, изучающих органическую химию. Проработав книгу Бенкса, даже читатель, до этого совершенно незнакомый с органической химией, получит начальные знания в области органической химии, причем не только в области номенклатуры, но также узнает кое-что о свойствах и применениях отдельных органических веществ. Это в определенной мере оправдывает и имеющийся в английском оригинале подзаголовок — «Введение в органическую химию». Этот подзаголовок оправдывается и программированным характером пособия, требующим не простого чтения, а именно *проработки* книги.

При переводе необходимо было избежать двух крайностей: чисто формальной передачи английских названий на русском языке без учета имеющихся традиций отечественной химической номенклатуры и особенностей языка, — и слишком «вольного» перевода, далекого от оригинала. В действительности номенклатура не может быть просто переведена: она должна быть адаптирована к языку. Это должно бы быть задачей авторитетной комиссии. Однако

опыт работы комиссии по номенклатуре органических соединений, действовавшей при химическом отделении АН СССР под руководством чл.-корр. А. П. Терентьева, убеждает в том, что общего согласия по вопросам номенклатуры добиться практически невозможно.

В связи с этим переводчик взял на себя смелость, после консультации с некоторыми коллегами, попытаться в данном переводе провести адаптацию международных правил к русскому языку. Она касается и некоторых распространенных названий: сохранен в русском тексте «бензол» вместо не привившегося «бензен»; вместо до сих пор употреблявшегося обозначения «окси» для НО-группы используется предлагаемый в правилах IUPAC термин «гидрокси», что точнее передает строение НО-группы, и т. д.

Адаптируя международные правила к русскому языку, не следует отказываться от некоторых полезных традиций. Это, в частности, относится к вопросу о положении цифр (локантов) в названиях. Вынос локантов вперед вовсе не является признаком точного следования правилам IUPAC: последние не определяют таких деталей записи названий. В то же время принятое в англо-американском варианте расположение локантов отрывает их от тех частей названия, к которым локанты относятся, и тем самым затрудняет понимание названий. Традиция отечественной номенклатуры — помещать локанты *перед* префиксами (приставками) и *после* суффиксов — разумна, ибо позволяет максимально разгрузить словесную часть названия от цифр и в то же время увеличивает наглядность названия. Такое расположение и принято в переводе. Оно составляет, пожалуй, наиболее заметное расхождение с английским текстом.

Требовал решения и другой вопрос: придерживаться ли при выборе порядка расположения префиксов старшинства, определяемого химическим строением групп, или принять простое расположение по алфавиту (правила IUPAC до самого последнего времени допускали обе альтернативы, однако в публикации правил 1979 г. остался только алфавитный порядок). Несомненно, что алфавитный порядок имеет тот существенный недостаток, что он оказывается разным на разных языках. Однако в переводе все же было решено придерживаться алфавитного порядка (естественно, русского), так как правила старшинства заместителей в номенклатуре IUPAC по существу детально не разработаны. Заметим лишь,

что в настоящее время можно было бы предложить создание строгих, однозначных правил старшинства на основе того же принципа, который уже вошел в употребление в стереохимической номенклатуре (обозначения *R*, *S* и *Z*, *E*). Однако этот вопрос является дискуссионным. Удобства же алфавитного расположения префиксов очевидны и особенно наглядны при построении названий полифункциональных соединений и поиске соединений в литературе по их названиям.

Наконец, в ряде случаев полезно было учесть и то, что для русского языка характерно гораздо более частое употребление оборотов с прилагательным, чем в английском языке: это находит свое отражение и в номенклатуре.

Во всех тех случаях, когда по перечисленным выше причинам русские названия оказываются существенно отличными от названий, использованных в оригинале, — к тексту даны необходимые примечания. В ряде случаев названия параллельно приведены на двух языках. Английский текст книги, опубликованный в 1976 г., естественно, не мог учесть последнего варианта правил IUPAC, изданного в 1979 г. («IUPAC. Nomenclature of Organic Chemistry. Sections A, B, C, D, E, F and H», Pergamon Press, Oxford—New York—Toronto—Sydney—Paris—Frankfurt, 1979, 559 p.). В тех случаях, когда правила 1979 г. отличны от прежнего варианта, в тексте также сделаны необходимые изменения.

Говоря об особенностях английского оригинала, следует отметить, что автор несколько непривычно для нас проводит различие между заместителями и функциями: все, что помещается в названии перед его основой, — это заместители. Природа группы при этом не играет роли — это могут быть и углеводородные радикалы, и неуглеродные группы (галогены, нитрогруппа), даже функции, название которых перешло в префикс. Функциональная же группа в названии каждого соединения при таком подходе может быть только одна, и ее обозначают суффиксом после основы названия. Такое разграничение между заместителями и функциями полностью порывает с традициями, идущими еще со времен Бейльштейна, однако для целей номенклатуры его нельзя не признать целесообразным.

Ценной особенностью книги является также то, что она не только знакомит с правилами IUPAC, но обращает внимание на различия, существующие между этими правилами и практикой

Chemical Abstracts (CA). Знать это важно при пользовании указателями CA, тем более что различия иногда могут быть весьма существенными. Названия по правилам CA чаще всего воспроизведены без перевода, так как читатель может столкнуться с ними прежде всего в указателях CA и подлинное написание для него при этом важнее, чем русский перевод.

Большой интерес для читателей представит приложение, посвященное линейному кодированию формул по Висвессеру. Эта система уже получила практическое применение в указателях ряда зарубежных информационных изданий, и можно ожидать ее дальнейшего распространения.

Книгу Бенкса можно рекомендовать не только студентам, впервые знакомящимся с органической химией, но и более подготовленным читателям — аспирантам, преподавателям, научным работникам, нуждающимся в пополнении и систематизации своих знаний в области номенклатуры органических соединений. Ценность книги повышается еще и тем, что правила IUPAC в их полном современном виде на русский язык до сих пор не переведены. В 1979 г. Национальным комитетом Советских химиков опубликован параллельный английский и русский текст разделов А, В, С и D по изданию 1969 года.

Хотелось бы высказать надежду, что появление перевода книги Бенкса будет в какой-то мере способствовать однозначной интерпретации правил IUPAC в отечественной литературе, унификации русской номенклатуры органических соединений, в которой (увы!) уже начали появляться оттенки в зависимости от места издания книги или журнала.

профессор В. М. Потапов

ноябрь, 1979 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

Эта программа самообучения предназначена для того, чтобы помочь понять правила, которые химики используют для передачи в названиях строения органических соединений. Моя цель — помочь вам научиться выводить названия органических соединений по их формулам и писать структурные формулы, отвечающие заданному названию. Продвигаясь по программе, вы неоднократно будете иметь возможность проверить свои успехи. В начальных главах упражнения обычно представляют собой вопросы с выборочными ответами. Вам будут полезны пояснения, которые приведены как после правильных, так и после неправильных ответов. В последующих главах вопросы более широки, и вы сможете продвигаться быстрее.

Общезвестно, что с помощью тривиальных названий идентифицируют вещества, а с помощью систематических названий — структуры. Для периода, охватываемого IX сводным указателем (1972 — 1976 гг.), реферативный журнал *Chemical Abstracts* отказался от большинства тривиальных названий и принял систематическую номенклатуру. Поскольку правила IUPAC по-прежнему разрешают употребление многих тривиальных названий (*имен*), получается, что соединение может иметь два допустимых названия. Это обстоятельство потребовало фактически заново написать текст второго издания. Гл. 1, 2 и 3 переработаны и расширены, гл. 4 и 5 полностью написаны заново.

Настойчиво рекомендуем ознакомиться с приложением, посвященным линейному кодированию формул по Висвессеру, хотя оно и не является неотъемлемой частью программы. Всем сегодняшним студентам несомненно придется пользоваться этим материалом в период своей профессиональной деятельности.

Понимание правил номенклатуры необходимо для успеха при изучении органической химии. Прилежно читая программу и используя основы номенклатуры в своей ежедневной работе, вы

будете получать удовлетворение от знакомства с языком органической химии.

Автор хочет выразить уважение к тем, кто потратил свое время, внося вклад в подготовку второго издания. Как и при первом издании, д-р А. Дж. Бернارد мл. читал всю рукопись и внес предложения, существенно улучшившие программу. Профессора Ф. К. Кертледж, Дж. С. Свентон и А. Л. Терней также приняли участие в обсуждении всей программы. Д-р А. Липкович читал подготовленную рукопись. А. Бенкс помогала в чтении гранок. Однако за все встречающиеся ошибки, неясности и несогласованности ответственность несет, конечно, автор. В заключение выражаю благодарность Дж. Гербут из издательства «Саундерс» за его помощь и доброжелательность.

Дж. Э. Бенкс

Бозмен, Монтана

**КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ**

Назначение химического названия сходно со значением собственного имени человека. Оно дает химику слово или ряд слов, однозначно указывающих на определенное вещество. Систематическое название по меньшей мере заменяет эмпирическую формулу вещества, а если возможно — отражает и его главные структурные особенности.

1.1. УГЛЕВОДОРОДЫ

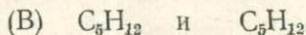
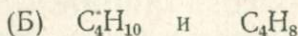
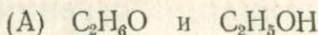
Соединения, состоящие только из углерода и водорода, называют *углеводородами*. Существуют миллионы углеводородов и их производных. Хотя большинство органических соединений содержит наряду с углеродом и водородом также и другие элементы, все эти соединения являются производными углеводородов.

Вы знакомы с эмпирическими формулами, которые указывают соотношение атомов элементов в соединении. В случае неорганических соединений эмпирическая формула обычно достаточно идентифицирует их. Многие органические соединения имеют, однако, одинаковые эмпирические формулы. Молекулярные формулы указывают не только отношение атомов, но и их действительное число в молекуле. Например, молекулярным формулам $C_2H_4O_2$, $C_3H_6O_3$ и $C_4H_8O_4$ соответствует одна и та же эмпирическая формула CH_2O .

В некоторых случаях определенная молекулярная формула отвечает более чем одному соединению. Подобные соединения называют *изомерами*. Имея одинаковые молекулярные формулы, изомеры все же явно являются различными веществами. Каждый из них имеет свои характерные химические и физические свойства, отличающие его от других изомеров. Например, существует 35 изомеров с молекулярной формулой C_9H_{20} . Один химик, занимающийся также математикой, вычислил, что может существовать 4 111 846 763 изомера с формулой $C_{30}H_{62}$.

Как мы увидим на следующих страницах, изомеры обычно различаются порядком связи атомов. Давая каждому соединению свое индивидуальное название, химик может избежать необходимости характеризовать соединение указанием характерных для него свойств.

Какие из приводимых ниже пар формул могут изображать два изомерных углеводорода? Выбрав ответ (А), (Б) или (В), проверьте его правильность по приводимому ниже разбору.



(А). Вы ошиблись, ответив, что формулы C_2H_6O и C_2H_5OH изображают два изомерных углеводорода. Они действительно могут быть изомерами, так как имеют одинаковую молекулярную формулу. Однако они не удовлетворяют другому условию: это не углеводороды. Углеводороды — это соединения, содержащие только углерод и водород. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы неправы, ответив что C_4H_{10} и C_4H_8 представляют два изомерных углеводорода. Поскольку каждая из формул содержит только углерод и водород, обе они действительно изображают углеводороды. Однако это не изомеры, поскольку изомерами являются вещества с одинаковой молекулярной формулой. Например, C_2H_6O и C_2H_5OH являются изомерами. Вернитесь и выберите другую пару формул.

(В). Вы правы. Поскольку формулы содержат только водород и углерод, а также поскольку состав их одинаков, C_5H_{12} , представлены два углеводорода, которые могут быть изомерами. Переходите к следующему разделу.

Молекулярные формулы не дают достаточной информации для того, чтобы различить изомеры. Такую информацию дают структурные формулы. Они показывают порядок связи атомов друг с другом. Для изображения ковалентной связи используют черточку, символизирующую пару электронов. В качестве примера ниже приводится структурная формула вещества с молекулярной формулой C_3H_8 :

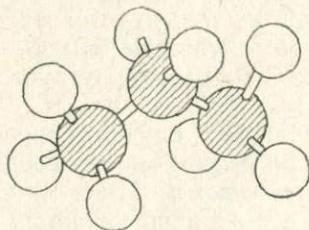
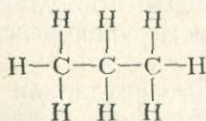
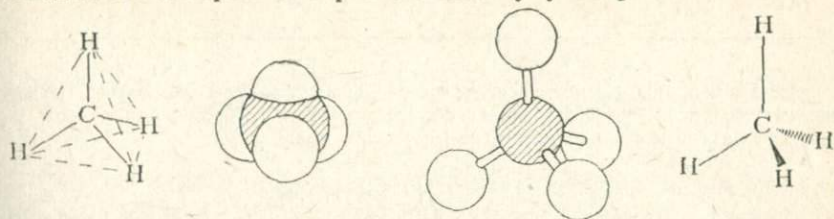


Рисунок рядом с формулой показывает один из видов моделей, изображающий ту же молекулу.

Вам может оказаться трудным увидеть, что модель и структурная формула изображают одну и ту же молекулу. Затруднения связаны с тем фактом, что структурная формула является проекцией трехмерного объекта на плоскость. Это связано с некоторыми искажениями. Даже простейший углеводород, метан CH_4 , на плоскости изображается уже неточно, так как четыре ковалентных связи углеродного атома не лежат в плоскости, а образуют тетра-

эдрическую фигуру. Ниже приводятся четыре разных модели, каждая из которых изображает молекулу CH_4 :

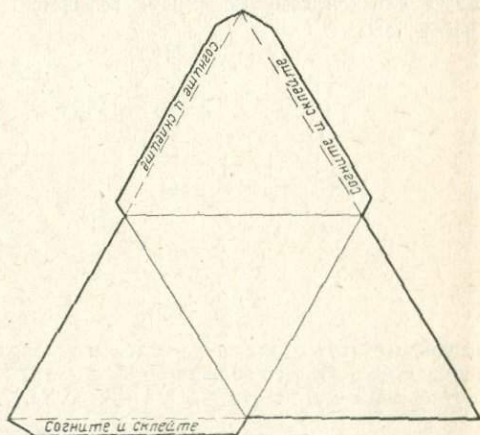


Модель, помещенная справа, иллюстрирует условное изображение, употребляемое для выражения направления связей. Клинь изображает связь, выходящую из плоскости; его широкую часть надо представлять себе приближающейся к наблюдателю. Штриховой клинь (или пунктирная линия) указывает связь, лежащую за плоскостью проекции, удаляющуюся от наблюдателя. Эта модель сходна с проекцией Фишера (см. с. 85).

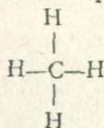
Вы можете изготовить модель тетраэдра по рис. 1.1. Линии, идущие из центра тетраэдра к его вершинам, совпадают с направ-

Рис. 1.1 Модель тетраэдра.

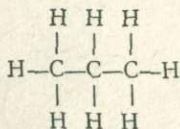
Если ядро атома углерода представить себе в центре тетраэдра, то четыре ковалентные связи будут направлены к его вершинам. Для изготовления модели скопируйте рисунок на плотную бумагу или картон, вырежьте по утолщенным линиям. Полезно изготовить несколько тетраэдров. Модель согните по сплошным и пунктирным линиям и склейте ее, как указано на рисунке.



лением связей атома углерода. Химики обычно пишут структурные формулы со связями, направленными под прямыми углами. Структурную формулу метана изображают так:



Рассмотрите приводимую ниже структурную формулу:

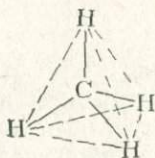


Находятся ли все атомы в одной плоскости? Изображает ли формула «плоскую» молекулу?

(А) Да;

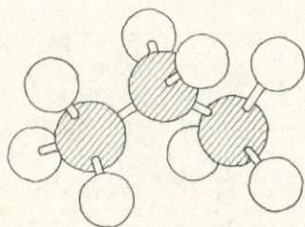
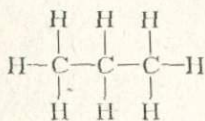
(Б) нет

(А). Вы неправы. Помните всегда, что реальные молекулы трехмерны. Четыре ковалентные связи, которые может образовать атом углерода, направлены из центра тетраэдра к его вершинам, как показано ниже:



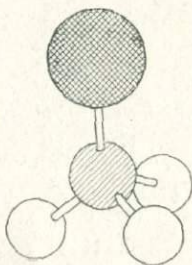
Записывая формулы на бумаге, связи обычно располагают под прямыми углами друг к другу. Вспомните, что главная особенность структурных формул та, что они указывают *порядок связи* атомов друг с другом. Продолжите работу, прочтите ниже разбор ответа (Б).

(Б). Вы правы. Запись структурной формулы на плоском листе бумаги не делает плоской саму молекулу. Тщательно сравнив структурную формулу и модель C_3H_8 ,

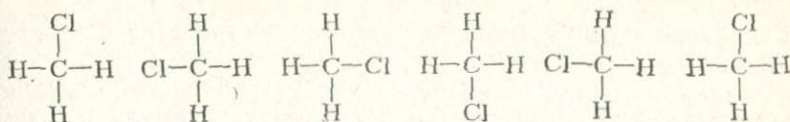


вы увидите, что в обоих случаях атомы углерода и водорода связаны в одинаковом порядке. Это все, что должна выразить структурная формула: пространственных соотношений она не отражает. Переходите к следующему разделу.

Соединение с молекулярной формулой CH_3Cl , представленное моделью

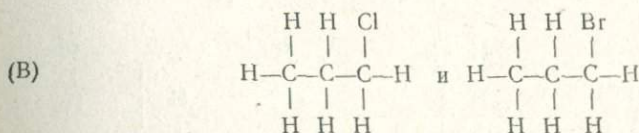
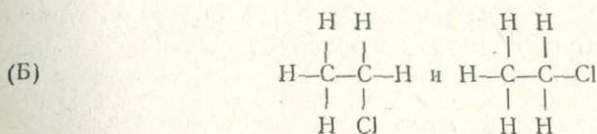
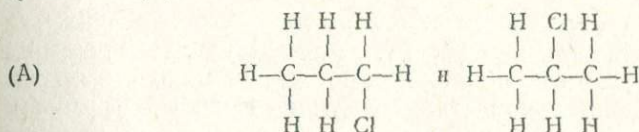


может быть изображено несколькими по-разному написанными структурными формулами. Вот некоторые из них:



Структурные формулы не могут дать информации об ориентации молекулы в пространстве. Любая структурная формула, показывающая, что три атома водорода и один атом хлора связаны с атомом углерода, правильно изобразит строение этого соединения.

Какая из приводимых ниже пар структурных формул изображает одну и ту же молекулу?

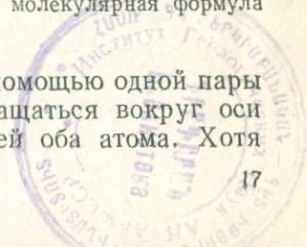


(A). Вы ошиблись. Эта пара структурных формул не изображает одну и ту же молекулу. Внимательно рассмотрев их, вы увидите в каждой из них цепь из трех атомов углерода, которую можно изобразить так: C—C—C. В первой из формул хлор связан с одним из крайних атомов углерода. Во второй формуле атом хлора связан с углеродом, стоящим в середине цепи. Поскольку не все атомы связаны одинаково, формулы изображают два разных вещества, две разные молекулы. Вам следует понять, что это изомеры. Вернитесь и выберите другой ответ.

(B). Правильно. Эти две формулы действительно изображают одну и ту же молекулу. Поскольку все ковалентные связи, образуемые атомом углерода, химически идентичны, безразлично, как они ориентированы при написании структурной формулы. Переходите к следующему разделу.

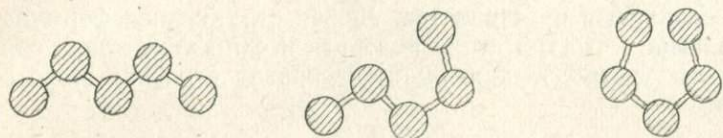
(B). Вы неправы. Еще раз внимательно посмотрите на формулы. Вы обнаружите, что это даже не изображения изомеров. Одна молекулярная формула C₂H₅Cl, другая C₂H₅Br. Выберите другой ответ.

Атомы, связанные ковалентной связью с помощью одной пары электронов, обычно считают способными вращаться вокруг оси этой связи, т. е. вокруг линии, соединяющей оба атома. Хотя

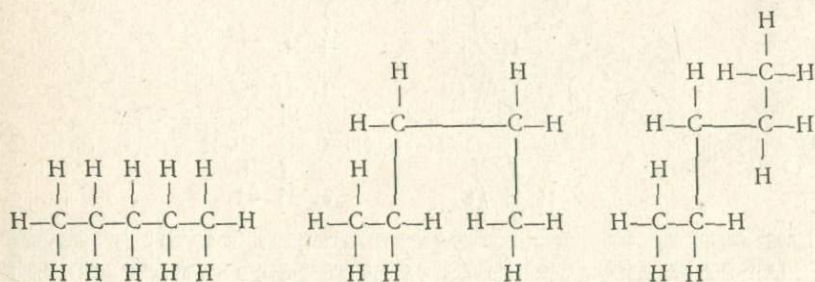


энергия при разных ориентациях несколько различна, однако эти различия малы и при обычных температурах не существует барьера, препятствующего вращению.

Структурные формулы не показывают пространственной ориентации молекулы или входящих в нее атомов. Например, приводимые ниже три рисунка изображают углеродную цепь одной и той же молекулы, имеющей молекулярную формулу C_5H_{12} :

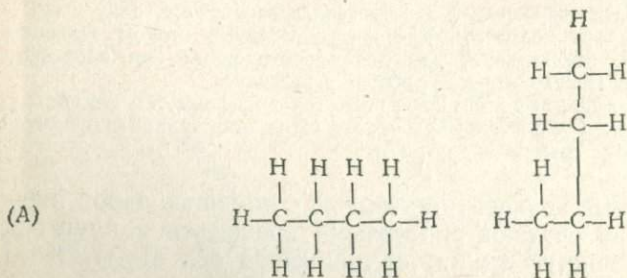


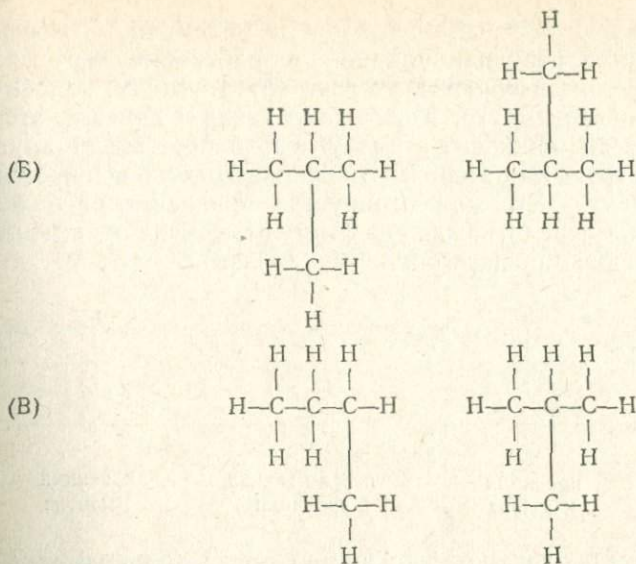
Структура молекулы не меняется от того, что она движется в пространстве или изменяет свою форму в результате вращения вокруг осей, образуемых простыми связями. Обычно структуры изображают в максимально вытянутой форме. Изгибы в формулах имеют не большее значение, чем изгибы при рассмотрении порядка связи атомов в молекуле. Приводимые ниже три структурных формулы изображают одну и ту же молекулу:



Атомы во всех трех формулах связаны друг с другом одинаково.

Найдите пару структурных формул, изображающих два разных соединения, а не различным образом записанную одну и ту же молекулу:





(А). Вы неправы. Выбранная вами пара структурных формул изображает одно и то же вещество. Единственное различие между формулами в том, что во второй из них углеродная цепь изображена изогнутой. Вспомните, что молекулы могут изменять свою форму без изменения строения. Поскольку структурные формулы выражают строение молекулы, а не ее форму, запись может быть сделана с разной ориентацией, не нарушающей строения. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Неверно. Эти две структурные формулы идентичны. Единственное различие в том, что вторая повернута на 180° вокруг оси цепи углеродных атомов. Это изменение в ориентации, а не различие в строении. Вспомните, что структурные формулы не дают информации о пространственной ориентации. Они изображают только строение. Вернитесь и выберите другой ответ.

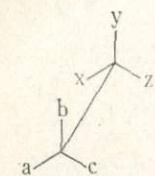
(В). Вы правы. Эти две структурные формулы изображают разные соединения. В первом из них четыре углеродных атома связаны в протяженную (неразветвленную) цепь. Во втором цепь состоит лишь из трех атомов углерода, а четвертый связан с центральным атомом цепи. Это структурное различие, а не различие в ориентации. Обратите внимание на то, что черточки, символизирующие ковалентную связь, могут иметь любую длину, которая нужна для удобного расположения символов всех атомов.

Молекулы, имеющие одинаковое строение и различающиеся пространственной формой в результате вращения вокруг углерод-углеродных связей, имеют разную *конформацию*, их называют *конформерами* (конформационными изомерами). Хотя различия в конформации не отражаются в названиях веществ, вы все же должны быть знакомы с этим явлением.

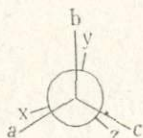
В 1954 г. Ньюмен предложил особые формулы для изображения разных конформаций. Они оказались удобными и получили быстрое признание под названием проекций Ньюмена.

Для построения проекций Ньюмена по структурной формуле прежде всего надо выбрать углерод-углеродную связь, по оси

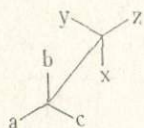
которой могут вращаться остальные части молекулы. Эту ось представляют себе перпендикулярной к плоскости чертежа. Два углеродных атома изображают в виде круга. Линии, направленные извне к центру круга, изображают связи с другими атомами. Линии связей ближнего атома углерода пересекают круг и сходятся в центре. Линии связей удаленного атома кончаются на периферии круга. Это иллюстрируется приводимыми ниже двумя примерами. Слева от каждой из формул Ньюмена приведены перспективные проекции («лесопильные козлы»).



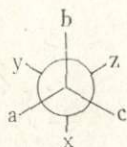
перспективная проекция



проекция Ньюмена



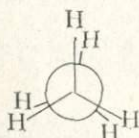
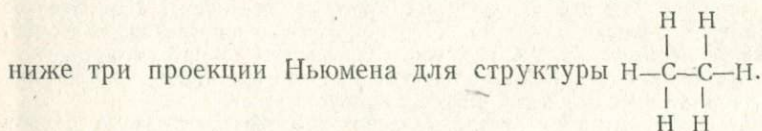
перспективная проекция



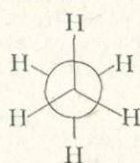
проекция Ньюмена

В классическом подходе конформерами считают только формы, возникающие в результате вращения вокруг простых связей. Ныне некоторые химики распространяют этот подход и на связи более высокого порядка, включая двойные связи. Большинство химиков считают, однако, что вращение вокруг двойной связи приводит к появлению изомеров, а не конформеров (см. с. 72).

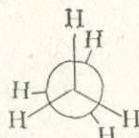
Вид конформеров обозначается прилагательными *заслоненный*, *заторможенный*, *частично заслоненный*. Посмотрите на приводимые



заслоненный



заторможенный



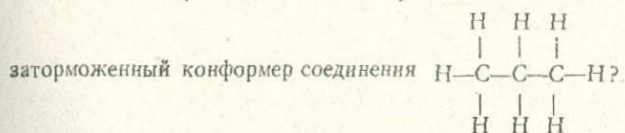
частично заслоненный

Обратите внимание на то, что, изображая заслоняющие друг друга связи в первом из конформеров, их помещают под небольшим углом друг к другу. В заторможенном конформере угловое расстояние между атомами водорода максимально. Частично заслоненный конформер является промежуточным между двумя первыми. Для взятой в качестве примера молекулы существует только один заслоненный и один заторможенный конформер,

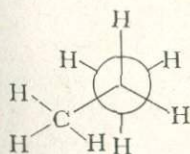
частично заслоненных конформеров может быть бесконечно много (в зависимости от величины угла между связями). У изображенной молекулы наименьшей энергией обладает заторможенная конформация; это термодинамически наиболее устойчивая форма.

Проекция Ньюмена используется при изучении циклических соединений, включая такие сложные природные продукты, как стероиды.

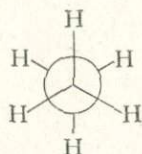
Какая из приводимых ниже проекций Ньюмена правильно изображает



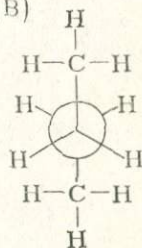
(А)



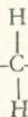
(Б)



(В)



(А). Вы правильно сообразили, что группировка $\text{H}-\text{C}-$ должна быть соеди-

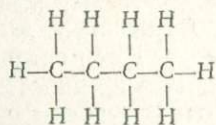


нена с одним из углеродных атомов, изображенных в виде круга в проекции Ньюмена. Связи находятся под углом 60° , что соответствует заторможенной конформации. Переходите к следующему разделу.

(Б). Нет. Связи расположены правильно, однако подсчитайте число атомов. Находите ли вы три атома углерода и восемь атомов водорода? Не найдя, вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Вы неправы. Проекция действительно изображает заторможенную конформацию, однако подсчитайте число атомов. Помните, что круг изображает два атома углерода. Находите ли вы три атома углерода и восемь атомов водорода? Не найдя, вернитесь и выберите другой ответ.

[* Для более сложных молекул число конформеров возрастает. Рассмотрим в качестве примера соединение с формулой

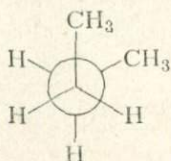


Здесь возможно существование трех заслоненных и трех заторможенных конформеров (кроме того — бесконечного числа ча-

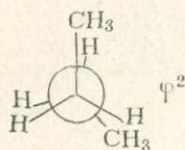
стично заслоненных). Ниже приводятся их проекции Ньюмена с указанием условного обозначения двугранного угла φ и принятых названий:



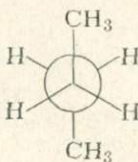
цисондный, φ^0



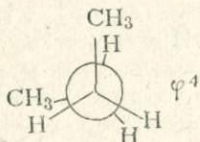
скошенный правый, φ^1



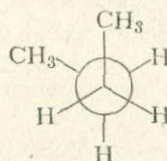
φ^2



трансондный, φ^3



φ^4



скошенный левый, φ^5

— Прим. переводчика. *]

Резюме

1. Структурные формулы используют для того, чтобы указать порядок связи атомов в органических соединениях.

2. Структурные формулы не показывают действительной трехмерной формы органических молекул; такие формулы являются двумерным изображением трехмерных объектов. Они указывают порядок связи атомов в молекуле.

3. Молекулы находятся в постоянном движении. Обычные структурные формулы не дают информации о пространственной ориентации молекул, изображаемых этими формулами.

4. Вращение атомов вокруг оси соединяющих их ковалентных связей позволяет молекулам принимать различные формы без изменения их строения. Структурные формулы, отражающие одну и ту же структуру, могут иметь различный внешний вид.

5. Различные пространственные формы молекул, возникающие в результате вращения вокруг ковалентных простых углерод-

углеродных связей, называют конформерами. Для их изображения можно использовать проекции Ньюмена.



заторможенный



частично
заслоненный

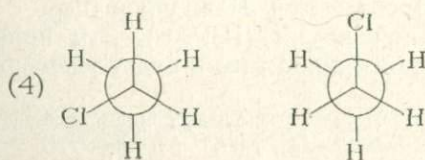
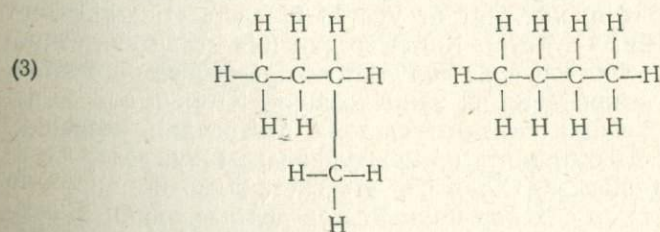
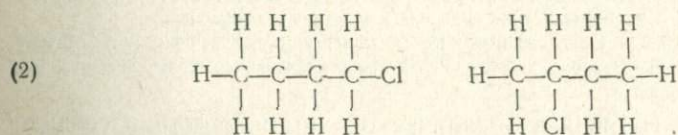
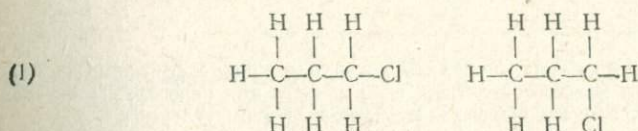


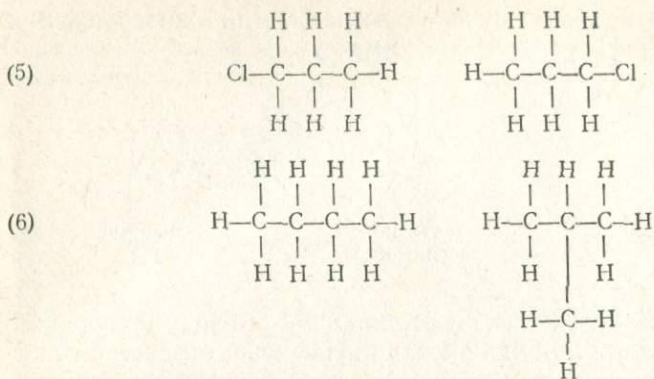
заслоненный

Сказанное вам необходимо постоянно иметь в виду при сравнении структурных формул или проекций Ньюмена, отличая подлинные структурные различия от разных способов записи одинаковых молекул.

Ниже приводятся несколько пар формул. Определите, изображают ли они одинаковые или различные молекулы. Ниже приведены и ответы; закройте их, пока не придете к собственному решению.

Итак, какие из приводимых пар формул отвечают одной и той же молекуле, какие различным молекулам:





(1). Одна и та же молекула. Помните, что все четыре ковалентные связи атома углерода эквивалентны.

(2). Различные молекулы. Атомы хлора связаны с различными атомами углеродной цепи. (Запомните: приведенные два соединения — изомеры.)

(3). Одна и та же молекула. Изгибы не означают, что структуры различны.



(5). Одна и та же молекула. Молекулы постоянно движутся в пространстве. Приведенные формулы можно совместить, если одну из них перевернуть на 180° по вертикальной оси, проходящей через центральный атом углерода.

(6). Различные молекулы. Первая формула изображает протяженную цепь из четырех атомов углерода, во второй формуле цепь состоит только из трех атомов углерода, а четвертый присоединен к среднему атому цепи.

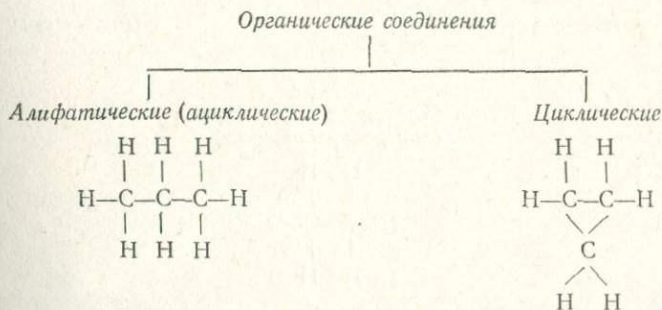
Рассмотрите еще раз все задания, в которых вы ошибались, пока не убедитесь, что вы понимаете правильный ответ. После этого переходите к следующему разделу.

В прежние времена в органической химии названия соединений давали по их природному источнику. Например, название уксусная кислота происходит от укуса (англ. acetic acid — от латинского acetum — укус). Когда соединения стали синтезировать из иных источников, а не получать из природных продуктов, актуальной стала проблема их наименования. Химики вскоре поняли, что необходима какая-то система построения названий. Одна из систем была принята на международном конгрессе химиков в 1892 г. в Женеве. С тех пор эта система модифицирована и расширена: она до сих пор применяется под названием Женевской системы*. Сегодня правила составления названий органических соединений создаются Международным союзом теоретической и прикладной химии (IUPAC). Эти правила пользуются международным признанием; им и будет уделено основное внима-

* Точнее сказать, что часть основных принципов Женевской системы лежит и ныне в основе используемых правил номенклатуры. — Прим. переводчика.

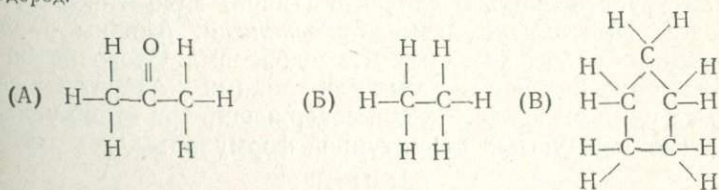
ние в данной книге. Поскольку практика американских химиков отличается от правил IUPAC, будет рассмотрен и подход Chemical Abstracts (далее Chem. Abstr., или CA) к составлению названий. Будут упомянуты также несистематические (тривиальные) названия, допускаемые правилами IUPAC. Систематическая химическая номенклатура не закреплена на вечные времена — изменение и усовершенствование происходит постоянно. Практика Chem. Abstr. претерпела существенные изменения в 1972 г. и теперь лишь немногие тривиальные названия используются в указателях*. Однако такие названия по-прежнему широко используются химиками в устном и письменном общении, а также для торговых химикатов. Поэтому такие названия важны и для студентов-химиков.

Первый шаг в классификации органических соединений заключается в разделении их на две больших группы: соединения с открытой цепью, или алифатические, и соединения циклические. Термин «алифатические» происходит от греческого слова «жир»: жирные кислоты являются алифатическими соединениями (см. разд. 5.3). Обсуждаемое нами разделение иллюстрирует приводимая ниже схема:



Запомните, что в циклических соединениях имеется замкнутое кольцо (цикл) связанных друг с другом атомов углерода, в то время как в алифатических соединениях такого кольца нет. Алифатические соединения называют иногда ациклическими.

Какие из приводимых ниже структурных формул изображают алифатический углеводород?



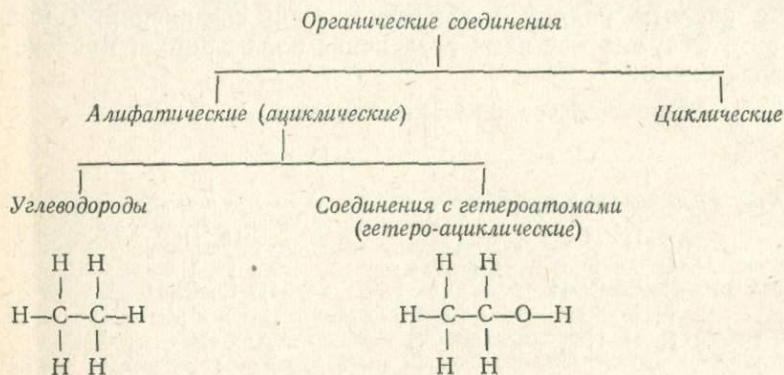
* В 1977 г. опубликован последний вариант номенклатуры, используемый в Chemical Abstracts. От публикации 1972 г. он отличается мало. — Прим. переводчика.

(А). Вы неправы. Соединение, изображаемое структурной формулой (А), действительно относится к алифатическим, поскольку оно не имеет циклического строения. Однако оно не является углеводородом, так как углеводороды состоят только из углерода и водорода. Данное же соединение содержит кислород. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы правы. В формуле (Б) содержится только углерод и водород. Следовательно, она изображает углеводород. Она не является циклической, следовательно, изображает алифатический углеводород. Переходите к следующему разделу.

(В). Неправильно. Формула (В) изображает углеводород, поскольку в ней содержится только углерод и водород. Однако она содержит кольцо из пяти связанных друг с другом атомов углерода. Следовательно, это соединение циклическое, а не алифатическое. Алифатические соединения не имеют циклической структуры. Вернитесь и выберите другой ответ.

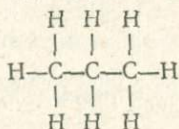
Алифатические соединения можно далее разделить на углеводороды и соединения с гетероэлементами, в зависимости от того, входят ли в их состав другие элементы, кроме углерода и водорода. Схему классификации можно, следовательно, детализировать, как показано ниже:



Как мы узнаем в следующих главах, существует и дальнейшее подразделение циклических соединений. Конец данной главы будет посвящен названиям углеводородов.

1.2. АЛКАНЫ

Существует несколько семейств (типов) алифатических углеводородов. Простейшие называют алканами. Алканы являются насыщенными алифатическими углеводородами. Слово *насыщенные* означает, что в них нет двойных или тройных ковалентных связей между атомами углерода. Алкан, содержащий три атома углерода, изображают следующей структурной формулой:

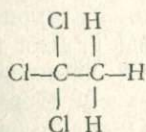
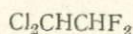
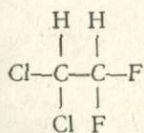
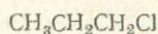
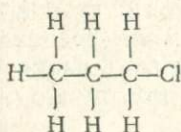


Подробные структурные формулы такого типа занимают много места и часто неудобны, не наглядны. Поэтому химики чаще записывают структурные формулы в сокращенном виде. В таких формулах все атомы, связанные с определенным С-атомом, записываются в строку рядом с ним. Например, приведенная выше формула алкана записывается в сокращенном виде так: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$. Такие формулы называются *линейными*. Используются и сокращенные структурные формулы со связями между С-атомами, например та же формула изображается так: $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_3$,

Если в соединении присутствуют другие элементы, их обозначают тем же способом. Если с одним атомом углерода связаны два сорта атомов, то первым всегда пишут водород. Приводимые ниже три примера поясняют сказанное:

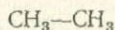
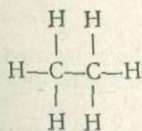
Структурная формула

Сокращенная структурная формула

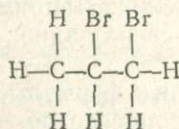


Ниже приведены три вопроса, в которых использованы сокращенные структурные формулы. Ответы даны после всех вопросов. Проверьте каждый из ваших ответов и затем переходите к последующему тексту.

(1). Изображают ли обе структурные формулы одно и то же вещество?



(2). Правильно ли записана структурная формула в сокращенном виде $\text{CH}_3\text{—CHBr}_2\text{—CH}_2$ для вещества, имеющего строение:

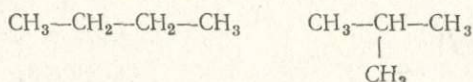


(3). По сокращенной структурной формуле $\text{CH}_3\text{—CCl}_2\text{—CHCl—CH}_2\text{Cl}$ напишите развернутую.

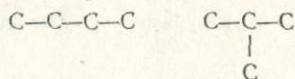
- (1). Да, обе формулы изображают соединение с молекулярной формулой C_2H_6 .
 (2). Нет. Все атомы, связанные с определенным атомом углерода, должны быть записаны вслед за ним. Правильный ответ $\text{CH}_3\text{—CHBr—CH}_2\text{Br}$.



Названия алканов отражают число имеющихся в них углеродных атомов и способ соединения этих атомов друг с другом. Ниже приведены структурные формулы двух алканов. Каждый из них состоит из четырех атомов углерода и десяти атомов водорода, однако это различные соединения. Поскольку оба соединения имеют молекулярную формулу C_4H_{10} , они должны быть изомерами. Они различаются порядком связи атомов друг с другом: это *структурные изомеры*.



Вы видите, что все четыре атома углерода в соединении, написанном слева, образуют протяженную цепь. Углеродные атомы в формуле справа расположены в виде буквы Т. Для того чтобы нагляднее выразить различия подобного рода, часто используют схемы углеродного скелета (*скелетные формулы*). В них обозначают все атомы, за исключением водорода. Подразумевается, что все оставшиеся неиспользованными валентности каждого углеродного атома насыщены водородом. При использовании скелетных формул вы должны знать, что атом углерода способен образовать четыре ковалентных связи, а атом водорода образует только одну. Скелетные формулы приведенных выше алканов следующие:

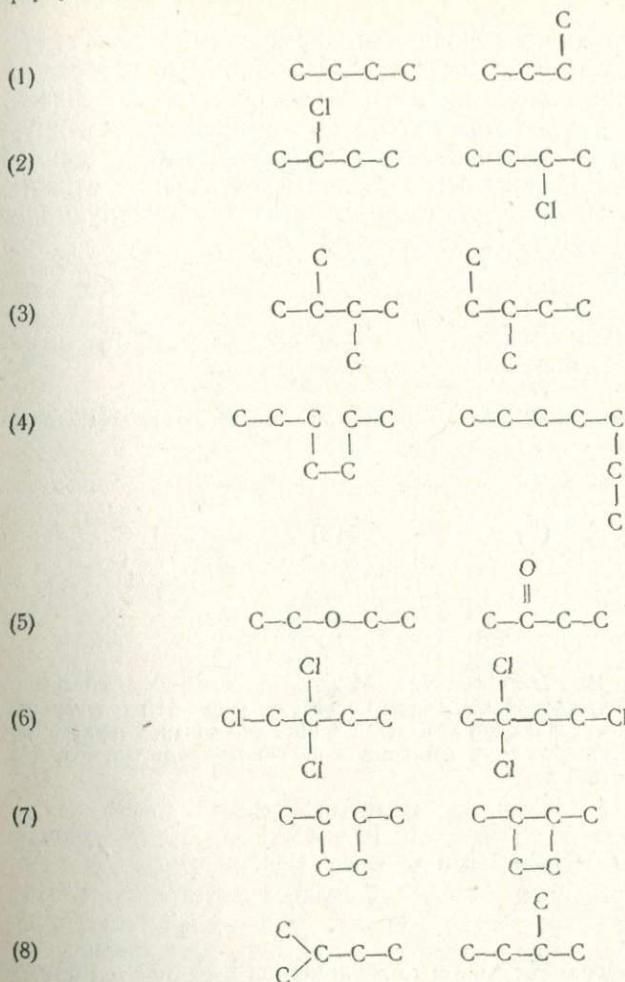


Согласны ли вы, что в них действительно много легче увидеть различие?

Вспомните, что простая ковалентная связь между двумя атомами в большинстве случаев сильно не затрудняет вращение атомов. Структурные формулы могут быть записаны с углами и поворотами без изменения строения. Например, формулы можно переворачивать слева направо, сверху вниз, и это не влияет на изображаемые ими структуры.

Ниже приведены скелетные формулы, которые вы должны сравнить. Ответы даны после вопросов.

Дайте ответы — да или нет, на вопрос, изображают ли пары скелетных формул одно и то же соединение.

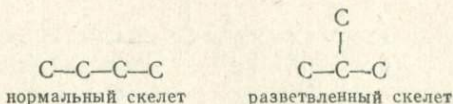


- (1). Да. Обе имеют протяженную цепь из четырех атомов углерода.
 (2). Да. Их можно совместить вращением на 180° слева направо и сверху вниз.
 (3). Нет. В левой формуле самая длинная цепь включает четыре атома углерода, в правой — пять.
 (4). Да. В обоих протяженных цепях по семь атомов углерода.
 (5). Нет. В левой схеме кислород находится между двумя атомами углерода, в правой он связан только с одним атомом углерода.
 (6). Нет. В левой схеме атомы хлора стоят у соседних атомов углерода, в правой — у несоседних.
 (7). Нет. Слева написан скелет алифатического (ациклического) соединения, справа — циклического.
 (8). Да. Каждая из схем имеет цепь из четырех атомов углерода, а пятый присоединен к соседнему с концевым.

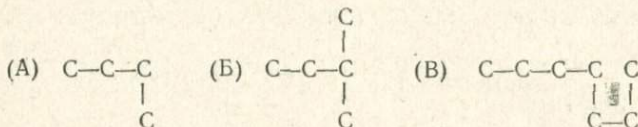
Повторите все вопросы, в ответах на которые вы ошиблись, и убедитесь в том, что вы понимаете свои ошибки. После этого переходите к следующему разделу.

Вспомните, что алканы являются насыщенными алифатическими углеводородами. Они состоят только из атомов углерода и водорода, не содержат двойных или тройных ковалентных связей.

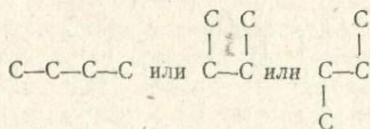
Алканы, в которых все атомы углерода образуют протяженную («прямую») * цепь, называют *нормальными алканами*. На данной стадии изучения вы должны легко узнавать нормальные алканы. Алканы, не все углеродные атомы которых входят в единую протяженную цепь, называются разветвленными.



Какие из приводимых ниже углеродных скелетов *не* изображают нормальный алкан?



(А). Неправильно. Скелетная формула (А) изображает нормальный алкан. Вы должны помнить, что углеродные атомы, связанные простой (одинарной) ковалентной связью, могут свободно вращаться вокруг оси связи. Структурную формулу можно записать с любыми изгибами и искривлениями. Формулу (А) можно было бы записать и так:



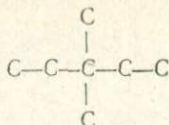
Все эти записи изображают одно и то же вещество. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы правы. Как бы вы ни изобразили формулу (Б), атомы углерода в ней нельзя написать в протяженной цепи [без разрыва имеющих в формуле (Б) углерод-углеродных связей]. Эта формула изображает разветвленный алкан. Продолжите работу, перейдя к следующему разделу.

(В). Вы неправы. Вспомните, что любая написанная на бумаге формула представляет собой двумерное изображение трехмерного объекта. Поскольку простая (одинарная) углерод-углеродная ковалентная связь обычно позволяет атомам свободно вращаться по оси связи, скелет может быть записан с изгибами. Существенным является порядок связи атомов углерода друг с другом. Поэтому

* Автор справедливо ставит слово «прямая» в кавычки: углеродная цепь алканов не прямая, а зигзагообразная: три соседних С-атома не лежат на одной прямой. — Прим. переводчика.

схема (В) равноценна записи $C-C-C-C-C-C-C$. Ниже приводится другой скелет, содержащий то же число атомов углерода:



Этот скелет нельзя изобразить в виде единой протяженной цепи, не меняя порядок связи атомов. Видите ли вы разницу? Если да, то вернитесь и выберите другой ответ.

Вы уже знакомы с названием простейшего алкана: это метан CH_4 . Следующим членом ряда является этан C_2H_6 . Нормальные изомеры ряда алканов, содержащих до десяти атомов углерода, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Названия и формулы нормальных алканов

Число атомов углерода	Название	Сокращенная структурная формула	Молекулярная формула
1	Метан	CH_4	CH_4
2	Этан	CH_3CH_3	C_2H_6
3	Пропан	$CH_3CH_2CH_3$	C_3H_8
4	Бутан	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	C_4H_{10}
5	Пентан	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_5H_{12}
6	Гексан	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_6H_{14}
7	Гептан	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_7H_{16}
8	Октан	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_8H_{18}
9	Нонан	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	C_9H_{20}
10	Декаан	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	$C_{10}H_{22}$

Хотя вы, может быть, непосредственно не видите какой-либо закономерности в названиях алканов, в действительности их корнем, начиная с пентана, являются соответствующие греческие или латинские числительные. Запомните названия в этой таблице. Они составляют основу для последующей части этой программы.

В названиях высших алканов греческие или латинские числительные также указывают число атомов углерода:

C_{10}	Декаан	C_{22}	Докозан
C_{11}	Ундекан	C_{23}	Трикозан
C_{12}	Додекан	C_{24-29}	Тетракозан и т. д.
C_{13}	Тридекан	C_{30}	Триаконтан
C_{14}	Тетрадекан	C_{31}	Гентриаконтан
C_{15}	Пентадекан	C_{32-39}	Дотриаконтан и т. д.
C_{16-19}	Гексадекан и т. д.	C_{40}	Тетракоктан
C_{20}	Эйкозан	C_{41}	Гентетракоктан и т. д.
C_{21}	Генэйкозан		

Семейство нормальных алканов называют *гомологическим рядом*. Члены гомологического ряда отличаются друг от друга на определенную структурную единицу.

Какова структурная единица, прибавление которой к нормальному алкану позволяет перейти к следующему члену гомологического ряда?

- (А). Один атом углерода.
(Б). Один атом углерода и два атома водорода.
(В). Один атом углерода и три атома водорода.
(Г). Я не понимаю вашего вопроса.

(А). Вы частично правы. Каждый член ряда имеет на один атом углерода больше по сравнению с предшествующим членом. Однако число атомов водорода тоже возрастает.

(Б). Вы правы. При переходе от одного члена ряда к следующему каждый раз прибавляется структурная единица $-\text{CH}_2-$. Переходите к следующему разделу.

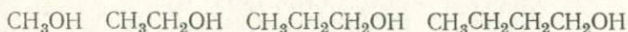
(В). Вы на правильном пути, однако не совсем точны. Каждый член гомологического ряда алканов имеет на один атом углерода больше, чем предыдущий член. Однако содержит ли он три лишних атома водорода? Сравните молекулярные формулы пропана и бутана, затем сравните бутан с пентаном. После этого выберите другой ответ.

(Г). Постараемся вам помочь в понимании. Когда вы сравниваете структурные формулы пропана и бутана, в чем вы видите различие?



Вы можете увидеть, что бутан — это просто пропан с прибавлением группировки $-\text{CH}_2-$. Продолжите такое же сравнение, сопоставив бутан со следующим членом ряда, пентаном. Сделав это, вернитесь и выберите другой ответ.

Теперь представьте себе другой гомологический ряд — ряд спиртов, изображаемых следующими сокращенными структурными формулами:



Молекулярные формулы CH_4O $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ и т. д.

Структурная единица, отличающая один член ряда от другого, такая же, как и у алканов: это группа CH_2 . Каждый последующий член ряда отличается от предыдущего на эту единицу.

Любой член гомологического ряда может быть представлен общей формулой, в которой определенная условная буква означает число С-атомов, а комбинация той же буквы с цифрами — число атомов других элементов. Обозначив буквой « n » число атомов углерода в одном из спиртов, для числа атомов водорода всегда будем иметь выражение « $2n + 2$ ». Любой спирт имеет лишь один атом кислорода. Таким образом, общая формула спиртов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$. Проверьте эту формулу на примере молекулярных формул приведенных выше спиртов. При этом вы убедитесь, что общая формула действительно является алгебраическим выражением для любого члена ряда.

Молекулярные формулы первых четырех нормальных алканов CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 и C_4H_{10} . Какова общая формула гомологического ряда нормальных алканов?

- (А) CH_{4n} (Б) $\text{C}_n\text{H}_{3n+1}$ (В) $\text{C}_n\text{H}_{4n-2}$ (Г) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

(А). Вы неправы. Общая формула CH_{4n} подходит для метана CH_4 , при $n = 1$. Однако она неправильна в случае этана C_2H_6 . Если бы ваш ответ был правильным, то этан должен был бы иметь формулу C_2H_8 . Правильная общая формула должна

указывать состав любого члена гомологического ряда при постановке соответствующего значения n . Вернитесь и найдите другой ответ.

(Б). Вы ошибаетесь. Общая формула C_nH_{3n+1} подходит для метана, однако она не действительна для любого другого члена ряда. Предположим, вы примените ее для предсказания формулы пропана. При $n = 3$ и общей формуле C_nH_{3n+1} получится C_3H_{10} . Это не соответствует молекулярной формуле пропана. Правильная общая формула должна давать вам возможность определить молекулярную формулу любого члена ряда. Вернитесь и найдите правильный ответ.

(В). Вы считаете, что C_nH_{4n-2} — это общая формула алканов. Проверьте еще раз. Эта формула не действительна даже для первого члена ряда, метана. Поскольку метан имеет только один атом углерода, $n = 1$ и $C_nH_{4n-2} = CH_2$. Вы должны знать, что правильная молекулярная формула метана CH_4 , но не CH_2 . Общая формула должна давать вам возможность предсказать формулу любого члена семейства алканов. Вернитесь и найдите правильный ответ.

(Г). Вы правы. Общая формула алканов C_nH_{2n+2} . Переходите к следующему разделу.

До сих пор вы научились писать шесть типов формул: молекулярные, структурные, сокращенные структурные (линейные), скелетные, проекции Ньюмена и общие формулы. Каждый тип имеет свои достоинства и недостатки. Молекулярные формулы указывают состав, но не дают информации о строении. Структурную формулу утомительно писать, поскольку надо показать каждую связь $C-H$ *. Скелетные структурные формулы показывают важнейшие структурные особенности, однако они не представляют вещества в целом. Поэтому скелетные формулы употребляют редко, за исключением случаев, когда хотят подчеркнуть особенности структуры. Проекция Ньюмена применяют для того, чтобы выразить пространственную ориентацию атомов или изобразить конформеры. В большинстве учебников используют сокращенные структурные (линейные) формулы для изображения различных соединений, поскольку такие формулы занимают немного места, давая в то же время достаточно полную информацию о строении соединения. Общие формулы употребляют для того, чтобы представить в общем виде все члены гомологического ряда.

Если определенная структурная единица повторяется несколько раз, то для еще большего сокращения формулы можно использовать скобки. Этот способ написания формул поясняют приводимые ниже примеры.

	Молекулярная формула	Сокращенная формула
Метан	CH_4	CH_4
Этан	C_2H_6	CH_3CH_3
Пропан	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$
Бутан	C_4H_{10}	$CH_3(CH_2)_2CH_3$
Пентан	C_5H_{12}	$CH_3(CH_2)_3CH_3$

Обратите внимание на то, что скобки имеют то же самое значение, как и в случае неорганических соединений. Например,

* Дело не только в неудобстве изображения формул, но и в том, что уже для сравнительно несложных молекул полные структурные формулы становятся трудно обозримыми, теряют наглядность. — *Прим. переводчика.*

Ca (OH)₂ изображает один ион Ca²⁺ и 2 иона HO⁻. Запись (CH₂)₂ в формуле бутана означает — CH₂CH₂—.

Какая из приводимых ниже сокращенных структурных формул изображает октан?

- (А) CH₃(CH₂)₈CH₃ (Б) (CH₂)₈ (В) CH₃(CH₂)₆CH₃
(Г) Мне нужна помощь.

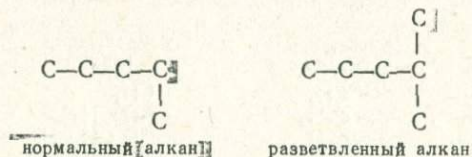
(А). Вы неправы, ответив что формула CH₃(CH₂)₈CH₃ является сокращенной структурной формулой октана. Внимательно посмотрите на формулу. Сколько в ней атомов углерода? — их десять. Между тем корень «окт» в названии должен был бы подсказать вам, что в октане 8 атомов углерода. Выбранная вами формула принадлежит декану. Вернитесь и найдите формулу октана.

(Б). Вы ошибаетесь, выбрав (CH₂)₈ как сокращенную структурную формулу октана. Эта формула имеет правильное число атомов углерода, однако как обстоят дела с водородом? Проведя умножение для того, чтобы избавиться от скобок, из (CH₂)₈ вы получите формулу C₈H₁₆. Если же в общую формулу алканов подставить n = 8, то C_nH_{2n+2} превратится в C₈H₁₈. В вашем ответе не хватает двух атомов водорода. Если вам это неясно, попытайтесь развернуть (CH₂)₈ в линейную структурную формулу. Сравните ее со структурной формулой октана в табл. 1.1, после этого выберите другой ответ.

(В). Правильно. Сокращенная структурная формула CH₃(CH₂)₆CH₃ изображает октан C₈H₁₈. Можете сравнить ее со структурной формулой, данной в табл. 1.1. Продолжите работу, перейдя к следующему разделу.

(Г). Хорошо, вот некоторая помощь. Использование скобок в сокращенных структурных формулах связано просто с желанием сэкономить место, не записывая в отдельности каждый из повторяющихся структурных элементов. В неорганической химии вы пишете Mg(NO₃)₂ вместо MgNO₃NO₃. Совершенно так же и в органической химии вы можете написать CH₃(CH₂)₃CH₃ вместо CH₃CH₂CH₂CH₂CH₃. Прочтите снова с. 33 и найдите другой ответ.

В начале нашего обсуждения разветвленных алканов внимательно посмотрите на их углеродные скелеты. Вы знаете, что в нормальных алканах все атомы углерода образуют единую протяженную цепь. Хотя такой скелет может быть записан с изгибами и углами, однако вы всегда можете пройти всю такую цепь от начала до конца, не отрывая карандаша и не возвращаясь назад. В случае разветвленных алканов этого сделать нельзя. Сравните два приведенных ниже скелета, пройдя карандашом каждый из них:

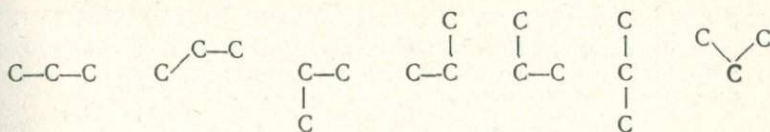


Скелет, написанный справа, нельзя преобразовать без разрыва углерод-углеродных связей в протяженную цепь, включающую все атомы углерода.

Теперь следует достаточно трудный для вас вопрос. Каково минимальное число атомов углерода в разветвленном алкане?

- (А) 3 (Б) 4 (В) 5

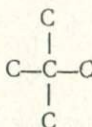
(А). Вы ошибаетесь. Всегда, когда вы пишете любой скелет, три атома углерода будут составлять непрерывную цепь. Ниже приводятся разные формы изображения трехуглеродной цепи:



Поскольку атомы углерода могут свободно вращаться вокруг ковалентных связей, каждый из этих скелетов изображает обычный пропан. Постарайтесь найти другой ответ.

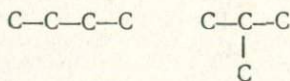
(Б). Правильно. Можно написать разветвленный алкан, содержащий 4 атома углерода, с двумя же или тремя С-атомами этого сделать нельзя. Переходите к следующему разделу.

(В). Вы неправы. Представьте себе, что мы напишем следующий скелет разветвленного алкана, содержащий пять атомов углерода:

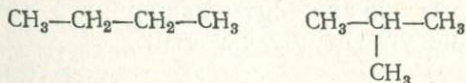


Мысленно удалим любой из крайних атомов углерода. Не есть ли оставшийся скелет также изображение разветвленного алкана? Действительно, это так. Найдите другой ответ.

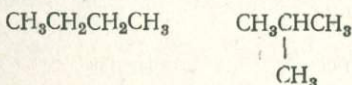
Не обращая внимания на конформеры и циклические структуры, можно представить себе лишь два различных скелета из четырех атомов углерода:



Структурные формулы соответствующих соединений:

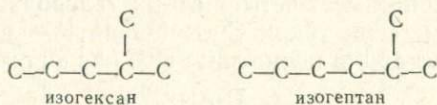


Сокращенная запись дает:

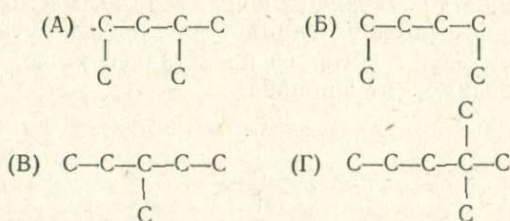


Поскольку оба соединения имеют одинаковую молекулярную формулу C_4H_{10} , они являются изомерами. Чтобы различать их, один называли бутаном (иногда *n*-бутаном, как сокращение тривиального названия «нормальный бутан»), второй — изобутаном.

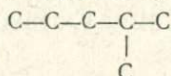
префиксы, если их выдумывать бессистемно, вскоре стало бы трудно запоминать. По этой причине единственным ширко используемым префиксом является *изо*. Этот префикс применяют в тривиальных названиях соединений, имеющих одноуглеродное разветвление у предпоследнего С-атома протяженной цепи. Вот, например, скелеты изогексана и изогептана:



Какой из приводимых ниже скелетов изображает соединение, общепотребительное название которого начинается с префикса *изо*?



(А). Вы правы. Выпрямив изгиб, вы получите скелетную формулу

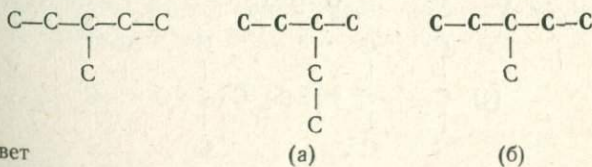


В ней имеется одноуглеродное разветвление у предпоследнего атома протяженной цепи. Следовательно, это *изо*-соединение, а именно изогексан. Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы неправы. По-видимому, вы забыли, что простая ковалентная связь между атомами углерода не препятствует вращению атомов. Практически это означает, что формулы углеродного скелета можно записать либо с изгибами, либо без них. Выбранную вами формулу (Б) можно записать также в виде $\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}$, как в гексане. Учитывая это, вернитесь к заданию и найдите скелет, изображающий *изо*-соединение.

(В). Вы неправы. *Изо*-соединение имеет одноуглеродное разветвление у предпоследнего атома протяженной цепи. Выбранный вами скелет можно представить себе либо как двухуглеродное разветвление у предпоследнего атома цепи, либо как одноуглеродное разветвление в середине цепи. Выбор обоих вариантов зависит от вашей условной точки зрения.

Обсуждаемые варианты ответа представлены соответственно формулами (а) и (б), в которых протяженная цепь выделена жирным шрифтом:

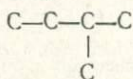


Ваш ответ

(Г). Ошибка. Вы ответили, что скелет (Г) изображает *изо*-соединение. Однако по определению *изо*-соединение имеет одноуглеродное разветвление у предпослед-

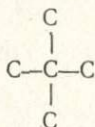
него атома протяженной цепи. Независимо от того, каким образом выбрать протяженную цепь в скелете (Г), всегда окажется, что в нее не войдут *два* атома углерода. Следовательно, этот скелет не отвечает *изо*-соединению. Помня об определении понятия *изо*-соединения, вернитесь и выберите другой ответ.

В основе систематических названий всех алканов лежит число С-атомов в самой длинной протяженной углеродной цепи. Если самая длинная цепь имеет четыре атома углерода, в основе названия лежит бутан; если таких С-атомов пять — в основе пентан, и т. д. Для иллюстрации посмотрите еще раз на скелет изопентана:

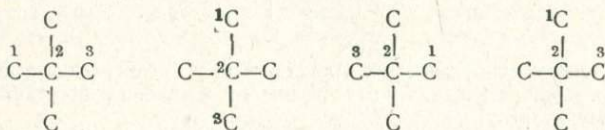


Самая длинная протяженная цепь имеет четыре атома углерода. Следовательно, в основе названия будет лежать бутан.

Соединение, скелет которого представлен ниже, получит название, производимое от пропана:

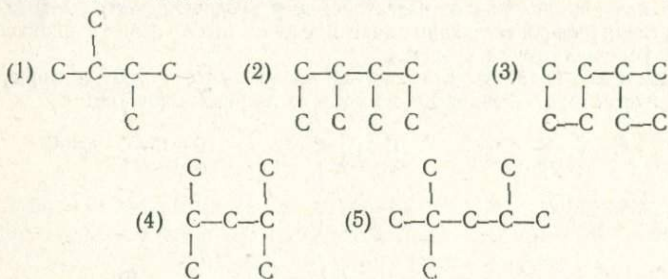


В этой структуре много возможностей выбрать цепь из трех атомов углерода, однако никак нельзя представить себе протяженную цепь из четырех или пяти С-атомов.



Вы видели этот скелет и раньше. Его систематическое название основывается на пропане; другое допускаемое название — неопентан.

Ниже приведены несколько углеродных скелетов. Рассмотрите углеродные цепи в каждом скелете, найдите самую длинную протяженную цепь и определите, название какого углеводорода должно лежать в основе наименования структуры.

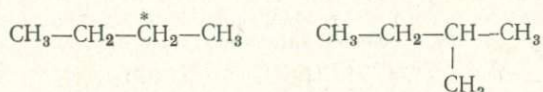


(1). В цепи четыре атома углерода: основа *бутан*.

(2). В цепи шесть атомов углерода: основа *гексан*.

- (3). В цепи семь атомов углерода: основа *гептан*.
 (4). В цепи пять атомов углерода: основа *пентан*.
 (5). В цепи пять атомов углерода: основа *пентан*.

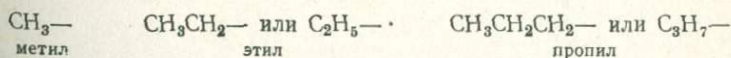
Рассмотрите снова две сокращенные структурные формулы:



Обе имеют четыре атома углерода в самой длинной цепи и называются как бутаны. Чем же они отличаются друг от друга? Вы можете увидеть, что различие заключается в замене одного из H-атомов у отмеченного звездочкой атома углерода на группу CH_3 . Замены такого рода называют замещением, а группа CH_3 играет здесь роль заместителя. Таким образом, второе из приведенных выше соединений является замещенным бутаном. Нам необходим способ обозначения группы $\text{CH}_3\text{—}$.

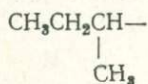
Группировки атомов, имеющие неспаренный электрон, называют по правилам IUPAC радикалами. Когда речь идет о заместителе, то неспаренный электрон обозначают черточкой, как в $\text{CH}_3\text{—}$. Для свободных радикалов употребляют точку, например $\cdot\text{CH}_3$. Для того чтобы избежать путаницы, большинство химиков предпочитают в первом случае название *группы*, а во втором — *свободные радикалы* (см. с. 118).

$\text{CH}_3\text{—}$ является группой, которую можно образовать отнятием атома водорода от метана CH_4 . Еще одним примером может служить группа $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{—}$, образуемая из нормального алкана этана. Целый ряд таких групп можно образовать из нормальных алканов. В общем виде их называют *алкильными группами*, а индивидуальные названия дают, заменяя в названиях алканов суффикс (окончание) *ан* на *ил*. Например:



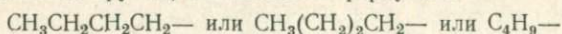
В сокращенных (линейных) формулах не употребляют черточек. Линейные формулы двух приведенных выше соединений записываются так: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ и $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$.

[* Водородный атом можно отнять не только от крайнего, но и от одного из стоящих внутри цепи атомов углерода бутана



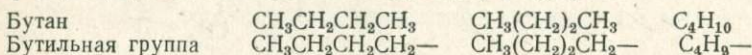
С названиями подобных радикалов вы познакомитесь позднее. — Прим. переводчика. *]

Каково название группы, обозначаемой формулами



(А) Бутил; (Б) пентил; (В) диэтил

(А). Вы правы. Все три формулы изображают группу, образующуюся из бутана после удаления одного атома водорода. Еще раз сравните нижеприведенные формулы, прежде чем перейти к следующему разделу:



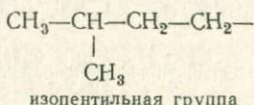
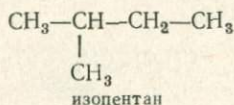
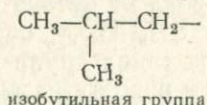
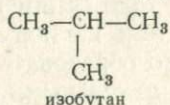
(Б). Вы неправы. По-видимому, вам необходимо повторить названия алканов. Ниже приводятся эти названия вместе с числом углеродных атомов в соединениях:

Число С-атомов	Название	Число С-атомов	Название
1	Метан	7	Гептан
2	Этан	8	Октан
3	Пропан	9	Нонан
4	Бутан	10	Декан
5	Пентан	11	Ундекан
6	Гексан	12	Додекан

Учитывая это, тщательно прочтите еще раз с. 39, прежде чем выбирать другой ответ.

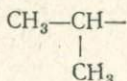
(В). Откуда вы взяли термин диэтил? Явно не из этой программы. Вернитесь и выберите ответ на основе того, что вы узнали до сих пор в этой программе.

Группы, производимые от изоалканов, называют по тому же принципу, как и группы, производящиеся от нормальных алканов, суффикс *ан* заменяют на суффикс *ил*. Например:



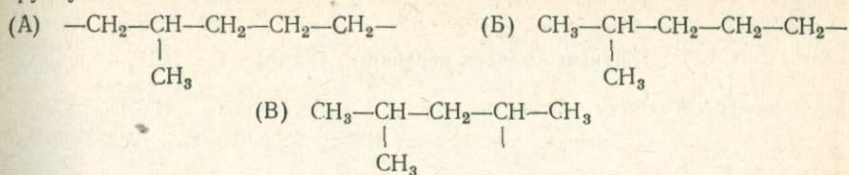
Хорошо запомните, что свободная валентность этих групп находится на противоположном от разветвления конце. Разветвление же, как и прежде, состоит из одного атома углерода и находится у предпоследнего атома самой длинной углеродной цепи.

Есть еще одна *изо*-группа, не имеющая соответствующего ей алкана. Можете ли вы догадаться, какая это группа? Это изопропильная группа. Ее формула:



Соответствующий углеводород является пропаном.

Какая из приводимых ниже формул правильно изображает изогексильную группу?

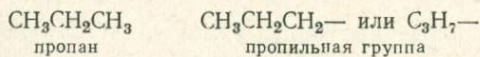


(A). Вы делаете ошибку. Выбранная вами формула (A) имеет нужный скелет и свободную валентность у нужного С-атома, однако она все же не является ответом на заданный вопрос. Вместо одного водородного атома отсутствуют два. Видите ли вы это? Если да, то вернитесь обратно и найдите правильный ответ.

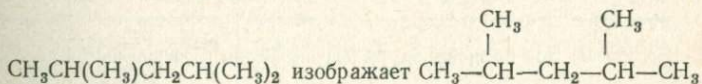
(B). Вы правы. Изогексан имеет в целом шесть атомов углерода, а изогексильная группа образуется при отнятии одного атома водорода от С-атома, находящегося на конце, противоположном разветвлению. Переходите к следующему разделу.

(B). Вы ошибаетесь. Выбранная вами формула (B) имеет нужный скелет, однако свободная валентность не на месте: Свободная валентность у *изо*-групп находится у концевого С-атома, противоположного разветвлению. Вернитесь и выберите другой ответ.

Формулы алкильных групп всегда можно узнать по черточке, указывающей свободную валентность. Посмотрите снова разницу между пропаном и пропильной группой:



Когда подобные группы связаны с атомом углерода цепи, их записывают в линейной структурной формуле в скобках вслед за этим атомом углерода:

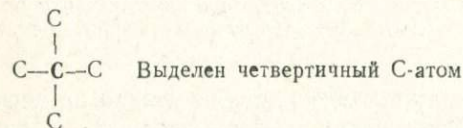
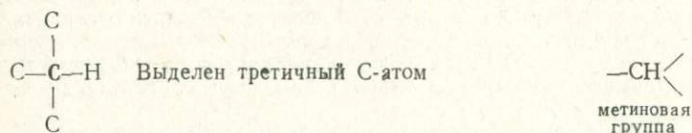
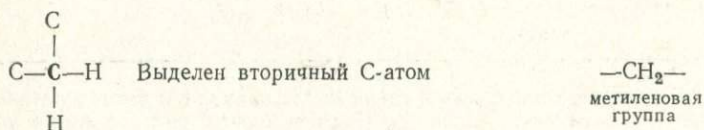
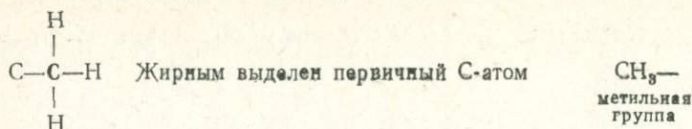


При проверке, для того чтобы быть уверенным в правильной интерпретации вами формулы, помните о том, что каждый углеродный атом образует четыре ковалентных связи.

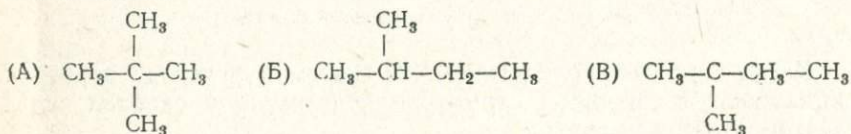
Вы можете иногда увидеть, что атом углерода, связанный с одним атомом углерода, называют *первичным*; связанный с двумя — *вторичным*, с тремя — *третичным*, с четырьмя — *четвертичным*. Группа $\text{—CH}_2\text{—}$ называется метилен (или метилиден) *, правильным названием группы —CH— является метилидин, однако часто вы можете видеть и неточное название метин *. Приводимые ниже

* В русской номенклатуре для группы $\text{—CH}_2\text{—}$ употребляются названия метилен, для группы —CH— соответственно метин. — Прим. переводчика.

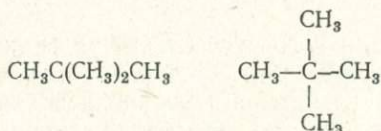
формулы иллюстрируют эту терминологию:



Найдите структурную формулу соединения с линейной формулой $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_3$.



(А). Вы правы. Вот написанные рядом линейная и развернутая структурная формулы:



Тривиальное название этого соединения, принятое также в правилах IUPAC, неопентан. Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы неправы. Выбранная вами развернутая формула не представляет того же соединения, что формула $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_3$. Посмотрите, как превратить выбранную вами формулу в линейную.

Разветвления обозначают в линейных формулах, указывая их в скобках вслед за углеродным атомом, с которым они связаны. В вашем ответе разветвлением является группа CH_3- . Она связана со вторым атомом углерода цепи. Следовательно, линейная формула должна быть $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$. Скобки можно опустить и все же будет ясно, что CH_3- представляет собой разветвление. Если бы такая группа стояла в цепи, то углеродный атом должен был бы иметь пять ковалентных связей: три к водородам и две к другим С-атомам. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Вы ошибаетесь. В своем выборе формулы (В) вы не учли, что каждый атом углерода в молекулах алканов образует четыре ковалентных связи. Если вы проверите свой ответ, то убедитесь, что С-атом в месте разветвления имеет лишь три связи, а стоящий справа от него — пять связей. Вернитесь и выберите другой ответ.

Вернемся к изопентану и познакомимся с его систематическим названием. Его структурная формула $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—CH}_3$.

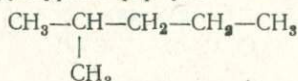
$$\begin{array}{c} | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$

Вы уже догадались, что его систематическое название метилбутан? Здесь имеется метильная группа $\text{CH}_3\text{—}$, играющая роль заместителя в бутановом скелете $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$. Отметим, что метильная группа замещает один из атомов водорода в молекуле бутана. Сказано ли в названии все, что надо было сказать? Нет ли другого соединения, которое должно было бы быть названо так? Что вы думаете о таком соединении: $\text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_3$?



Хотя при беглом взгляде может показаться, что это иное соединение, вы можете убедиться, что обе формулы совпадут, если одну из них перевернуть слева направо. Следовательно, название метилбутан является однозначным и удовлетворительным для рассматриваемого соединения.

Что произойдет, если в конце цепи метилбутана прибавить еще один атом углерода? Получится структурная формула

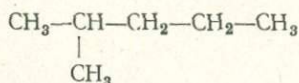


Протяженная углеродная цепь теперь содержит пять атомов углерода. Поскольку и здесь метильная группа замещает один из атомов водорода, соединение должно получить название метилпентан. Является ли название метилпентан однозначным и достаточным для этого соединения?

(А) Да

(Б) Нет

(А). Вы неправы, ответив, что название метилпентан является однозначным для структуры



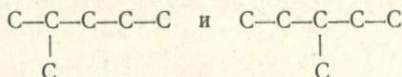
Если бы это название было достаточным, то не должно было бы быть другого соединения, которое можно было бы назвать метилпентаном. Рассмотрите, однако, формулу $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_3$.



Это метилпентан, не правда ли? Можете ли вы эту формулу совместить с предыдущей? Нет, это невозможно. Следовательно, обозначение метилпентан не является достаточным для этих соединений. Для того чтобы научиться давать названия, прочитайте следующий раздел.

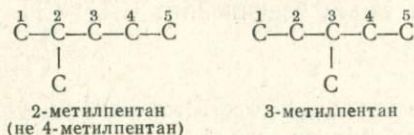
(Б). Правильно, название метилпентан не является однозначным и достаточным для структуры, изображаемой данной в задании формулой. Существует еще одно соединение, которое можно назвать метилпентаном. Его формула приведена в пояснениях к ответу (А). Переходите к следующему разделу, где вы научитесь давать однозначные названия каждому из этих соединений.

Скелеты двух метилпентанов запишем так:



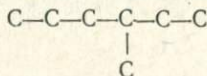
Ясно, что необходимы какие-то дополнительные указания, чтобы каждый получил однозначное название.

Различие между обоими скелетами можно выразить, нумеруя атомы. Углеродным атомам цепи дают последовательные номера, начиная с того конца цепи, который ближе к разветвлению, т. е.



Цифры используются для того, чтобы указать положение метильной группы в цепи пентана. Такие цифры называют *локантами*. Нумерацию начинают с конца, ближайшего к разветвлению, так что локанты получаются возможно меньшими.

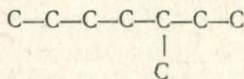
Каково систематическое название соединения с приводимым ниже скелетом?



(А) 3-Метилгексан; (Б) 4-метилгексан; (В) изогептан

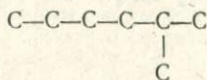
(А). Вы правы. Систематическое название соединения с таким скелетом действительно 3-метилгексан. Углеродная цепь нумеруется с того конца, который ближе к разветвлению. Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы неправы. Нумерацию углеродной цепи вы провели не с того конца. Начинать ее с конца, ближайшего к разветвлению. Например, структура



это 3-метилгептан, а не 5-метилгептан. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Вы ошибаетесь. Вспомните, что *изо*-соединения имеют разветвление у предпоследнего атома углеродной цепи. Скелет изогептана можно записать так:



Какое систематическое название вы дадите изогептану? Если нумерацию цепи провести с конца, ближайшего к разветвлению, то последнее окажется у атома С-2. Изогептан — это 2-метилгексан. Вернитесь и выберите другой ответ.

Вам может показаться, что вы затратили слишком много времени на то, чтобы научиться разбираться в углеродных цепях и нумеровать их. Однако это необходимо для успешного изучения номенклатуры других семейств органических соединений. Теперь вы будете продвигаться вперед быстрее.

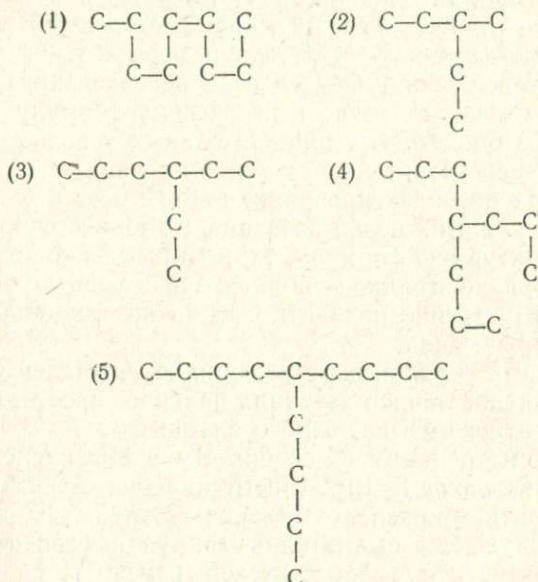
Вам необходима некоторая практика в составлении названий разветвленных (замещенных алкилами) алканов. Запомните, необходимы следующие этапы.

1. Найти самую длинную протяженную цепь атомов углерода.
2. Определить локанты для замещающих групп, перенумеровав атомы цепи с ближайшего к разветвлению конца.
3. Указать локант замещающей группы и ее название в соответствии с числом имеющихся в ней С-атомов.

[* 4. Для получения полного названия соединения к локанту и обозначению замещающей группы прибавляют название нормального алкана с числом С-атомов, отвечающих длине главной цепи. —

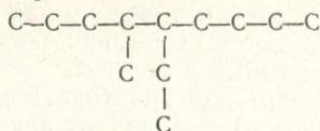
*Прим. переводчика. *]*

Ниже изображены пять углеродных скелетов алканов, которым надо дать названия. Правильные названия приводятся после схем скелетов. Если вы допустите ошибку более чем в одном названии, то вам следует вновь повторить пройденный материал.

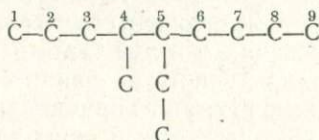


-
- (1). Нонан
 - (2). 3-Метилпентан
 - (3). 3-Этилгексан
 - (4). 4-Пропилгептан (обратите внимание: существует шесть вариантов выбора и нумерации главной цепи, однако все они приводят к одному и тому же названию)
 - (5). 5-Бутилнонан (имеется также шесть возможностей, упомянутых выше)

Предположим, что вы встретились с алканом, имеющим два разветвления, например:



Начните так же, как и раньше. Найдите самую длинную углеродную цепь и определите локанты, начиная с того конца цепи, который ближе к разветвлению, т. е.:



Это соединение является замещенным нонаном. Теперь назовите каждую из замещающих групп.

В целом соединение называется 4-метил-5-этилнонаном. Почему не 5-этил-4-метилнонаном? Потому что в правилах IUPAC предпочтение отдается перечислению заместителей в алфавитном порядке. Иногда можно встретить и перечисление заместителей в порядке усложнения. Оба способа перечисления заместителей приводят к названию, точно передающему формулу. Однако второй путь сам по себе, без дополнительных условий, не дает возможности удовлетворительного индексирования.

[* Говоря об индексировании, автор имеет в виду необходимость иметь для этих целей название, не только однозначно передающее структурную формулу, но и записываемое в строго определенном порядке. Только выполнение последнего требования дает возможность уверенно находить соединение в алфавитных указателях, энциклопедиях.

Алфавитный порядок перечисления заместителей решает проблему однозначной записи названия наиболее просто, однако лишь в пределах одного языка, одного алфавита.

Так, рассмотренному выше скелету в английском оригинале книги дано название 5-ethyl-4-methylnonane, отвечающее английскому алфавитному расположению заместителей. В русском переводе мы вынуждены были, иллюстрируя алфавитный принцип, порядок перечисления заместителей изменить.

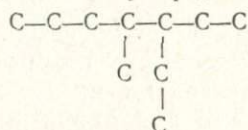
Здесь мы столкнулись с первым примером того, что названия не могут быть формально переведены с одного языка на другой. Международные правила IUPAC этого и не требуют: они устанавливают общие принципы составления названий, конкретную же языковую форму названия приобретают при адаптации правил в той или иной стране, сообразуясь с традициями и особенностями языка. Так, названия алканов в английском языке имеют оконча-

ние *ane* вместо нашего *an*, однако никому же не приходит в голову на основании правил IUPAC, опубликованных на английском языке, требовать, чтобы по-русски мы говорили «метане», «этане» и т. д. (или, например, забегая вперед, уксусную кислоту называть «бутаноик ацид», как в оригинале, а не «бутановая кислота»).

Возвращаясь к порядку перечисления префиксов в названии, отметим, что алфавитный порядок — при явном недостатке, заключающемся в отсутствии межъязыковой однозначности, все же удобен, так как для каждого языка устанавливает однозначную последовательность, не требуя разработки сложных правил старшинства.

Строгий порядок старшинства заместителей устанавливается с помощью «правила последовательности» и используется для выбора стереохимических обозначений (см. с. 75). Этот принцип, успешно применяемый в стереохимии, можно было бы без особого труда распространить и на многие другие случаи, когда в номенклатуре органических соединений необходимо решать вопросы о старшинстве (последовательности). Однако вместе с тем это и не столь просто, и правилами IUPAC не предусмотрено — *Прим. переводчика. *]*

Как вы назовете алкан, имеющий углеродный скелет

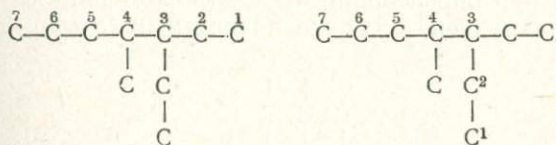


- (А) 4-метил-5-этилгептан; (В) 3-изопентилпентан;
(Б) 4-метил-3-этилгептан; (Г) изодекан

(А). Вы ошибаетесь, выбрав название 4-метил-5-этилгептан. Значительная часть вашего ответа правильна: это действительно гептан, и боковыми цепями являются метил и этил. Однако вы *ошиблись* в выборе начала нумерации. Исправьте эту ошибку и найдите другой ответ.

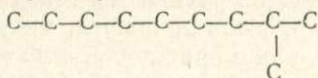
(Б). Вы правы. Самая длинная цепь состоит из семи атомов углерода, разветвлениями являются метил и этил. Их локантами служат цифры 4 и 3. Метил по алфавиту предшествует этилу и поэтому в названии поставлен первым. Переходите к следующему разделу.

(В). Нет. Название 3-изопентилпентан неправильно. Вам необходимо попрактиковаться в нахождении самой длинной цепи. Вот, например, две возможности нумерации цепи из семи атомов углерода:



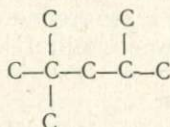
Вернитесь и, прежде чем выбрать другой ответ, внимательно прочтите с. 46.

(Г). Вы ошибаетесь. Прежде всего, *изо*-соединение имеет только одно разветвление в виде метильной группы у предпоследнего атома главной цепи. Изодекан имеет 10 атомов углерода при следующем скелете

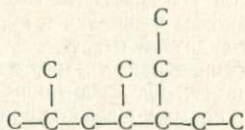


Прежде чем искать новый ответ, внимательно прочтите с. 46.

Усвоив еще несколько тонкостей, вы станете совсем искусными в составлении названий алканов. Если к длинной цепи примыкают два или большее число одинаковых заместителей, то для указания на это используют соответствующие префиксы: *ди* при двух одинаковых заместителях, *три* при трех, *тетра* при четырех, *пента* при пяти и т. д. В качестве примера рассмотрим соединение, которое обычно (хотя и неправильно) называют «изооктаном». Это вещество используют в качестве антидетонационной добавки для бензинов. Углеродный скелет этого соединения:



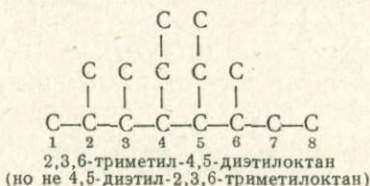
Систематическое название этого вещества 2,2,4-триметилпентан. Префикс *три* указывает, что в нем имеются три метильных группы, цифры 2,2,4- определяют их положение, т. е. являются локантами. Запомните, что для отделения цифр друг от друга используются запятые, а для отделения цифр от слов — дефисы. В «изооктане» вы можете найти несколько способов выделения и нумерации углеродной цепи. Выбрав один из них, вы обязаны его придерживаться: нельзя использовать один способ для одного разветвления и иной — для другого. Вот еще один скелет, которому надо дать название:



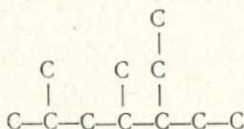
Это 2,4-диметил-5-этилгептан, не так ли?

Запомните, что префиксы *ди*, *три* и т. д. *не принимаются* во внимание при определении алфавитного порядка.

[* Для закрепления тут же приведем пример:



Существует простой способ проверки полноты составленных названий. Подсчитайте сумму атомов углерода, обозначенных в названии, и проверьте, совпадает ли она с числом С-атомов в формуле. Вернемся к соединению, которое уже встречалось вам несколькими страницами ранее:



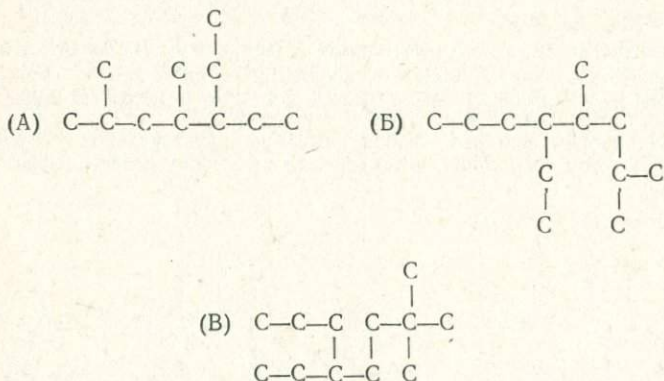
Вы назвали его 2,4-диметил-5-этилгептан. Вот как произвести проверку:

Фрагменты названия	Число С-атомов
2,4-диметил	2 (по 1 для каждого метила)
5-этил	2
гептан	7
Итого: 11	

В углеродном скелете действительно 11 атомов.

В заключение замечание о записи названий. Все цифры отделяются дефисами от словесной части названий. Следующие друг за другом локанты отделяются запятыми. Последняя из называемых групп пишется слитно с названием главной цепи.

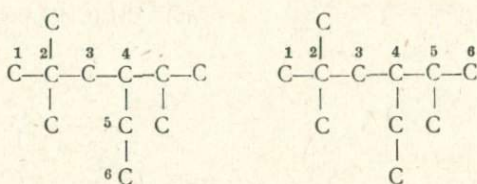
До сих пор мы концентрировали внимание на составлении названий по заданным формулам. Для вас не должно представить трудности совершить и обратный переход. Какой из изображенных ниже углеродных скелетов отвечает названию 2,4-диметил-5-этилоктан?



(А). Вы ошибаетесь. Название 2,4-диметил-5-этилоктан указывает на то, что самая длинная углеродная цепь должна иметь восемь атомов углерода. Какова же наиболее длинная цепь в вашем ответе? Только семь. Это углеродный скелет 2,4-диметил-5-этилгептана. Вы согласны? Если это так, то вернитесь и найдите другой ответ.

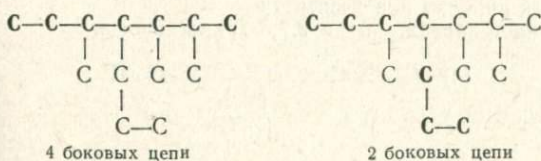
(Б). Вы правы. Скелет имеет цепь из восьми атомов углерода, разветвления находятся на правильных местах в соответствии с названием 2,4-диметил-5-этил-

Часто в качестве основы названия (главной цепи) можно выбрать несколько разных цепей одинаковой длины. Рассмотрим, например, скелет, приведенный в предыдущем вопросе. Здесь можно выбрать две цепи из шести атомов углерода:



В подобных случаях выбирают цепь с наибольшим числом заместителей. К главной цепи, выбранной, как написано справа, примыкают четыре боковых цепи; к написанной слева — только три.

Вот еще один пример (главная цепь выделена жирным):



Теперь ответьте, каково название приведенного выше замещенного гептана:

- (А) 2,3,5-триметил-4-пропилгептан
- (Б) 4,5-диметил-3-пропил-2-этилгексан
- (В) 3,5,6-триметил-4-пропилгептан

(А). Правильно. Вы выбрали нужную главную цепь, перенумеровали ее с того конца, к которому ближе боковая цепь, и пришли к заключению, что 2,3,5-триметил-4-пропилгептан — правильное название. Продолжите работу, перейдя к следующему разделу.

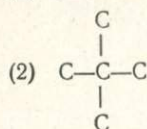
(Б). Ошибка. Если вы напишете формулу, отвечающую выбранному вами названию 4,5-диметил-3-пропил-2-этилгексан, то действительно получите структуру, приведенную в задании. Ваша ошибка в том, что вы не нашли самой длинной протяженной цепи, которую надо использовать в качестве главной. Вернитесь и найдите другой ответ.

(В). Не точно. Выбранное вами название 3,5,6-триметил-4-пропилгептан действительно описывает соединение с заданным скелетом. Однако вы начали нумерацию с неправильного конца. Если бы вы начали с другого конца, то пришли бы к названию 2,3,5-триметил-4-пропилгептан. Сделав это, переходите к следующему разделу.

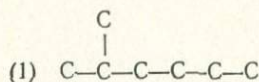
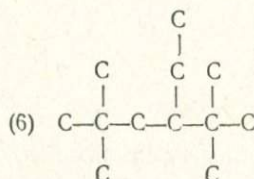
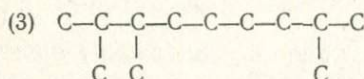
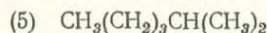
Ниже приводятся несколько упражнений для вашей тренировки. Правильные ответы приведены вслед за упражнениями.

Если дана формула, напишите название алкана; если дано название — напишите скелетную формулу.

(1) 2-Метилгексан

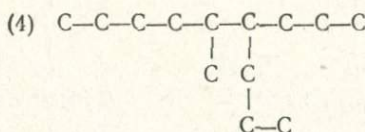


(4) 5-Метил-4-пропилонан

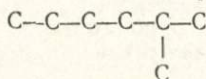


(2) 2,2-Диметилпропан или неопентан

(3) 2,3,8-Триметилнонан, но не 2,7,8-Триметилнонан

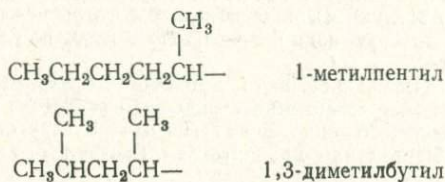


(5) 2-Метилгексан или изогептан. Скелетная формула:



(6) 2,2,5,5-Тетраметил-3-этилгексан, но не 4-изопропил-2,2-диметилгексан и не 2,2,5,5-тетраметил-4-этилгексан.

Разветвленные алкильные группы называют подобно разветвленным алканам. Важным отличием является то, что связанный с главной цепью углеродный атом всегда получает номер 1. Например:



Для ряда замещающих групп (которые при этом не должны быть модифицированы другими заместителями) в правилах IUPAC сохранены тривиальные названия (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Названия ряда замещающих групп

Строение	Название	
	тривиальное	систематическое
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изопропил	1-Метилэтил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изобутил	2-Метилпропил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<i>втор</i> -Бутил	1-Метилпропил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<i>трет</i> -Бутил	1,1-Диметилэтил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изопентил	3-Метилбутил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{CCH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Неопентил	2,2-Диметилпропил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	<i>трет</i> -Пентил	1,1-Диметилпропил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изогексил	4-Метилпентил

[* Часто можно встретиться и с другим принципом составления названий алкильных групп: выбрав основную цепь, ее нумеруют и с помощью локантов указывают положение заместителей и свободной валентности, например: $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$ пропил-2; $(\text{CH}_3)_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 2-метилбутил-2; $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3$ бутил-2. В тексте правил IUPAC такой способ не рекомендуется, однако в издании 1979 г. к правилу А-4 сделано примечание, что по другой системе радикал $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ может

быть назван «2-pentanyl», что соответствует русскому пентил-2. — Прим. переводчика. *]

Изо-названия для разветвленных алкильных групп применяются только для первых членов ряда, включая изогексил; точно так же название изогексан является последним из допускаемых правилами изо-названий алканов. Не пожалейте затратить время на изучение этих названий. Хотя вы не часто будете видеть их в этой книге, однако они достаточно часто употребляются в вашем учебнике органической химии.

Вам должно быть не трудно дать правильное название группе с тривиальным названием изогептил $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2-$.



(А) 5,5-диметилпентил; (Б) 2-метилгексил; (В) 5-метилгексил

(А). Неправильно. Название 5,5-диметилпентил, конечно, отвечает заданной структуре, однако вы нарушили первое правило образования названий алкильных групп. Необходимо найти самую длинную цепь, начинающуюся с С-атома со свободной валентностью. Еще раз внимательно посмотрите на цепь, прежде чем дать другой ответ.

(Б). Неточно. Это действительно метилгексильная группа, однако вы начали нумерацию с неправильного конца. У разветвленных алкильных групп атом со свободной валентностью получает номер 1. Правильный ответ: 5-метилгексил. Переходите к следующему разделу.

(В). Вы правы. Правильное систематическое название для этой группы 5-метилгексил.

Резюме: названия алканов

Алканы — это насыщенные алифатические углеводороды. Если два или более разных соединения имеют одинаковую молекулярную формулу, то они называются изомерами. Алканы с четырьмя и большим числом атомов углерода имеют изомеры, различающиеся порядком связи атомов в молекуле. Их называют изомерами строения (структурными изомерами). Каждый из них имеет свои характерные химические и физические свойства.

Общая формула алканов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Названия нормальных изомеров первых десяти членов ряда: метан, этан, пропан, бутан, пентан, гексан, гептан, октан, нонан, декан. Все алканы имеют названия, оканчивающиеся на *ан*.

Одновалентные группы, образующиеся при отщеплении одного Н-атома от алканов, называются подобно алканам, однако окончание (суффикс) *ан* заменяется на *ил*. Общее название таких групп — алкильные группы.

Неразветвленные алканы называют нормальными. Для нахождения названий разветвленных алканов необходимо проделать следующее.

1. Найти самую длинную протяженную цепь и назвать ее в соответствии с названием соответствующего алкана. Если можно

найти две цепи одинаковой длины, то выбирают ту из них, к которой примыкает наибольшее число боковых цепей.

2. Последовательно пронумеровать атомы углерода самой длинной цепи, начиная с ближайшего к разветвлению конца. Если первые разветвления имеются на одинаковом расстоянии от обоих концов цепи, то составьте две возможных последовательности локантов и выберите ту из них, которая в месте первого различия имеет меньшую цифру.

3. Назовите замещающие группы (боковые цепи) в согласии с числом имеющихся в них атомов углерода, поставьте их в алфавитном порядке перед названием главной цепи и укажите их положение, поставив перед каждой группой номер атома цепи, с которым она связана.

4. Если имеются две или вообще несколько одинаковых алкильных групп, то обозначьте их число соответствующим префиксом; положение *каждой* группы должно быть указано соответствующей цифрой (локантом).

АЛКАНЫ

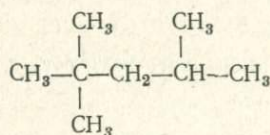
Общая формула: C_nH_{2n+2}

Характерное окончание: *-ан*

Если вы считаете себя достаточно подготовленными, выполните короткое контрольное задание.

Последовательно ответьте на приводимые ниже вопросы. Свои ответы проверьте на с. 58, 59.

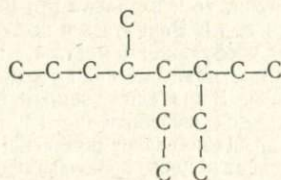
(1). 2,2,4-Триметилпентан



является изомером:

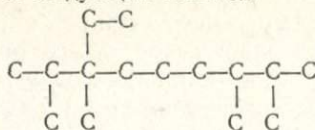
(1А) 2-этилпентана; (1Б) октана; (1В) 2,2,3-триметилгексана

(2). Каково название алкана, имеющего углеродный скелет:



(2А) 4-метил-5,6-этилоктан; (2Б) 5-метил-3,4-диэтилоктан; (2В) 3,4-диэтил-5-метилактан

(3). Назовите алкан со следующим скелетом:



(3А) 2,3-диметил-7-изопропил-3-этилоктан; (3Б) 2,3,7,8-тетраметил-3-этилнонан; (3В) 2,3,7,8-тетраметил-7-этилнонан

(4). Напишите для 2,2,3,3-тетраметилбутана как можно больше формул разного типа. Их должно быть не меньше трех.

(1А). Вы неправы. Изомер должен иметь то же число С-атомов, как и 2,2,4-триметилпентан. Проведем подсчет.

Фрагмент названия	Число С-атомов
2,2,4-Триметил	3
Пентан	5
	8

Вы считаете, что его изомером является 2-этилпентан. Проведем подсчет и для него:

2-Этил	2
Пентан	5
	7

Вернитесь и выберите другой ответ.

(1Б). Вы правы. Как 2,2,4-триметилпентан, так и октан являются алканами с восемью атомами углерода. Их молекулярные формулы C_8H_{18} . Следовательно, это изомеры.

(1В). Неправильно. Изомер должен иметь то же число атомов углерода, что и названный в задании 2,2,4-триметилпентан. Проверим:

Фрагмент названия	Число С-атомов
2,2,4-Триметил	3
Пентан	5
	8

Проведем подсчет для выбранного вами ответа, 2,2,3-триметилгексана:

2,2,3-Триметил	3
Гексан	6
	9

Оба вещества не могут быть изомерами. Вернитесь и выберите другой ответ.

(2А). Вы ошибаетесь. Скелет действительно изображает замещенный октан. Однако вы неправильно пронумеровали цепь. Начинайте нумерацию всегда с того конца, который ближе к разветвлению. И еще одно: если имеются несколько одинаковых замещающих групп, то в названии это надо показать соответствующими префиксами (ди, три и т. д.). Вернитесь и выберите другой ответ.

(2Б). Вы правы. Скелет изображает 5-метил-3,4-диэтилоктан.

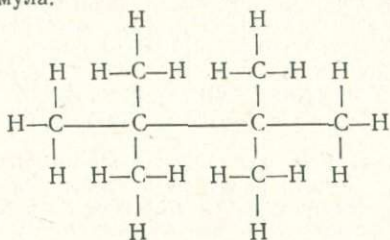
(2В). Неправильно. Вы правильно назвали соединение октаном и правильно указали замещающие группы. Ваша единственная ошибка в том, что вы не выдержали алфавитный порядок перечисления групп. Найдите другой ответ.

(3А). Неправильно. Вы до сих пор затрудняетесь найти самую длинную протяженную цепь. Вернитесь и найдите цепь, включающую более восьми атомов углерода.

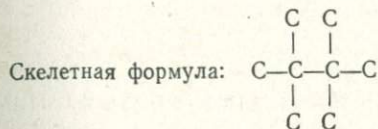
(3Б). Вы правы. Скелет изображает 2,3,7,8-тетраметил-3-этилнонан. Вы выбрали правильный набор локантов и расположили замещающие группы в алфавитном порядке.

(ЗВ). Неправильно. Вы до сих пор затрудняетесь правильно пронумеровать углеродную цепь. Вернитесь и тщательно выберите другой ответ.

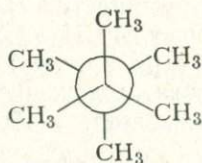
4. Ниже приводятся разные типы формул для 2,2,3,3-тетраметилбутана:
Молекулярная формула: C_8H_{18}
Структурная формула:



Сокращенная линейная структурная формула: $CH_3C(CH_3)_2C(CH_3)_2CH_3$

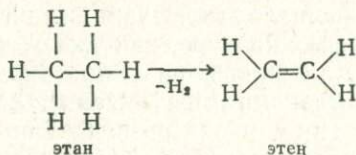


Одна из нескольких возможных проекций Ньюмена:



1.3. АЛКЕНЫ

После усвоения названий алканов дальнейшее ознакомление с правилами IUPAC по номенклатуре органических соединений не должно быть для вас трудным. Многие обычные органические соединения являются производными алканов. Следующим рядом, который мы рассмотрим, будут *алкены*. Простые алкены — это ненасыщенные алифатические углеводороды, содержащие одну двойную углерод-углеродную связь. Иногда их называют *олефинами*. Их можно представить себе как вещества, образующиеся при отнятии моля (двух атомов) водорода от соседних С-атомов. Например:



Названия алкенов образуются из названий соответствующих алканов заменой окончания *ан* на *ен*. Как вы только что видели, название этан превращается в этен. Очевидно, что алкена, отвечающего метану, не существует.

Как называется алкен, производимый от алкана $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$?
(А) Пропен; (Б) бутен; (В) пентен; (Г) гексен

(А). Неправильно. По-видимому, вы невнимательно посмотрели на сокращенную структурную формулу $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$. Более развернутая запись этой формулы: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$, т. е. это бутан. Если от него отнять водород с образованием двойной связи, получится бутен. Переходите к следующему разделу.

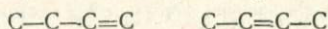
(Б). Вы правы. Сокращенная структурная формула изображает бутан. Алкены, производимые от бутана, — это бутены. Переходите к следующему разделу.

(В). Вы ошибаетесь. Еще раз внимательно посмотрите на сокращенную структурную формулу. Есть ли в ней пять атомов углерода? Нет, поэтому и производимый от этой формулы алкен не может быть пентеном. Вернитесь и выберите другой ответ.

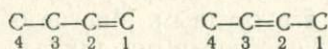
(Г). Ошибка. Содержит ли структурная формула шесть атомов углерода? Нет, поэтому и неправильное производное не может быть гексеном. Вернитесь и выберите другой ответ.

Поскольку алкены образуются из алканов при отнятии водорода, их общая формула C_nH_{2n} . Значения n могут быть не меньше двух.

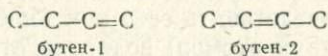
В названиях двух первых членов гомологического ряда алкенов нет никакой неопределенности. Названиям этен и пропен могут отвечать только формулы $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ и $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$. Бутен и все последующие члены ряда имеют по несколько изомеров, различающихся, в частности, положением двойной связи. Посмотрите, например, на два скелета, изображающих бутены:



Проблема названий снова решается при помощи нумерации атомов углерода в цепи. Ее начинают с того конца, который ближе к двойной связи:



Локантом двойной связи служит меньший из номеров атомов, связанных двойной связью, как показано ниже:

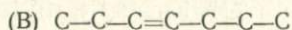
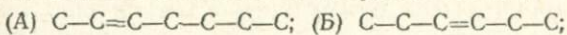


[* В английском оригинале эти названия записаны иначе: 1-бутен; 2-бутен. В русской номенклатуре, как уже отмечалось в предисловии к переводу, установилась разумная традиция: располагать локанты *перед* приставками (префиксами), но *после* суффиксов. Такая запись во многих случаях позволяет полностью разгрузить от цифр словесную часть названия. Кроме того, локанты при этом всегда располагаются рядом с группами (или кратными связями), к которым они относятся, и это облегчает расшифровку названия.

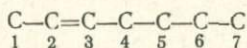
Следование этим традициям не нарушает правил IUPAC, где говорится, что вопросы записи названий решаются отдельными

странами в соответствии с традициями и особенностями языка. —
Прим. переводчика. *]

Какой из приводимых ниже скелетов изображает гептен-3?



(А). Неправильно. Скелет действительно изображает гептен. Однако посмотрите на него еще раз:

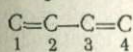


Двойная связь находится между атомами углерода с номерами 2 и 3. Положение двойной связи всегда указывают *меньшим* номером атома, участвующего в образовании двойной связи. Вернитесь и выберите другой ответ.

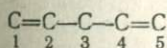
(Б). Вы ошиблись, ответив, что скелет $C-C-C=C-C-C$ изображает гептен-3. Двойная связь находится между атомами 3 и 4, и она действительно должна быть обозначена локантом 3. Однако какова длина цепи? Только шесть атомов углерода. Не изображает ли эта формула скелет гексена-3? К сожалению, это так. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Правильно. Скелет $C-C-C=C-C-C-C$ имеет семь атомов углерода и, следовательно, изображает гептен. Двойная связь соединяет третий и четвертый атомы углерода, она получает номер 3, что дает название гептен-3. Переходите к следующему разделу.

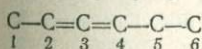
Углеводороды, содержащие несколько двойных связей, имеют названия алкадиены, алкатриены, алкатетраены и т. д. Частицы *ди*, *три*, *тетра* и т. д. указывают число двойных связей. Положение каждой из них указывают *меньшим номером* из двух С-атомов, соединяемых двойной связью. Цепь нумеруют так, чтобы двойные связи были обозначены наименьшими локантами, например:



бутадиен-1,3 (исходный ингредиент некоторых видов синтетического каучука)



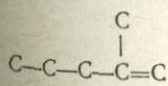
пентадиен-1,4



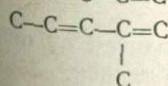
гексадиен-2,3 (но не гексадиен-3,4)

У соединений с одной или несколькими двойными связями проявляется особый вид изомерии, называемый *цис,транс*- или *Z,E*-изомерией. Этот вопрос будет рассмотрен позднее (см. с. 72).

Разветвленные (замещенные) алкены называют подобно разветвленным алканам. Нумеруют атомы углерода, называют главную цепь, к этому названию прибавляют название заместителя, вместе с соответствующим локантом. Например:

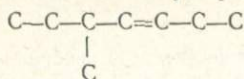


2-метилпентен-1



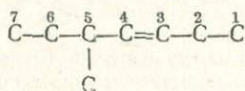
2-метилпентадиен-1,3

Каково правильное название алкена с углеродным скелетом



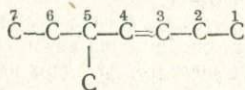
(А). 5-Метилгептен-3; (Б) 3-Метилгептен-4; (В) Нужна помощь!

(А). Вы правы. Углеродную цепь нумеруют с того конца, который ближе к двойной связи. После этого определяют положение любых заместителей. Следовательно:



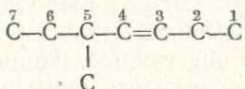
Это скелет 5-метилгептена-3. Показана нумерация цепи. Переходите к следующему разделу.

(Б). Неправильно. Вы ошиблись в нумерации цепи. Всегда нумеруйте с того конца, который ближе к двойной связи, как это показано еще раз ниже:



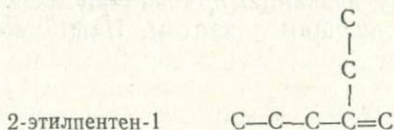
После этого назовите замещающие группы и определите их локанты. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Вы просите помощи в составлении названия соединения со скелетом



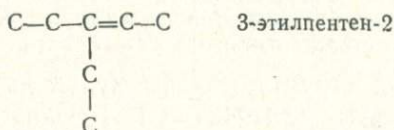
Прежде всего видно, что это алкен, поскольку в нем имеется двойная связь. В названии ее присутствие укажет окончание *ен*. В цепи, включающей двойную связь, семь атомов углерода, следовательно, скелет принадлежит производному гептана. Дайте первый номер тому из концевых атомов углерода, который ближе к двойной связи, после этого определите локанты для двойной связи и замещающих групп. Двойная связь соединяет атомы 3 и 4, ее следует обозначить в названии локантом 3. Кроме того, у атома С-5 имеется метильная группа. Поставьте все это друг за другом, и вы получите название. Вернитесь и посмотрите, получилось ли у вас одно из названий, приведенных выше.

Разветвленные ненасыщенные углеводороды называют как производные неразветвленных углеводородов, в цепи которых содержится максимальное число двойных и тройных связей. В некоторых случаях самая длинная протяженная цепь углеродных атомов может и не оказаться главной. Например:



Правильное название этого соединения производится от пентена, хотя в нем имеется цепь из шести атомов углерода.

Если имеется несколько цепей одинаковой длины, то в качестве основы названия (главной цепи) выбирают ту из них, в которой содержится максимальное число двойных связей. Приводимый ниже скелет должен быть назван как производное пентена, но не пентана:

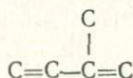


Лишь несколько алкенов сохранили тривиальные названия (табл. 1.3).

Таблица 1.3. Названия ряда алкенов

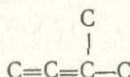
Формула	Название	
	систематическое	тривиальное
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Этен	Этилен (применяется и как систематическое название)
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	Пропен	Пропилен
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Метилпропен	Изобутилен
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$	Бутен-1	α -Бутилен
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	Бутен-2	β -Бутилен

Природный каучук является полимером алкадиена. Тривиальное название мономера, составляющего элементарное звено природного каучука, — изопрен. Скелет его приведен ниже. Каково его систематическое название?



(А) 2-Метилбутадиен; (Б) 2-метилбутадиен-1,3; (В) 3-метилбутадиен-1,3

(А). Неправильно. Вы ответили, что скелет $\text{C}=\text{C}-\overset{\text{C}}{\text{C}}=\text{C}$ изображает 2-метилбутадиен. Это правильно, однако недостаточно точно. Не назовете ли вы и приводимый ниже скелет тем же именем?

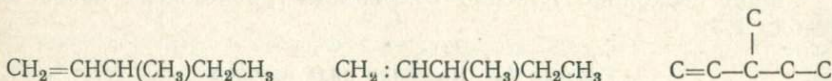


Необходимо указать положение двойных связей. Сделав это, вернитесь и найдите правильный ответ.

(Б). Вы правы. Изопрен имеет систематическое название 2-метилбутадиен-1,3. Изопрен, как и бутадиен-1,3, используется при получении некоторых синтетических каучуков. Переходите к следующему разделу.

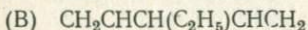
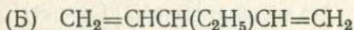
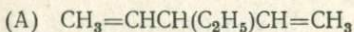
(В). Вы ошибаетесь. Это произошло в результате того, что вы начали нумерацию не с того конца цепи. Для обозначения двойных связей в данном случае безразлично, с какого конца начать нумерацию: в обоих случаях получится название бутадиен-1,3. Однако присутствие метильной группы требует, чтобы нумерация была начата с конца, ближнего к метильной группе. Определив правильное название, вернитесь и найдите правильный ответ.

В сокращенных структурных формулах двойную связь обозначают обычно двумя черточками (=). Однако, хотя и редко, можно встретить обозначение двоеточием (:). Таким образом, все три приводимые ниже формулы изображают 3-метилпентен-1:



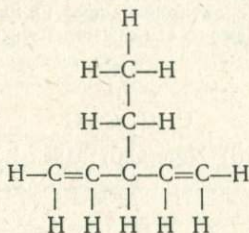
Как всегда, следует помнить, что каждый атом углерода образует четыре ковалентных связи.

Какова правильная сокращенная структурная формула 3-этилпентадиена-1,4?

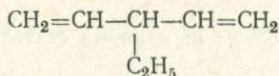


(А). Неправильно. По-видимому, вы недостаточно внимательно проанализировали формулу. Вы выбрали ответ (А). Он удовлетворяет всем требованиям названия 3-этилпентадиен-1,4, кроме одного. Подсчитайте, сколько связей имеют атомы 1 и 5, например: $\text{H}_3\text{C}=\text{}$. Каждый из этих атомов имеет на одну связь больше, чем следует. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Правильно. Формула (Б) является сокращенной линейной формулой 3-этилпентадиена-1,4. Обратите особое внимание на то, что каждый атом углерода имеет четыре и только четыре ковалентных связи. Это яснее показывает полная структурная формула:



(В). Вы ошибаетесь. Вам нужно найти формулу 3-этилпентадиена-1,4: Окончание *диен* сигнализирует, что в формуле должны быть две двойных связи. Выбранный же вами ответ, формула (В), не содержит ни одной. Положение двойных связей вы увидите яснее, если напишите структурную формулу в более развернутом виде:



Как надо в сокращенной формуле расположить двойные связи, чтобы каждый атом углерода имел четыре связи? Если вы это понимаете, вернитесь и выберите другой ответ.

Группы, производимые от алкенов, называют аналогично группам, производимым от алканов. Окончание *ен* заменяют на *енил*. Приводимые ниже примеры иллюстрируют это:

<i>Систематическое название</i>	<i>Формула</i>
Этенил	$\text{CH}_2=\text{CH}-$
Пропен-2-ил	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$
Пропен-1-ил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}-$
1-Метилэтенил	$\text{CH}_2=\text{C}-$ CH_3
Бутен-2-ил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2-$
Бутадиен-1,3-ил	$\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}-$

Интересно, что пропен $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$ дает начало трем алкенильным группам: пропен-1-ил, пропен-2-ил и 1-метилэтенил.

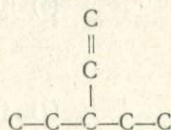
Правила IUPAC разрешают применение тривиальных названий для трех из перечисленных выше групп. Эти названия использовались и в Chem. Abstr. до 1972 г., теперь же используются исключительно систематические названия. Вот эти группы:

<i>Систематическое название</i>	<i>Формула</i>	<i>Тривиальное название</i>
Этенил	$\text{CH}_2=\text{CH}-$	Винил
Пропен-2-ил	$\text{CH}_2=\text{CHCH}_2-$	Аллил
1-Метилэтенил	$\text{CH}_2=\text{C}-$ CH_3	Изопропенил

Хотя тривиальные названия не должны были бы употребляться в современной литературе, вы все же будете их встречать достаточно часто.

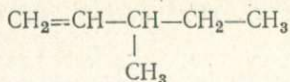
Во всех группах, кроме этенильной, надо проводить нумерацию. Атом углерода со свободной валентностью всегда получает номер 1.

Хотя вам известны названия ненасыщенных групп, называть углеводороды надо так, чтобы двойная связь входила в основу названия. Например, соединение со следующим скелетом



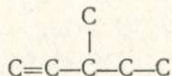
следует назвать 3-этилпентен-1, но не 3-этиллпентан.

Каково систематическое название следующего соединения:



(А) Этенилбутан; (Б) 2-этенилбутан; (В) 3-метилпентен-1

(А). Неправильно. Правильное название для соединения, отвечающего скелету

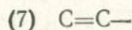
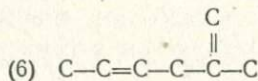
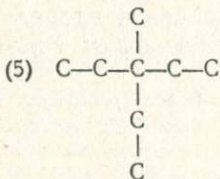
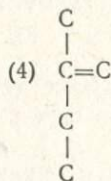
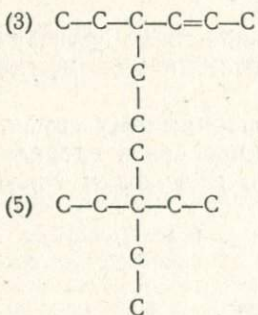
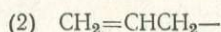
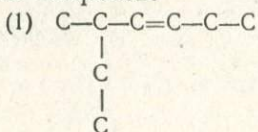


не этенилбутан, хотя это название точно описывает структуру. Это название нарушает наше первое правило — найти самую длинную цепь углеродных атомов, включающую двойную связь. В данном скелете есть углеродная цепь, имеющая более четырех атомов углерода и включающая двойную связь. Посмотрите на скелет и вы увидите ее. После этого вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы неправы, выбрав для соединения название 2-этенилбутан. Вы не применили первого правила, определяющего составление названий углеводородов: всегда находить самую длинную протяженную цепь атомов углерода. Если вы посмотрите внимательно, то увидите, что имеется цепь более чем из четырех атомов углерода, включающая двойную связь. Отметим, кроме того, что цифра 2 не нужна: «1-этенилбутан» это просто гексен-1. Найдя самую длинную цепь, включающую двойную связь, вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Правильно. Самая длинная цепь содержит пять атомов углерода и включает двойную связь. Правильное систематическое название 3-метилпентен-1. Переходите к следующему разделу.

Теперь вам необходимо поупражняться, чтобы убедиться в том, что вы освоили систему. Дайте правильные названия структурам, изображаемым представленными ниже формулами. Ответы помещены после вопросов.



(1). 5-Метилгептен-3 (если у вас иной ответ, см. с. 67)

(2). Пропен-2-ильная группа, обычно называемая тривиальным названием аллил (если ваш ответ отличается от этого, см. с. 67)

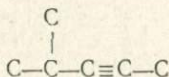
1.4. АЛКИНЫ

Рассмотрим следующий ряд углеводородов — *алкины*. Это углеводороды, содержащие тройную углерод-углеродную связь. Простейший и наиболее обычный часто употребляемый алкин — это этин. Его формула $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$.

Вам должно быть известно его тривиальное название ацетилен. Поскольку алкины могут получаться при отнятии двух молекул водорода от алканов, их общая формула $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

Названия алкинов образуются из названий алканов с заменой окончания *ан* на *ин*. Все правила номенклатуры, с которыми вы познакомились при алкенах, сохраняют силу и для алкинов. Нумерацию атомов, если она необходима, начинайте с конца, ближнего к тройной связи. Локантом тройной связи является меньший из номеров соединяемых ею атомов углерода.

Каково название алкина с приводимым ниже углеродным скелетом:



(А) 4-метилпентин-2; (Б) 2-метилпентин-3; (В) 4-метилпентин-3; (Г) нужна помощь

(А). Вы правы, это скелет 4-метилпентина-2. Поскольку имеется тройная углерод-углеродная связь, название оканчивается на *ин*. Напишите полную структурную формулу и убедитесь в том, что она отвечает общей формуле $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. Переходите к следующему разделу.

(Б). Неправильно. Вы начали нумерацию не с того конца. Углеродную цепь алкинов следует нумеровать с того конца, который ближе к тройной связи. Вернитесь и, прежде чем выбирать другое название, более внимательно изучите скелетную формулу.

(В). Ваш ответ столь близок к истине, что ошибка произошла, по-видимому, только в результате невнимательности. Вспомните, что положение двойной или тройной связи указывается меньшим номером С-атома из двух, соединяемых этой связью. Еще раз внимательно рассмотрите скелет, прежде чем вернуться и дать другой ответ.

(Г). Вот вам некоторая помощь. Названия углеводородов легче всего составлять от конца к началу. Стадии этого следующие:

1. определите окончание (в данном случае *ин*, поскольку имеется тройная связь);

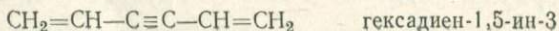
2. найдите основу названия, определив самую длинную углеродную цепь, включающую тройную связь;

3. перенумеруйте цепь с ближайшего к тройной связи конца и укажите положение тройной связи;

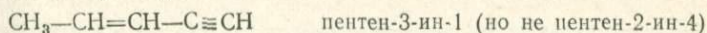
4. назовите заместители и укажите их положение с помощью локантов.

Вернитесь и дайте ответ.

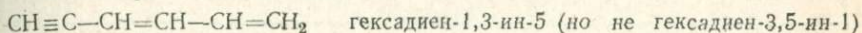
Углеводороды, в которых одновременно присутствуют двойные и тройные связи, получают названия, в которых окончание *ан* заменено на *енин*, *адиенин*, *ендиин* и т. д. Например:



Нумерацию проводят так, чтобы получить локанты с наименьшими номерами, даже если при этом *ин* получает меньший номер, чем *ен*, например:



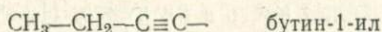
Если имеется несколько возможностей нумерации, то наименьшие номера придают двойным связям:



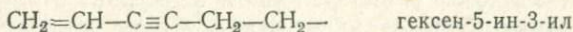
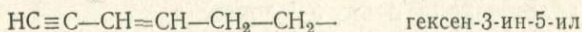
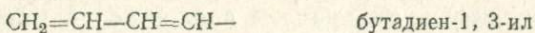
[* Два приведенных выше примера иллюстрируют разные случаи выбора нумерации. Название пентен-3-ин-1, а не пентен-2-ин-4, выбрано потому, что последовательность локантов 1,3 меньше, чем 2,4. Во втором примере при обоих вариантах нумерации получается одинаковая последовательность локантов (1, 3, 5), выбор предпочтительного названия сделан так, чтобы меньший номер получила двойная связь: гексадиен-1,3-ин-5, а не гексадиен-3,5-ин-1. — Прим. переводчика.*]

Независимо от локантов, в названии сначала помещается часть, описывающая двойные связи, затем — описывающая тройные.

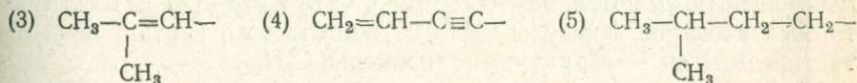
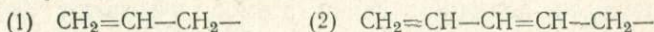
Одновалентные группы, производимые от алкинов, называют по тому же принципу, как и производимые от алканов и алкенов. К названию соответствующего углеводорода прибавляют окончание *ил*. Таким образом, группа $\text{HC}\equiv\text{C}$ — это этинил. Если необходимо, положение тройной связи указывается с помощью локанта. Атом углерода со свободной связью всегда получает номер 1. Например:



Приводимые ниже примеры показывают, что группы, имеющие несколько кратных связей, получают названия, построенные по тому же принципу:



Ниже приводятся пять одновалентных групп. Дайте им названия. Правильные ответы приведены после заданий.



(1) Пропен-2-ил (тривиальное название: аллил)

(2) Пентадиен-2,4-ил

(3) 2-Метилпропен-1-ил

(4) Бутен-3-ин-1-ил

(5) 3-Метилбутил

Если на все вопросы вы ответили правильно, то переходите к следующему параграфу. Если делаете ошибки, не уверены в своих ответах — повторите с. 65 и с. 67.

АЛКИНЫ

Общая формула: C_nH_{2n-2}

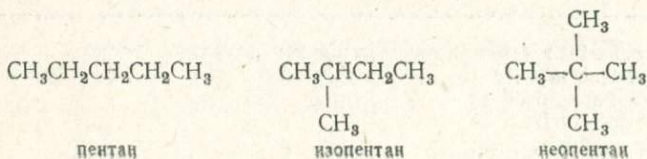
Характерное окончание: *ин*

1.5. СТЕРЕОИЗОМЕРИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Каждый изучающий органическую химию быстро осознает, что химия в пространстве — стереохимия — важна для объяснения свойств и поведения органических веществ. Концепции и терминология стереохимии быстро распространяются не только в органической химии, но также в биохимии, неорганической химии и других областях. Поскольку для разных областей представляют интерес разные вопросы, развились и разные специальные обозначения. К счастью, существует единство относительно основных идей и терминов, служащих предметом обсуждения в данной книге.

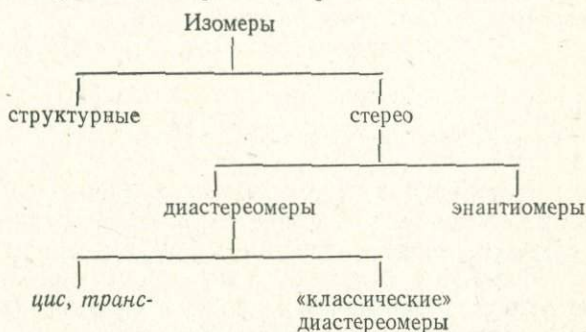
Авторы одного из учебников по органической химии (*Allinger N. L. e. a., Organic Chemistry, New York, Worth Publishers, 1971, p. 126*) заключают главу о стереохимии следующим абзацем, с которого уместно начать наше обсуждение: «Извиняемся перед студентами: большинство студентов считает, что стереохимия — самая тяжелая часть в их курсе. Не существует возможности сделать эту область более легкой. Природа избрала тетраэдр как основной геометрический элемент органической химии, и все возникающие трудности неразрывно связаны с геометрическими особенностями тетраэдра. Можно, однако, утешаться тем, что если вы окажетесь способными справиться с материалами этой главы, то дальше дела пойдут лучше».

Мы уже знакомы с определением изомеров: это соединения, имеющие одинаковую молекулярную формулу, но различающиеся в некоторых отношениях. Изомеры могут различаться порядком связи атомов или расположением атомов в пространстве. Изомеры, различающиеся порядком связи атомов, называют *структурными изомерами* (см. с. 28). Например, CH_3OCH_3 — один из структурных изомеров формулы C_2H_6O . Точно так же пентан, изопентан, неопентан — структурные изомеры C_5H_{12} .



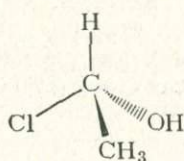
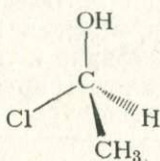
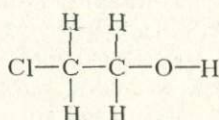
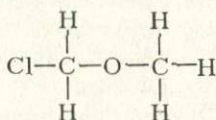
Если два изомера имеют одинаковое строение и различаются только пространственным расположением атомов, их называют *стереоизомерами*. Говорят также, что они имеют различную *конфигурацию*, являются *конфигурационными изомерами*.

Классификация типов изомерии будет служить нам руководящей нитью при изучении стереоизомерии:

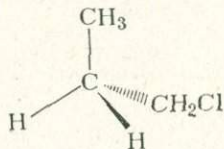
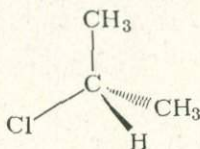


Не смущайтесь тем, что некоторые термины вам не знакомы. Мы к ним сразу приступим.

Вот две пары формул. Первая пара изображает структурные изомеры, вторая — конфигурационные изомеры.



Теперь рассмотрите приводимую ниже пару и определите тип изомерии:

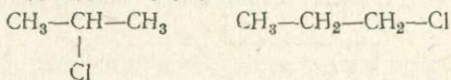


(А) Структурные изомеры; (Б) конфигурационные изомеры; (В) мне нужна помощь

(А). Вы правы. Молекулы, представленные этими формулами, различаются порядком связи атомов. Это станет ясно, если их переписать в виде линейных формул: $\text{CH}_3\text{CHClCH}_3$ и $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$. Переходите к следующему разделу.

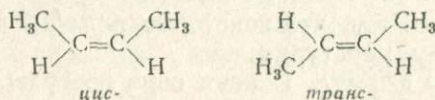
(Б). Вы ошибаетесь, считая, что изображены конфигурационные изомеры. Если бы они были таковыми, то должны были бы иметь одинаковое строение и различаться только расположением атомов в пространстве. Вы увидите свою ошибку, если напишете обычные структурные формулы или линейные формулы для обеих молекул. Если вы поняли, что это структурные изомеры, — переходите к следующему разделу.

(В). Итак, вам нужна помощь. Посмотрим, помогут ли вам даваемые ниже пояснения. Вопрос в том, имеют ли две молекулы одинаковое строение или нет. Напишем обычные структурные формулы:

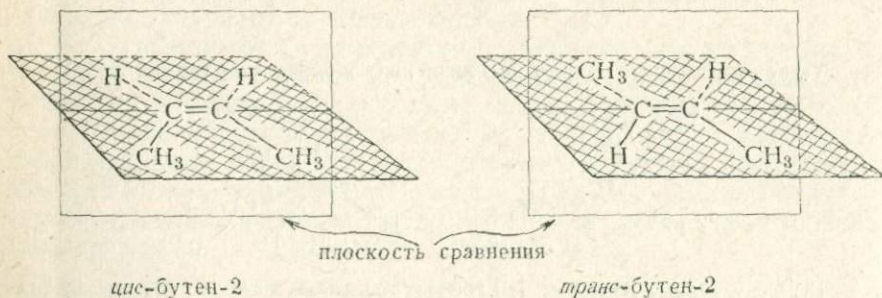


Что вы думаете теперь? Вернитесь и найдите ответ.

На первый взгляд, бутен-2 не заслуживает особого внимания. Однако на самом деле он является простейшим примером важного типа стереоизомерии, известного под названием *цис, транс*-изомерии. Молекула бутена-2, как следует из sp^2 -гибридизации атомов углерода, связанных двойной связью, является плоской и может существовать в двух формах:



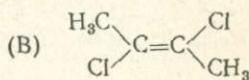
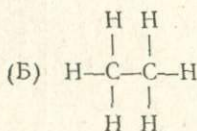
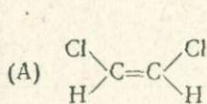
цис, транс-Изомерия проявляется только в структурах, которым придает жесткость двойная связь или цикл. Атомы или группы на противоположных концах двойной связи считаются занимающими *цис*-положение друг относительно друга, если они находятся по одну сторону от плоскости двойной связи или цикла (плоскости сравнения); *транс*-положением считается расположение по разные стороны плоскости. Для алкенов, подобных бутену-2, упомянутая плоскость перпендикулярна к той, в которой находятся связи $\text{C}-\text{C}$ и $\text{C}=\text{C}$. Сказанное иллюстрируется схемами:



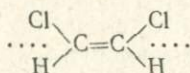
Эти *цис, транс*-изомеры принадлежат к обширному классу стереоизомеров, известных под названием диастереомеров. Так называют пространственные изомеры, не являющиеся зеркальными отражениями друг друга. Смысл этого определения станет

яснее, после того как в этой главе будут рассмотрены энантиомеры — стереоизомеры, которые являются зеркальными отражениями друг друга.

Отвлекаясь на момент от названий, ответьте, какая из приводимых ниже формул изображает *транс*-изомер:



(А). Неправильно. Вы утверждаете, что эта формула изображает *транс*-изомер:

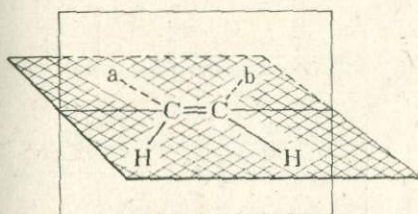


Представим себе, что все 6 атомов этой структуры лежат в плоскости бумаги, тогда плоскость сравнения перпендикулярна к ней и рассекает формулу по изображенной выше пунктирной линии. По определению, *транс*-изомер должен иметь атомы хлора (как и водорода) на противоположных сторонах плоскости сравнения. Если же они находятся на одной стороне, то это *цис*-изомер. Вернитесь и выберите другой ответ.

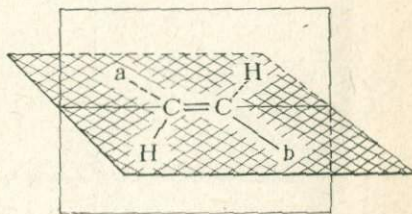
(Б). Вы ошибаетесь. Вы не обратили внимание на первый пункт, касающийся *цис*, *транс*-изомерии: структура должна быть жесткой в результате присутствия двойной связи или цикла. Выбранная вами формула не имеет этих признаков. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Вы правы. Если в плоскости бумаги лежат связи С—С и С—Cl, то плоскость сравнения перпендикулярна к бумаге и рассекает ее по связи С—С. Метильные группы находятся на противоположных сторонах этой плоскости, т. е. формула изображает *транс*-изомер. Переходите к следующему разделу.

У соединений типа $\text{aCH}=\text{CHb}$ (где *a* и *b* — атом или группа, отличная от водорода) легко установить, какой изомер следует назвать *цис*-, какой *транс*-формой.

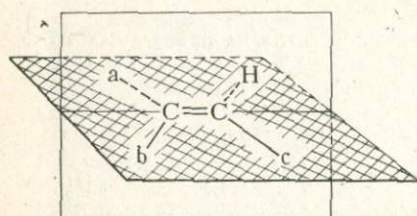


цис-

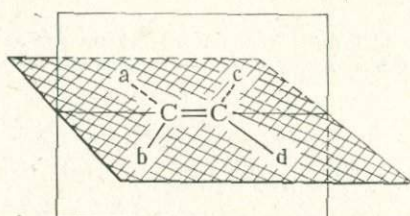


транс-

Различие между *цис*- и *транс*-изомерами менее наглядно в структурах типа $abC=CHe$ и вовсе непонятно, как быть со структурами $abC=Ccd$.



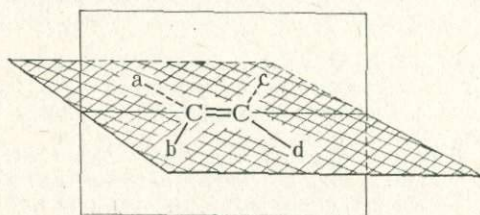
$abC=CHe$



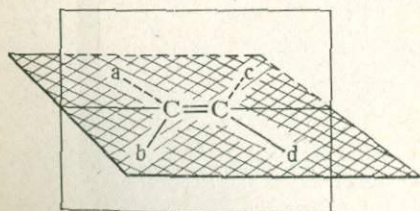
$abC=Ccd$

Чтобы избежать неопределенности, более удобно использовать для описания пространственных отношений вокруг двойной связи символы *Z* и *E*. Их применение требует знания правила последовательности, которое сформулировали Кан, Ингольд и Прелог. Это правило позволяет ранжировать (располагать по старшинству) атомы или группы, основываясь на атомных номерах. Условно порядок можно записать в виде: $a > b > c > d$ (где знак $>$ имеет смысл «старше чем», «имеет предпочтение перед»).

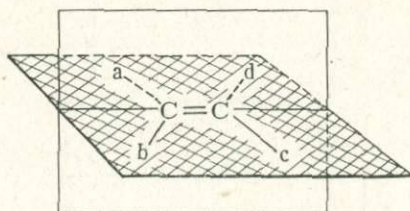
В приведенном выше примере $abC=Ccd$ нам необходимо знать относительное старшинство пар a, b и c, d .



Если старшие группы обеих пар находятся на одной стороне от плоскости сравнения, то используют обозначение *Z* (от немецкого Zusammen — вместе). Если старшие заместители на обоих концах двойной связи находятся по разные стороны плоскости — стереоизомер получает обозначение *E* (от немецкого Entgegen — напротив). Для примера допустим, что $a > b$ и $c > d$, тогда:

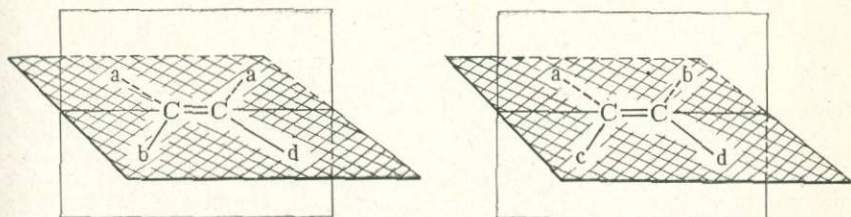


Z



E

Прежде чем перейти к реальным соединениям, посмотрим, как вы усвоили сказанное. Считая, что $a > b > c > d$, определите Z,E-обозначения для приведенных ниже формул:



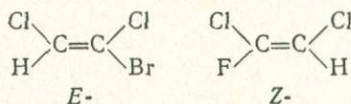
(А) Обе Z; (Б) обе E; (В) слева Z, справа E

(А). Вы правы. Для соединения, написанного слева, надо рассмотреть пары a, b и a, d . Старшей группой в обеих парах является a . Оба « a » лежат по одну сторону плоскости сравнения, поэтому стереоизомер получает обозначение Z. Справа $a > c$ и $b > d$, т. е. старшие заместители здесь a и b ; они также лежат по одну сторону, что снова дает обозначение Z. Переходите к следующему разделу.

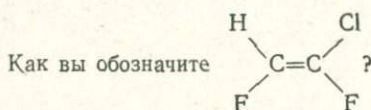
(Б). Неправильно. Рассмотрим стереоизомер, написанный слева. Его формула $abC=Cad$. Нас интересует старшинство в парах a, b и a, d . Поскольку $a > b$ и $a > d$, в формулах же оба « a » лежат по одну сторону плоскости сравнения — обозначение должно быть Z. То же самое рассуждение примените к соединению справа, после этого вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Вы правы лишь частично. Соединение слева действительно надо обозначить Z, однако соединение справа не имеет E-обозначения. Вернитесь и выберите другой ответ.

Первое положение правила последовательности гласит, что атомы или группы ранжируются в порядке падения атомных номеров. Например, $Cl > F > H$. Этот простой принцип достаточен для многих случаев. Применяя его, определим:



Внимательно посмотрите на обе формулы. Если рассматривать только положение атомов хлора, то обе должны получить обозначение *цис*. Однако если учесть, что бром старше хлора, то для левой формулы получается обозначение E, в то время как для правой — Z.



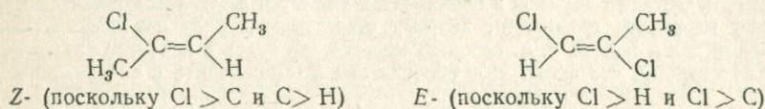
(А) E; (Б) Z; (В) необходима помощь

(А). Вы правы. Старшинство в парах заместителей следующее: $F > H$ и $Cl > F$. Старшие заместители F и Cl находятся на разных сторонах от плоскости сравнения, этому отвечает обозначение E. Переходите к следующему разделу.

(Б). Неправильно. По-видимому, вас ввело в заблуждение расположение обоих атомов фтора по одну сторону от плоскости сравнения. Однако при внимательном рассмотрении вы должны установить, что фтор является старшим заместителем в паре $F > H$, однако не в паре $Cl > F$. Поэтому стереоизомер должен получить обозначение *E*. Помните об этом, когда перейдете к следующему разделу.

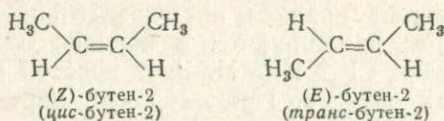
(В). Вы просите помощи. Посмотрим, сможем ли мы вам помочь. Нам необходимо рассмотреть формулы и, в частности, пары заместителей, имеющих у каждого из связанных двойной связью атомов углерода. Это пары: F, H и Cl, F. Поскольку атомный номер F больше, чем атомный номер H, фтор — старший в первой паре. По той же самой причине Cl старший во второй паре. Как расположены старшие заместители по отношению к плоскости сравнения? Если они лежат на одной стороне, обозначение должно быть *Z*, на разных — *E*. Вернитесь и выберите другой ответ.

Если заместителем является не одиночный атом, а группа, то прежде всего рассматривается атом, непосредственно связанный с ненасыщенным C-атомом. Например:

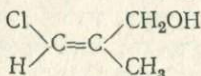


Атомы водорода в CH_3 -группе при этом не учитывают, поскольку порядок старшинства можно установить и без этого.

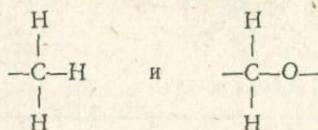
Помните ли вы соединение, с которого началось все дело? Это бутен-2. Ниже еще раз приводятся формулы обоих изомеров. Подписанные под ними названия показывают, как их обозначать по правилу последовательности.



Алкены с не-концевой двойной связью проявляют *цис, транс*-изомерию. Часто атомы, непосредственно связанные с ненасыщенными C-атомами, одинаковы. Таковы, например, C-атомы в правой части приводимой ниже формулы:



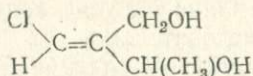
В левой части легко установить, что хлор старше водорода. В правой же части для установления старшинства надо рассмотреть атомы, связанные с углеродом, т. е.



Эти группировки можно записать так: $\text{C}(\text{H}, \text{H}, \text{H})$ и $\text{C}(\text{O}, \text{H}, \text{H})$. Если при такой записи атомы в скобках перечислять в порядке

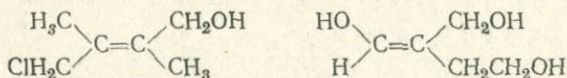
падающего старшинства, то сразу видно, что $O > H$, а поэтому $CH_2OH > CH_3$ и соединение должно получить обозначение *Z*.

Теперь рассмотрим структуру, в которой в стоящих справа группах старшими атомами являются атомы кислорода:



Для выбора обозначения запишем состав этих группировок в виде $C(O, C, H)$ и $C(O, H, H)$: старшинство здесь определит второй по порядку записи компонент группы: $C(O, C, H)$ старше $C(O, H, H)$. Структура получит обозначение *E*.

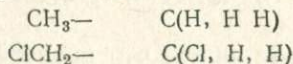
Какое обозначение вы дадите двум приведенным ниже структурам:



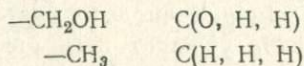
(А) Слева *E*, справа *Z*; (Б) слева *Z*, справа *E*; (В) обе структуры *E*.

(А). Правильно. Для соединения слева получаем $C(\text{Cl}, \text{H}, \text{H}) > C(\text{H}, \text{H}, \text{H})$, и $C(\text{O}, \text{H}, \text{H}) > C(\text{H}, \text{H}, \text{H})$. Поскольку старшие группы, ClCH_2- и $-\text{CH}_2\text{OH}$ находятся на разных сторонах плоскости сравнения, структура получает обозначение *E*. Аналогичный анализ позволяет сделать вывод, что структура справа должна быть обозначена *Z*. Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы неправы. Чтобы научиться правильному выбору обозначений, проведем анализ левой формулы. Задача сводится к тому, чтобы определить относительное старшинство двух пар групп: $\text{H}_3\text{C}-$ и ClCH_2- ; $-\text{CH}_2\text{OH}$ и CH_3 . Первую пару групп можно переписать так:



По правилам, изложенным выше, $C(\text{Cl}, \text{H}, \text{H})$ старше $C(\text{H}, \text{H}, \text{H})$. Вторая пара групп изображается так:

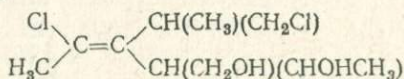


Здесь $C(\text{O}, \text{H}, \text{H})$ старше $C(\text{H}, \text{H}, \text{H})$.

Старшие группы обеих пар, ClCH_2- и $-\text{CH}_2\text{OH}$, находятся на противоположных сторонах плоскости сравнения, что требует обозначения *E*. Проанализируйте таким же образом правую формулу и выберите другой ответ.

(В). Вы правы только наполовину. Соединение, написанное слева, действительно получает обозначение *E*, но соединение справа — *Z*. Убедитесь в этом сами, прежде чем перейти к следующему разделу.

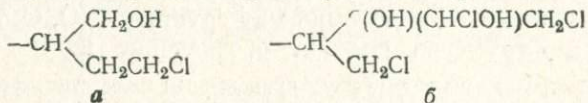
Разветвленные группы рассматривают аналогично. Хотя приводимая ниже формула сложна, однако сразу видно, что слева холр старше CH_3 :



Рассмотрение двух заместителей в правой части показывает, что оба можно выразить в виде $C(C, C, H)$. Чтобы сделать выбор, надо идти дальше. Помните, что атомы в скобках всегда надо за-

писывать в порядке падающего старшинства. Три группировки, связанные с верхним правым заместителем, записываются так: $C(Cl, H, H) > C(H, H, H) > H$. Аналогично для нижнего правого заместителя $C(O, C, H) > C(O, H, H) > H$. Сравнивая начальные части обеих записей, устанавливаем, что $C(Cl, H, H)$ старше $C(O, C, H)$. Следовательно, правый верхний заместитель старше нижнего и структуру следует обозначить *Z*.

Как вы видите, все сводится к определению порядка старшинства заместителей. Рассмотрите следующую пару и определите старшинство:

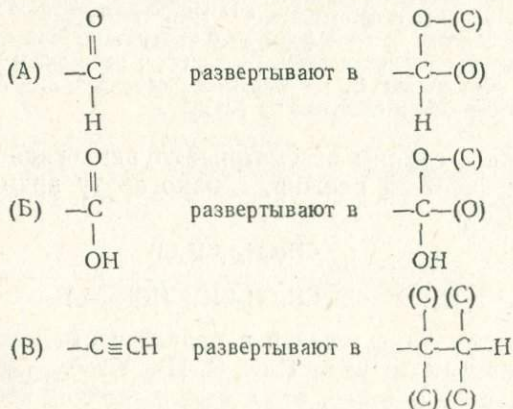


(А) *a* старше *b*; (Б) *b* старше *a*

(А). Ваш ответ, что $a > b$, неправилен. При внимательном рассмотрении видно, что группировка у обоих начальных С-атомов одинакова, $C(C, C, H)$. Следовательно, необходимо проанализировать следующую по цепи группировку. В структуре *a* это будет $C(O, H, H) > C(C, H, H)$; в структуре *b* $C(Cl, H, H) > C(O, C, C)$. Следующий шаг — сравнение начальных (старших) группировок этой пары заместителей. При этом находим $C(Cl, H, H) > C(O, H, H)$ и, следовательно, $b > a$. Внимательно разберитесь в сказанном, чтобы убедиться в правильном понимании, прежде чем переходить к следующему разделу.

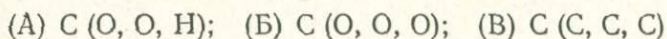
(Б). Ваш ответ, что $b > a$, правилен. Вокруг обоих начальных С-атомов находятся группировки $C(C, C, H)$. Продолжая рассмотрение, встречаем в структуре *a* группировки $C(O, H, H) > C(C, H, H)$, в структуре *b* $C(Cl, H, H) > C(O, C, C)$. Сравниваем старшие (записанные первыми) члены обеих группировок и устанавливаем, что $C(Cl, H, H)$ старше $C(O, H, H)$: значит, *b* старше *a*. Переходите к следующему разделу.

Вы, наверное, хотите знать, что произойдет, если встретится двойная (или тройная) связь. Каждая такая связь разветвляется до тех пор, пока оба атома, связанные кратной связью, не приобретут характерного для них числа одинарных связей, причем на другом конце связей условно повторяют соответствующие атомы. Один пример стоит многих слов. В приводимых ниже примерах гипотетические дубликаты атомов взяты в скобки.



Как вы расположите эти группировки по старшинству? Согласны ли вы с рядом (Б) > (А) > (В)? Если согласны, то пропустите последующее объяснение, если не согласны — прочитайте его.

Развернутые группы можно записать так:

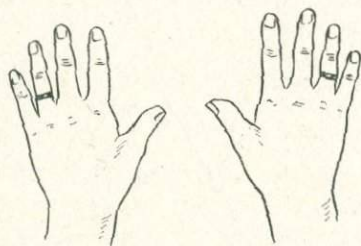


Теперь вы должны увидеть, что $C(O, O, O) > C(O, O, H) > C(C, C, C)$ и, следовательно, (Б) > (А) > (В).

В приложении 1 имеются списки наиболее распространенных замещающих групп, расположенные в порядке старшинства и по алфавиту.

Правило последовательности успешно используется и в другой группе стереоизомеров, известной под названием хиральных молекул. Такие молекулы *не* совмещаются со своим зеркальным отражением. Это свойство называется *хиральностью*. Слова хиральный, хиральность происходят от греческого слова «χειρ» — рука.

Сравнив свою левую и правую руку, вы увидите, что одна из них является зеркальным отражением другой. При одинаковом строении (по пять пальцев) они имеют различную конфигурацию. Стереоизомеры, находящиеся в подобных взаимоотношениях, т. е., являющиеся несовместимыми зеркальными отражениями, называют *энантиомерами*.



Сто лет назад голландский химик Вант-Гофф предложил представлять себе связи углеродного атома направленными к вершинам тетраэдра. Для того чтобы лучше усвоить понятие хиральности и отношения между энантиомерами, полезно изготовить два бумажных тетраэдра, подобных тем, которые употреблял Вант-Гофф (рис. 1.2 и 1.3).

Хорошую службу сослужат вам и продажные модели. Можно использовать также зубочистки и жевательную резинку. Преимущество последней в том, что вы можете сжевать ее после напряженных ночных занятий.

Каким бы способом вы ни воспользовались, вы быстро убедитесь, что молекулы с одной и той же структурной формулой, моделированные с помощью тетраэдра (центральный атом С надо

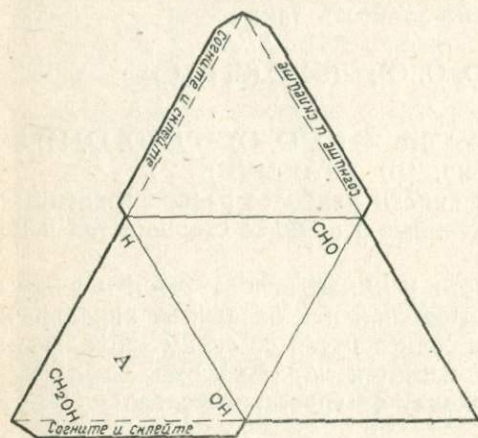
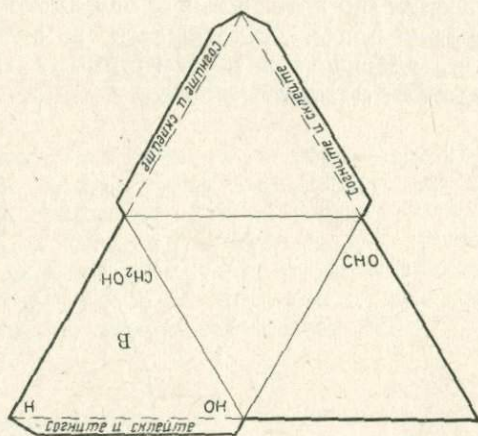


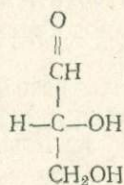
Рис. 1.2. Тетраэдрическая модель L-(—)-глицеринового альдегида.

Для изготовления модели скопируйте рисунок на плотную бумагу или картон, вырежьте по утолщенным линиям. Модель согните по сплошным и пунктирным линиям, как указано на рисунке.

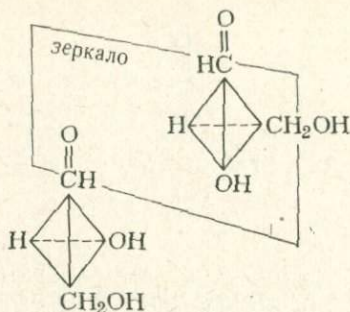
Рис. 1.3. Тетраэдрическая модель D-(+)-глицеринового альдегида. Согните и склейте, как рис. 1.1 и 1.2.



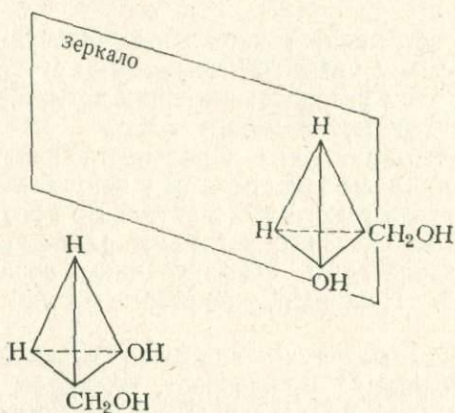
представлять себе в центре тетраэдра), явно не во всех отношениях одинаковы.



С помощью зеркала можно убедиться, что среди них есть зеркальные формы, не совместимые друг с другом, т. е. энантимеры.

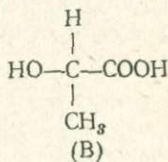
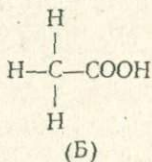
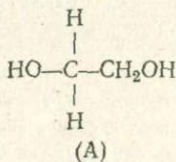


После замены группы $-\text{CHO}$ на H получаются молекулы, совместимые со своим зеркальным изображением, *ахиральные*.



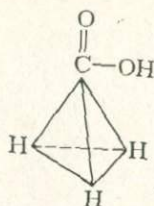
Ахиральные означают: не имеющие хиральности. Все предметы имеют свои зеркальные отражения, но только хиральные предметы несовместимы со своим зеркальным отражением.

Какая из приводимых ниже структурных формул изображает хиральную молекулу? Чтобы ответить на этот вопрос, можете воспользоваться вашей моделью тетраэдра и зеркалом.



(A). Вы ошибаетесь. Структурная формула (A) изображает молекулу, с которой вы встречались ранее. Она совместима со своим зеркальным отражением и изображает ахиральную молекулу. Найдите другой ответ.

(Б). Неправильно. Это структурная формула уксусной кислоты — соединения, не имеющего стереоизомеров. Если вы построите тетраэдрическую модель, она будет выглядеть так:



Вы можете убедиться в том, что эта модель совместима со своим зеркальным отражением. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Вы правы. Эта структурная формула изображает хиральную молекулу, не совместимую со своим зеркальным изображением.

Чаще всего встречаются хиральные молекулы с одним или несколькими атомами углерода, связанными с четырьмя разными заместителями. Атом углерода, имеющий четыре разных заместителя, называют *хиральным центром* *.

Следует подчеркнуть, что хиральность является свойством пространства и природы заместителей у центрального атома углерода, а не свойством самого этого атома. Во всех случаях, когда центральный атом связан с четырьмя разными заместителями и имеет тетраэдрическую конфигурацию, возникает хиральная молекула *. Например, некоторые соли аммония хиральны.

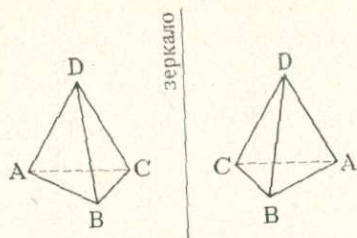
Все хиральные молекулы являются молекулами оптически активных соединений ** и, наоборот, молекулы всех оптически активных соединений хиральны. Оптическая активность проявляется во вращении плоскости поляризации плоскополяризованного света; особое значение она имеет среди природных веществ (см. гл. 5).

Правило последовательности используется для обозначения конфигурации хиральных молекул. Рассмотрим одиночный атом углерода с присоединенными к нему четырьмя ахиральными группами; условно обозначим эти группы А, В, С, D. Соответствующая молекула может существовать в двух и только двух configura-

* Здесь вполне уместны и более старые названия — *асимметрический центр* (асимметрический атом углерода), *асимметрическая молекула*, поскольку в таких структурах нет никаких элементов симметрии, в хиральных же структурах может присутствовать ось симметрии. — *Прим. переводчика.*

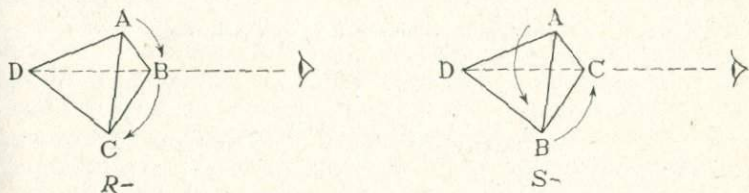
** Это утверждение не вполне точно, так как не учитывает существования *рацематов* — не проявляющих оптической активности эквимольных смесей энантиомеров. — *Прим. переводчика.*

циях. Они являются несовместимыми зеркальными отражениями, или энантиомерами.



Если у вас возникают сомнения, проведите соответствующий опыт с вашими тетраэдрическими моделями. Вы убедитесь в том, что любая из построенных вами моделей окажется совместимой либо с одной, либо с другой из приведенных выше структур.

С помощью правила последовательности можно расположить четыре группы по старшинству. Предположим, что это старшинство $A > B > C > D$. Теперь изобразим обе энантиомерные формы так, чтобы младшая из групп была удалена от глаза наблюдателя. Когда вы смотрите со стороны плоскости, образуемой заместителями ABC , луч зрения проходит через центральный атом углерода.

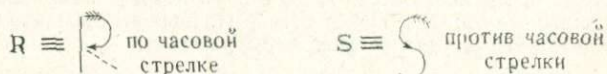


Если в этой ориентации переход от A к B и далее к C идет по часовой стрелке, то конфигурацию обозначают R (от лат. *rectus*, правый). Если этот переход совершается против часовой стрелки — обозначают S (от лат. *sinister*, левый) *.

При превращении одного энантиомера в другой всегда происходит изменение обозначения R на S или S на R .

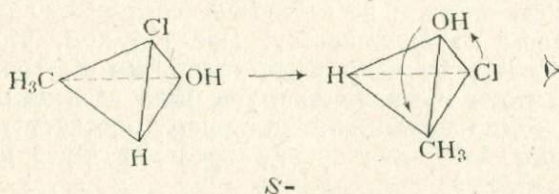
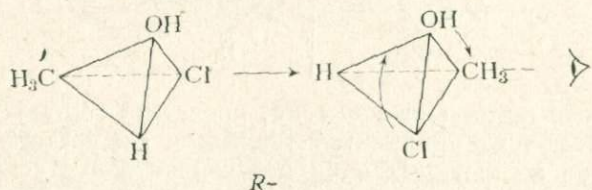
Если вместо условных букв поставить конкретные заместители, то их старшинство необходимо определять точно так же, как вы это уже научились при выборе Z, E -обозначений. В приведенных ниже примерах $Cl > OH > CH_3 > H$.

* Для лучшего запоминания обозначений R и S можно воспользоваться следующим мнемоническим правилом:

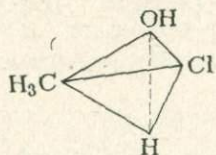


— Прим. переводчика.

Обратите внимание на то, что левый тетраэдр каждой из пар прежде всего переориентируется так, чтобы было удобно смотреть со стороны плоскости, противоположной младшей группе. Для обозначения конфигурации хирального центра вы должны правильно выбрать направление взгляда — либо мысленно, либо изобразив тетраэдр нужным образом (ниже эти изображения записаны справа в каждой из пар). Для выбора правильной перспективы полезны модели.

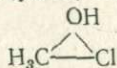


Как обозначить конфигурацию приводимой ниже модели?



(А) *R*; (Б) *S*; (В) Я не знаю.

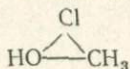
(А). Неправильно. Вы ответили, что изображенное данным тетраэдром соединение имеет *R*-конфигурацию. Старшинство четырех заместителей здесь отвечает ряду $\text{Cl} > \text{OH} > \text{CH}_3 > \text{H}$. Если вы мысленно представите себе, что смотрите через сторону, противоположную H , то увидите такую картину:



Вы должны понять, что это отвечает *S*-конфигурации. Переходите к следующему разделу.

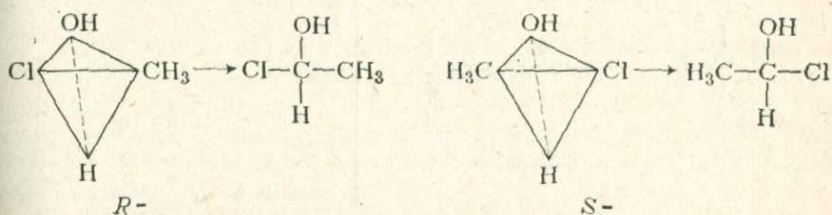
(Б). Вы правы. Если вы посмотрите со стороны, удаленной от младшего заместителя, то увидите, что старшинство остальных трех групп падает против часовой стрелки. Это отвечает *S*-конфигурации. Переходите к следующему разделу.

(В). Посмотрим, поможет ли вам следующее объяснение. Порядок старшинства четырех заместителей: $\text{Cl} > \text{OH} > \text{CH}_3 > \text{H}$. Если вы мысленно посмотрите сквозь тетраэдр на H , то увидите следующую картину:



Как здесь падает старшинство — по часовой стрелке или против нее? Возьмитесь и выберите другой ответ.

Проекционные формулы Фишера представляют собой условный способ изображения молекул с хиральными центрами. В них четыре связи С-атома изображают в плоскости под прямыми углами. В действительности же заместители справа и слева от хирального центра находятся перед плоскостью бумаги, верхний и нижний заместители — за этой плоскостью.

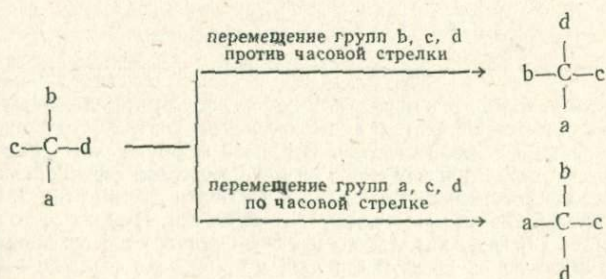


Если младший заместитель стоит наверху или внизу проекционной формулы Фишера, то при конфигурации *R* старшинство остальных заместителей падает по часовой стрелке, при конфигурации *S* — против часовой стрелки.

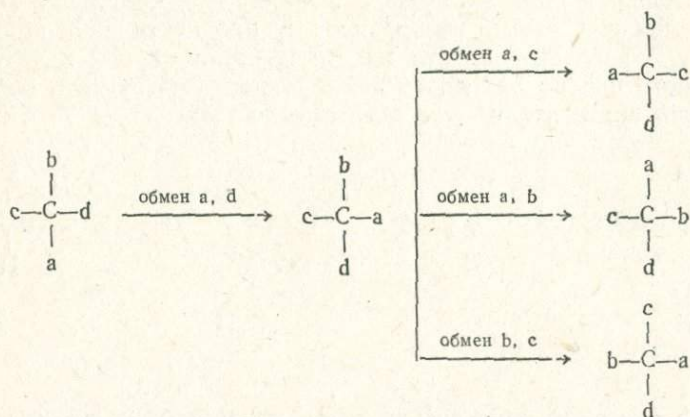
Обычно лучший метод определения конфигурации хирального центра заключается в том, чтобы представить себе тетраэдрическую модель и выбрать такое направление взгляда, чтобы ваш мысленный взор проходил через тетраэдр в направлении младшего заместителя. Поскольку иногда это оказывается трудным умственным упражнением, а также поскольку во многих учебниках широко используются проекционные формулы Фишера — стоит научиться обращению с ними.

Если некая проекционная формула Фишера *не* имеет младшего заместителя сверху или снизу от хирального центра, то ее следует переписать без изменения конфигурации, используя один из приводимых ниже способов.

1. Переместите три заместителя (в числе их младшую группу) по часовой стрелке или против нее, так, чтобы младший заместитель оказался сверху или снизу от хирального центра. Например, если $a > b > c > d$:

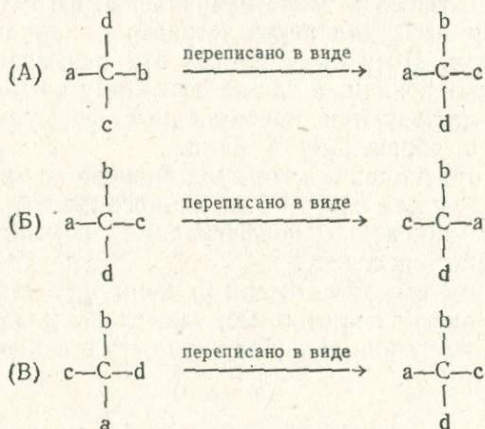


2. Обменяйте местами две группы, так чтобы младшая оказалась сверху или снизу от хирального центра. После этого еще раз обменяйте местами любую пару групп, не затрагивая младшую. Например:



Убедитесь в том, что все три окончательных проекционных формулы изображают одну и ту же *R*-конфигурацию. Не впадайте в ошибку, думая, что вы можете просто повернуть формулу на 90° , чтобы *d* оказалось сверху или снизу — этого делать нельзя!

Какая из изображенных ниже манипуляций *неправильна*?

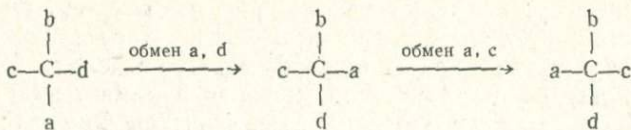


(А). Простите, здесь все в порядке. Еще раз посмотрите на первую проекцию. Младший заместитель находится над хиральным центром, старшинство трех остальных падает по часовой стрелке. В правой формуле младший заместитель снизу, а старшинство остальных снова падает по часовой стрелке. Обе проекции изображают *R*-конфигурацию. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы правы. В этой манипуляции что-то не так. В обоих проекциях младший заместитель снизу от хирального центра. Старшинство остальных трех падает в левой формуле по часовой стрелке, в правой же формуле — против ча-

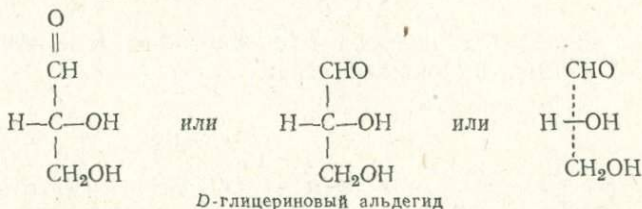
совой стрелки. Следовательно, конфигурации противоположны, перестановка была проведена неправильно. Переходите к следующему разделу.

(В). Неверный ответ. Проведенная манипуляция не содержит ошибки. Проследим за ней:



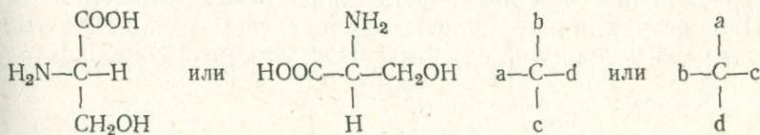
Вернитесь и выберите другой ответ.

Рассмотренное ранее соединение — это 2,3-дигидроксипропаналь *. До 1972 г. в Chem. Abstr. использовалось тривиальное название глицериновый альдегид, допускаемое и сейчас правилами IUPAC. Эта структура была использована Э. Фишером для того, чтобы отнести хиральные молекулы к двум рядам, обозначаемым буквами *L* и *D* **.



До 1951 г. были известны только относительные конфигурации. После того как был найден способ определения реальной (абсолютной) конфигурации, было установлено, что *D*-2,3-дигидроксипропаналь имеет *R*-конфигурацию.

Другая обычная хиральная молекула, аминокислота *L*-серин, много лет использовалась как ключ для определения относительной конфигурации аминокислот. Ниже приводится проекционная формула *L*-серина. Имеет ли он конфигурацию *R* или *S*?

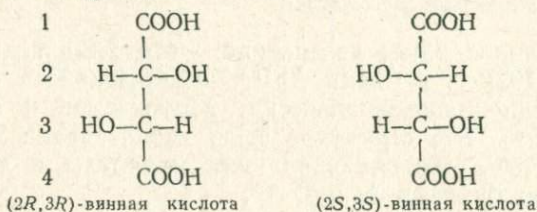


* Здесь и далее для обозначения HO-группы в префиксе названий в переводе будет употребляться отвечающее правилам IUPAC обозначение *гидроксид*, поскольку привычное русское *окси* обозначает просто кислород —O—, что может быть источником недоразумений. — Прим. переводчика.

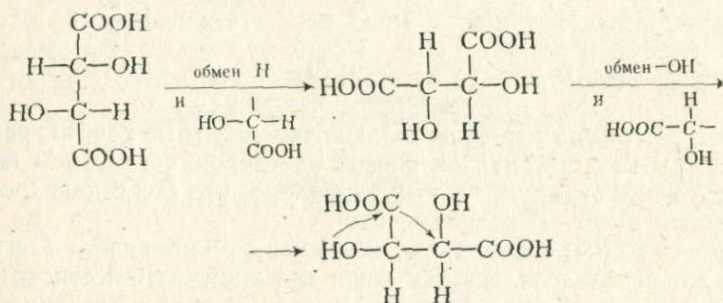
** Предложение использовать глицериновый альдегид как «ключ» для *D*, *L*-обозначений в ряду сахаров принадлежит не Э. Фишеру, а М. А. Розанову (М. А. Rosanoff, JACS, 1906, v. 28, p. 114). Условная запись проекционной формулы справа добавлена переводчиком. Она гораздо нагляднее употребляемой в английском оригинале, так как напоминает о расположении боковых заместителей перед плоскостью, а верхнего и нижнего — за плоскостью чертежа. Кроме того, следует пояснить, что символ *D* означает расположение гидроксидла справа в стандартно написанной проекционной формуле. — Прим. переводчика.

Это *S*-конфигурация. Таким образом, семейства *D* и *L* обычно соответствуют современным обозначениям *R* и *S**. Иногда, в случае аминокислот, связанных с углеводами, появляются осложнения. Все это будет рассмотрено позднее (см. гл. 5).

Если молекула имеет два или более хиральных центра, то конфигурация каждого из них указывается отдельно. Примером может служить винная кислота, которая занимает видное место в истории стереохимии. Проекционные формулы Фишера для двух энантиомеров следующие:

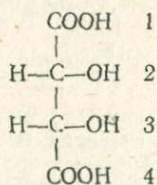


Ниже приводится подробное обоснование *R*-конфигурации атома C-2 в (2*R*, 3*R*)-энантиомере:



Другие отнесения могут быть выполнены аналогично.

Однако у винной кислоты имеется еще один стереоизомер, называемый мезовинной кислотой. Вот его проекционная формула:



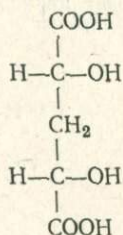
Конфигурации двух хиральных центров в мезовинной кислоте противоположны. Поэтому ее иногда называют (*R,S*)-винной

* Такое утверждение в корне неправильно: принципы выбора *R,S*- и *D,L*-обозначений совершенно различны и совпадение *R* с *D*, а *L* с *S* может быть только чисто случайным. — Прим. переводчика.

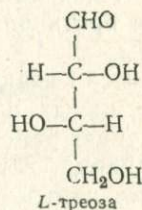
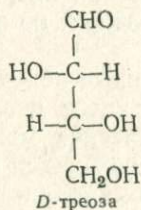
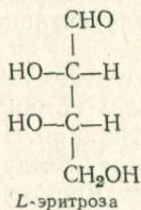
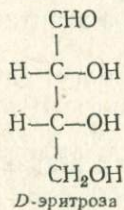
кислотой. Для вас будет полезно самим убедиться в справедливости сказанного, прежде чем идти дальше.

Хотя мезовинная кислота имеет два хиральных центра, она ахиральна и оптически неактивна. Молекула имеет плоскость симметрии, лежащую между обоими хиральными атомами углерода. Она совмещается со своим зеркальным отражением и, следовательно, не является составной частью пары энантиомеров. По отношению к обоим энантиомерам мезовинная кислота является диастереомером: их часто называют соответственно *DL*-пара и *мезо*-форма.

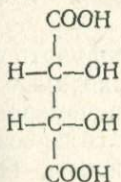
Хиральные центры в *мезо*-соединении не обязательно должны прилегать друг к другу. Например:



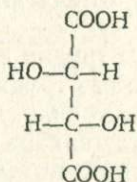
В случае молекул типа *XABC—CABY* часто используют специальные названия для стереоизомеров. Если *X* и *Y* различны, то различны и два хиральных центра, и мы имеем дело с двумя парами энантиомеров. Если *X* и *Y* одинаковы, то два хиральных центра также одинаковы: существует одна пара энантиомеров и неактивный *мезо*-изомер. Обычным примером первого случая являются четыре тетрозы: стереоизомерные эритрозы и треозы. Их проекционные формулы Фишера:



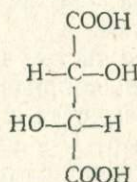
При окислении концевых групп образуются изомерные винные кислоты:



мезо-винная кислота
(эритраровая кислота)

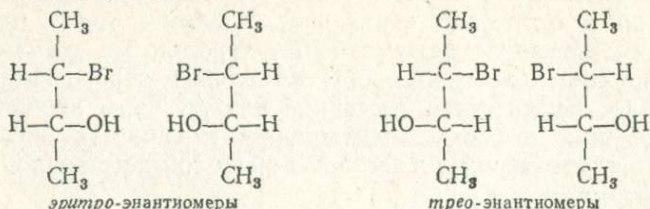


(*S,S*)-винная кислота
(*D*-треаровая кислота)

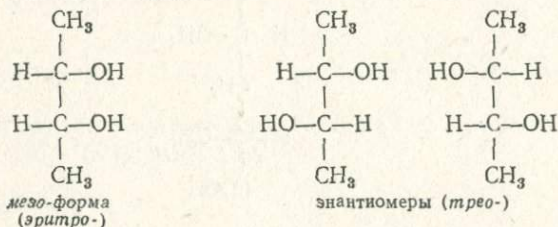


(*R,R*)-винная кислота
(*L*-треаровая кислота)

Энантиомеры, формально связанные с эритрозой, часто называют *эритро*-изомерами, связанные с треозой — *трео*-соединениями. Часто приводимым примером является 3-бромбутанол-2:



Если бром заменить на гидроксильную группу, образуется бутандиол-2,3. При этом из *трео*-формы возникает пара энантиомеров, из *эритро*-формы — единственная неактивная *мезо*-форма:



Трео- и *эритро*-изомеры часто используются в стереохимических исследованиях.

Оптическая активность исчезает также при смешении равных количеств энантиомерных молекул. Подобная смесь может быть только макроскопической, ее называют *рацемической модификацией*. В ней оптическая активность каждой молекулы компенсируется противоположной по знаку активностью энантиомерной молекулы.

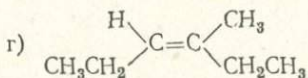
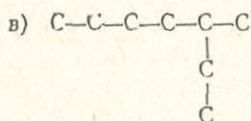
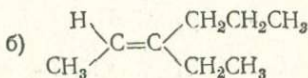
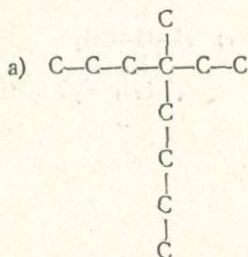
Оптически неактивные исходные вещества не могут дать оптически активных продуктов реакции: обычные синтезы приводят к получению рацемических модификаций. Поэтому хотя многие из соединений, встречающихся в трех следующих главах, имеют хиральные центры, обычно они находятся в рацемических модификациях. Их хиральность имеет малое значение, ибо физические свойства энантиомеров одинаковы, за исключением направления вращения плоскости поляризации света. Одинаковы и химические свойства, за исключением отношения к оптически активным реагентам.

Хотя чистые энантиомеры трудно выделять и получать в лаборатории, природа делает это без труда. Многие находимые в природе вещества существуют в виде чистых энантиомеров: это, например, *D*-винная кислота, сахара (например, сахароза), стероиды (например, холестерин), витамины, алкалоиды, белки и другие вещества. С некоторыми из них вы встретитесь в разд. 3.9 и гл. 5.

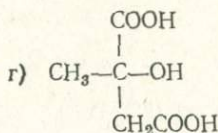
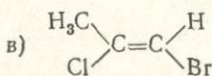
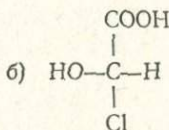
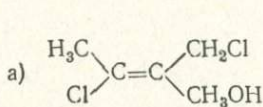
Ниже следуют несколько вопросов для того, чтобы проверить усвоение вами терминов и правил, изложенных в данном разделе. Правильные ответы помещены вслед за вопросами.

(1). Простейшим углеводородом с хиральным центром является 3-метилгексан. Напишите проекционную формулу (*R*)-3-метилгексана.

(2). Дайте систематические названия каждому из приводимых ниже углеводородов (с учетом их конфигурации):



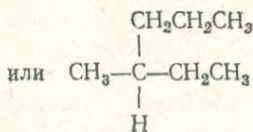
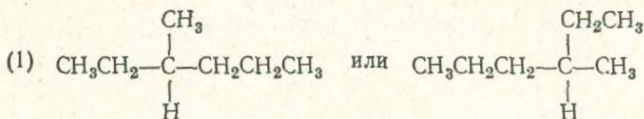
(3). Дайте *Z,E*- или *R,S*-обозначения приводимым ниже структурам:



(4). Напишите скелетные формулы или проекции Фишера, отвечающие следующим названиям:

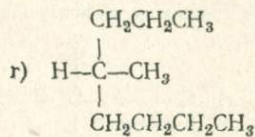
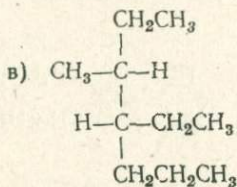
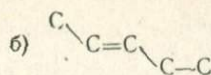
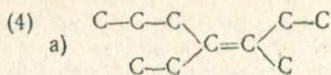
а) (*Z*)-3-метил-4-этилгептен-3; б) (*E*)-пентен-2;

в) (3*R*,4*R*)-3-метил-4-этилгептан; г) (*S*)-4-метилоктан



(2) а) (*R*)-4-метил-4-этилоктан; б) (*E*)-3-этилгексен-2; в) (*S*)-3-метилгептан;
 г) (*Z*)-3-метилгексен-3

(3) а) *E*; б) *S*; в) *Z*; г) *R*



ЦИКЛИЧЕСКИЕ И ЗАМЕЩЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Два важнейших типа органических соединений по своей структуре представляют собой ациклические (алифатические) и циклические соединения. Первая глава была посвящена ациклическим соединениям, преимущественно углеводородам. Ациклические соединения, содержащие также иные элементы, чем углерод и водород, вы встретите в этой и последующих главах. Циклические соединения подразделяют далее на алициклические и ароматические. Алициклические соединения имеют в основном те же химические свойства, что и их алифатические аналоги. Ароматические соединения вступают в явно отличные химические реакции, которые можно объяснить присутствием делокализованных π -электронных связей. Оба типа могут содержать кольца, состоящие либо лишь из атомов углерода, либо включающие также и атомы других элементов. Соединения последнего типа, называемые гетероциклическими, будут рассмотрены в гл. 4.

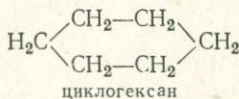
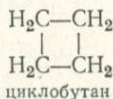
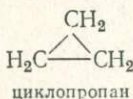
Полная схема классификации такова:



Любая схема классификации правильна лишь в определенном смысле. Некоторые исследователи используют термин гетероциклы в более общем смысле, включая в это понятие как насыщенные гетероциклические соединения, так и ненасыщенные гетероароматические соединения.

2.1. МОНОЦИКЛИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ — ЦИКЛОАЛКАНЫ ЦИКЛОАЛКЕНЫ И ЦИКЛОАЛКИНЫ

Алициклические углеводороды напоминают соответствующие алифатические во многих отношениях, в том числе и в названиях. Они производятся от систематических названий алифатических углеводородов с тем же числом атомов углерода с добавлением префикса *цикло-*. Вот несколько примеров:

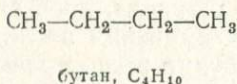
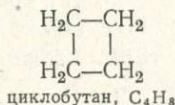


Какова общая формула циклоалканов?

(А) C_nH_{2n} (Б) C_nH_{2n+2} (В) C_nH_{2n} при $n \geq 3$

(А). Ваш ответ близок к истине, но все же не вполне правилен. Циклоалканы действительно имеют на два атома водорода меньше, чем алканы с тем же числом атомов углерода. Следовательно, если общая формула алканов C_nH_{2n+2} , то общая формула циклоалканов должна быть C_nH_{2n} . Однако нет ли необходимости в уточнении? Предположим, что $n = 1$. Существует ли циклоалкан с молекулярной формулой CH_2 ? Нет, не существует. Вернитесь и найдите другой ответ.

(Б). Неправильно. Общая формула C_nH_{2n+2} справедлива для алканов, но не для циклоалканов. Вот, например, структурные и молекулярные формулы соединений с $n = 4$:



Если сравнение этих формул не поможет вам вывести правильную общую формулу циклоалканов, напишите еще одну или несколько подобных пар. После этого вернитесь и выберите другой ответ.

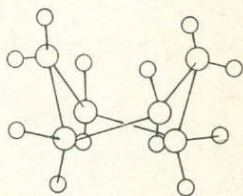
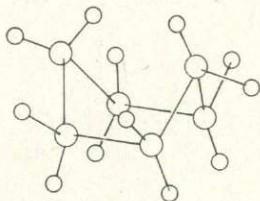
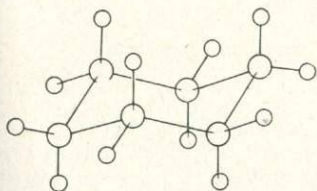
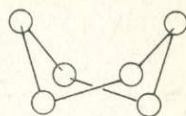
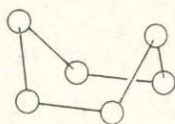
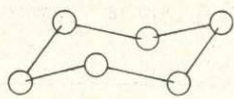
(В). Правильно. Циклоалкан имеет на два атома водорода меньше, чем алкан с тем же числом атомов углерода. Следовательно, общая формула C_nH_{2n} . Поскольку не существует циклоалканов с одним или двумя атомами углерода, необходимо уточнить, что n может быть равно трем или более трех.

Циклопропан является широко используемым анестезирующим средством. Гораздо более важным циклоалканом является циклогексан, который используется как растворитель и промежуточный продукт в органическом синтезе. Циклогексан существует в нескольких конформациях. Хотя все они имеют одно и то же название, все же они заслуживают упоминания, так как их знание необходимо для понимания формы и названий производных циклогексана.

Существуют три конформации, в которых сохранены валентные углы, обычные для sp^3 -гибридизованного атома углерода, т. е. $109,5^\circ$. Такие конформации не имеют углового напряжения. Имея в виду форму, их называют конформациями кресла, ванны и искаженной ванны (*twist*-форма).

Приводимые ниже фигуры иллюстрируют три разных способа изображения конформаций циклогексана. В среднем ряду до-

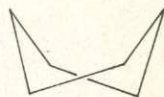
бавлены 12 меньших кружков, изображающих атомы водорода. В нижнем ряду показаны только линии связей, соединяющих атомы углерода.



кресло

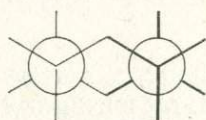


ванна



искаженная ванна

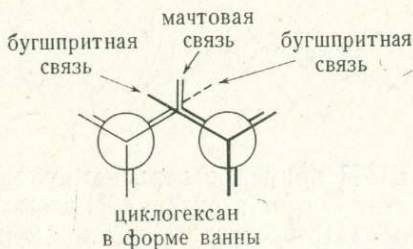
Проекция Ньюмена для формы кресла выглядит так:



кресло
циклогексана

Глядя вдоль любой из углерод-углеродных связей, мы увидим одинаковые взаимоотношения связей углерод—водород.

Если опущенную часть кресла поднять, образуется форма ванны, и проекция Ньюмена приобретает следующий вид:



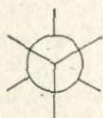
Отметим, что взаимоотношения между связями С—Н здесь иные.

Вспомните названия, которые используются для описания этих отношений, выбрав один из двух приведенных ниже ответов.

(А). Бутановые фрагменты в форме кресла находятся в заторможенных (нечетных) конформациях; в форме ванны имеются заслоненные (четные) бутановые фрагменты.

(Б). В форме кресла имеются заслоненные (четные) бутановые фрагменты, в форме ванны — заторможенные (нечетные).

(А). Вы правы. Проекция Ньюмена для заторможенной конформации бутана выглядит так же, как и у циклогексана в форме кресла:



Проекция Ньюмена для заслоненной конформации бутана напоминает таковую для циклогексана в форме ванны.

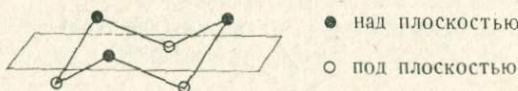


Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы ошибаетесь, хотя этот материал уже встречался вам раньше. Посмотрите объяснение проекций Ньюмена на с. 20, затем прочтите приведенное выше пояснение к ответу (А).

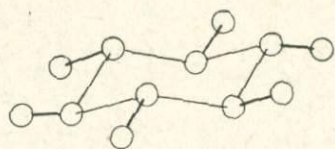
Заторможенные конформации в общем термодинамически стабильнее по сравнению с заслоненными. И действительно, для циклогексана, большинства его производных и других шестичленных циклов вообще наиболее устойчива форма кресла.

Различные изображения циклогексанового кольца ясно показывают, что оно не является плоским. Как показано ниже, три С-атома располагаются выше, а три С-атома ниже плоскости, проходящей через середину всех связей С—С кольца.

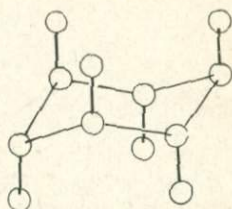


Шесть связей С—Н примерно перпендикулярны к обозначенной выше плоскости. Соответствующие Н-атомы называют *аксиальными*. Остальные шесть связей С—Н примерно параллельны плоскости, однако три из них направлены немного вверх, три — немного вниз. Эти связи также показаны ниже. Соответствующие

Н-атомы называют *экваториальными*. Обратите внимание на то, что все они расположены вблизи рассматриваемой плоскости.

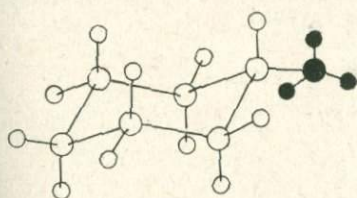


экваториальные связи

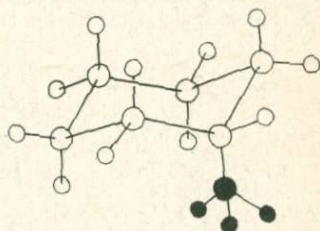


аксиальные связи

Метилдциклогексан, в зависимости от того, находится ли метильная группа в экваториальной или аксиальной ориентации, может существовать в двух формах:

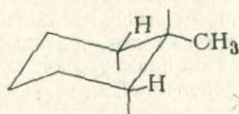


экваториальная CH_3

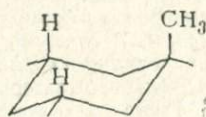


аксиальная CH_3

При комнатной температуре равновесие сдвинуто в сторону экваториальной конформации (соотношение 19 : 1), так как в экваториальной форме расстояние между метильной группой и соседними Н-атомами больше. В экваториальном положении метильная группа расположена далеко от ближайших соседей — двух атомов водорода у соседних С-атомов. В аксиальном положении метильная группа удерживается связью, параллельной связям, ведущим к ближайшим соседям в пространстве — двум аксиальным атомам водорода:



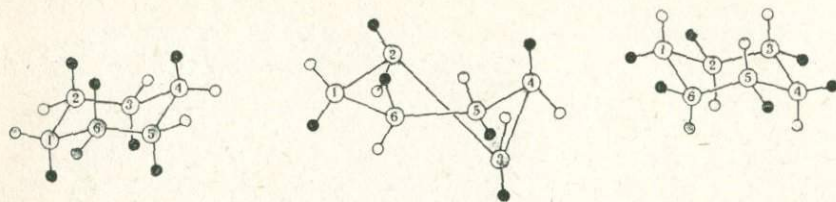
экваториальная CH_3



аксиальная CH_3

Одна кресловидная форма может превращаться в другую. В результате *конверсии* кресло-кресло («выворачивания кольца») экваториальные связи становятся аксиальными, а аксиальные —

экваториальными. Приводимый ниже рисунок иллюстрирует конверсию. Наглядно это можно увидеть на моделях.



конверсия кресло-кресло

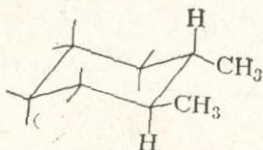


форма кресла

одна из многих промежуточных форм

форма кресла

Ниже приведено изображение 1,2-диметилциклогексана в конформации кресла. Какое положение занимают две метильные группы?



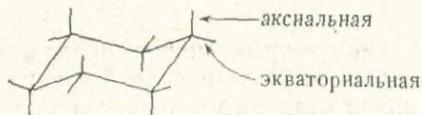
(А) Обе экваториальны; (Б) обе аксиальны; (В) одна аксиальна, другая экваториальна

(А) Правильно. Обе метильные группы занимают экваториальные положения относительно циклогексанового кольца. Углерод-углеродные связи между С-атомами кольца и метильными группами приблизительно параллельны плоскости, проходящей через середину всех С—С-связей кольца. Такие положения называют экваториальными. Переходите к следующему разделу.

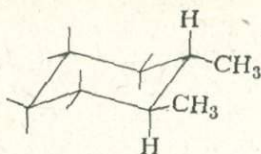
(Б). Неправильно. Вы недостаточно внимательно прочитали текст об аксиальных и экваториальных связях. Те из них, которые примерно перпендикулярны к плоскости, проходящей через середину всех связей С—С кольца, называют аксиальными, а те, которые приблизительно параллельны названной плоскости — экваториальными.

Еще раз посмотрите на формулу и дайте другой ответ.

(В). Вы неправы. В согласии со сказанным выше, аксиальными называют связи, которые примерно перпендикулярны к плоскости, проходящей через середину связей С—С кольца. Экваториальные связи примерно параллельны названной плоскости. Оба типа связей показаны на приводимой ниже схеме. Внимательно рассмотрите эту схему и выберите ответ.

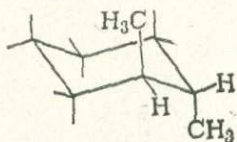


Продолжим рассмотрение диэкваториальной кресловидной конформации 1,2-диметилциклогексана:



Напомним, что при *цис, транс*-изомерии группы лежат соответственно по одну или по разные стороны от плоскости. Опираясь на плоскость, показанную на с. 96, этот диэкваториальный изомер следует назвать *транс*-изомером.

Рассмотрите приводимую ниже диаксиальную кресловидную конформацию 1,2-диметилциклогексана. Представляет ли она *цис*- или *транс*-изомер?



(А) *Цис*-;

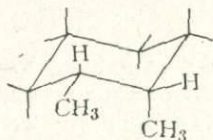
(Б) *транс*-

(А). Вы ошибаетесь. Вам надо вспомнить, что у *цис*-изомера заместители лежат по одну сторону от некоей определенной плоскости. У циклогексана и его производных этой плоскостью является та, которая проходит через середины всех связей С—С цикла (см. с. 97). Вы можете легко увидеть, что в данном случае две метильные группы находятся по разные стороны от этой плоскости. Прочтите ниже текст к ответу (Б).

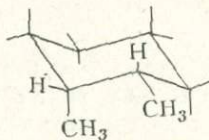
(Б). Правильно. Две метильные группы находятся на противоположных сторонах от плоскости, проходящей через середины всех С—С-связей кольца. Формула изображает *транс*-изомер. Переходите к следующему разделу.

Два приведенные *цис*- и *транс*-1,2-диметилциклогексана — диастереомеры. Они не являются зеркальными отражениями друг друга. Вследствие меньшего перекрытия между метильными группами и аксиальными Н-атомами диэкваториальная форма более устойчива.

Две других возможности для 1,2-диметилциклогексана — расположение заместителей в экваториально-аксиальной и аксиально-экваториальной ориентации, показаны ниже:



экваториально-аксиальный изомер

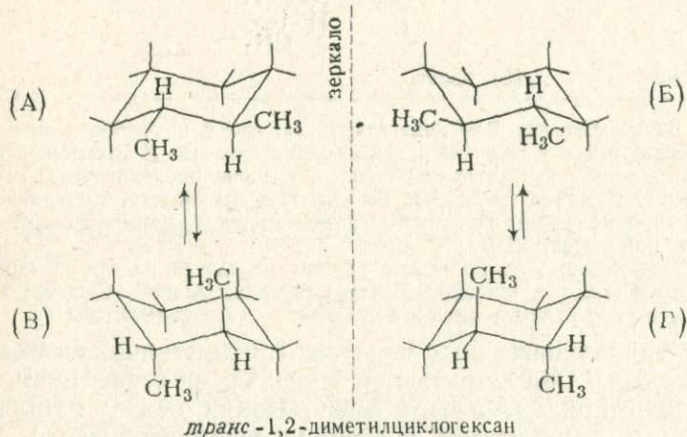


аксиально-экваториальный изомер

Обе формулы изображают *цис*-1,2-диметилциклогексан, они являются энантиомерными.

В заключение еще одна требующая внимания особенность стереоизомеров 1,2-диметилциклогексана: конверсия кресло-кресло не вносит изменений в *цис, транс*-отношения. Например, диаксиальный *транс*-изомер превращается при конверсии в диэкваториальный *транс*-изомер, и обратно.

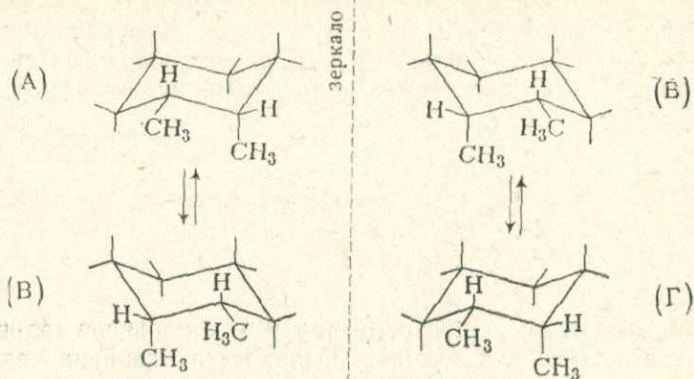
Есть ли условия для проявления хиральности у 1,2-диметилциклогексана? Приводимый ниже рисунок изображает *транс*-1,2-диметилциклогексан в его наиболее устойчивой диэкваториальной конформации; там же дано и его зеркальное отражение. Поскольку они несовместимы, то являются, следовательно, энантиомерами. Конверсия кресло-кресло приводит к диаксиальным конформерам, которые также энантиомерны и несовместимы с диэкваториальной парой. Следовательно, *транс*-1,2-диметилциклогексан должен существовать и действительно существует в виде двух оптически активных энантиомеров.



[расщепляемая рацемическая модификация;
конверсия кресло-кресло превращает (А)
и (Б) в новые энантиомеры (В) и (Г)]

Ниже приведены такие же формулы для *цис*-1,2-диметилциклогексана. Поскольку молекула и ее зеркальное отражение несовместимы, они также являются энантиомерами. Существенным различием является, однако то, что конверсия кресло-кресло приводит не к новой паре энантиомеров, а к превращению в зеркальное отражение. Иными словами, *цис*-1,2-диметилциклогексан и его зеркальное отражение являются конформационными энантиомерами. При обычных температурах их взаимное превращение

происходит слишком быстро, делая невозможным разделение энантимеров и измерение оптической активности.

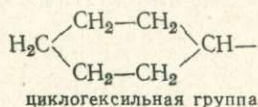
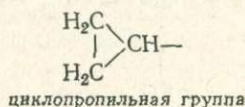


цис-1,2-диметилциклогексан

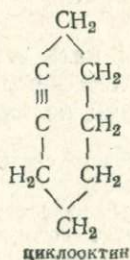
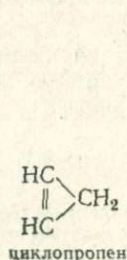
[нерасщепляемая рацемическая модификация; конверсия кресло-кресло превращает (А) в зеркальное отражение (В), при аналогичной конверсии (В) получается зеркальное отражение (Г), но (Б) и (В) идентичны]

Изложенное выше ни в коем случае не следует считать подробным обсуждением стереохимии или конформации циклических соединений. Здесь лишь объяснены важнейшие термины, с которыми вы будете встречаться.

Одновалентные группы, производимые от циклоалканов, получают названия, в которых окончания *ан* заменены на *ил*. Углеродный атом со свободной валентностью получает номер 1. Например:

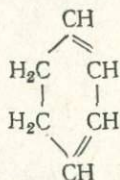


Ненасыщенные алициклические углеводороды называют, прибавляя префикс *цикло-* к названию соответствующего алкена или алкина. Вот два примера:



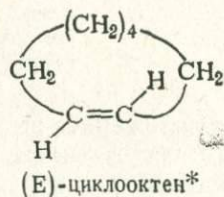
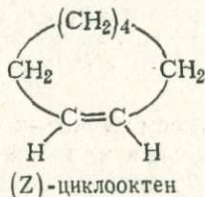
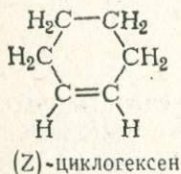
Циклооктин — наименьший из устойчивых циклических углеводородов с тройной связью.

Если кратных связей несколько, то для указания их положения необходимо использовать локанты. Нумерацию следует начинать так, чтобы одна из двойных связей располагалась между С-атомами 1 и 2. Рассмотрите приводимый ниже пример:

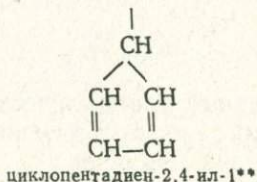
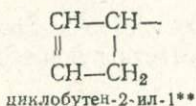


циклогексадиен-1,3

Возможности *цис, транс*-изомерии у циклоалкенов таковы же, как и у ациклических алкенов. Однако если двойная связь находится в цикле с числом звеньев меньше восьми, то связи кольца обязательно должны иметь *цис*-конфигурацию, а незамещенные углеводороды всегда получают обозначение *Z*.



Названия одновалентных радикалов, производимых от циклоалкенов и циклоалкинов, имеют окончания *-енил*, *-инил*, *-диенил* и т. п. Углеродный атом со свободной валентностью получает номер 1, положения кратных связей обозначаются, как обычно. Например:



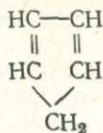
Ниже приводятся пять вопросов, касающихся ненасыщенных алициклических углеводородов. Закройте напечатанные ответы до тех пор, пока сами не найдете ответ.

(1). Напишите углеродный скелет циклоептена.

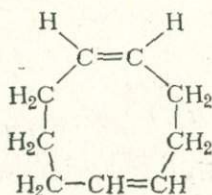
* Интересно, что (E)-циклооктен хирален. — Прим. переводчика.

** Поскольку С-атом со свободной валентностью по правилам IUPAC всегда получает номер 1, цифру 1 можно опускать. — Прим. переводчика.

(2). Какое название имеет соединение

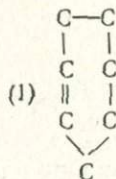
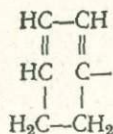


(3). Каково название соединения



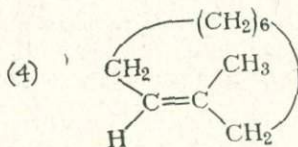
(4). Напишите структурную формулу (*E*)-2-метилциклодецена.

(5). Как назвать группу



(2) Циклопентадиен-1,3

(3) (*Z*)-циклононадиен-1,5



(5) Циклогексадиен-1,3-ил-1

МОНОЦИКЛИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Общие формулы

C_nH_{2n} ($n \geq 3$)

$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ ($n \geq 3$)

$\text{C}_n\text{H}_{2n-4}$ ($n \geq 8$)

Названия

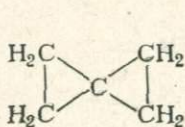
Цикло... ан

Цикло... ен

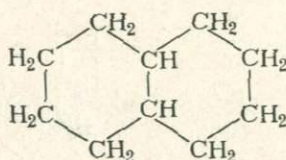
Цикло... ин

2.2. СПИРАНОВЫЕ, КОНДЕНСИРОВАННЫЕ И МОСТИКОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ, АНСАМБЛИ ЦИКЛОВ

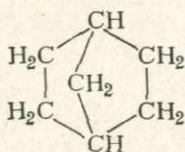
Когда два цикла имеют один общий атом, возникает спирановая система. Когда два цикла имеют два общих соседних атома, налицо конденсированная система. Если общими для двух колец являются несмежные атомы, возникает мостиковая система. Кольца, соединенные простой связью, называют ансамблями циклов.



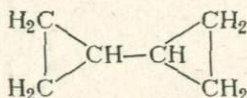
спиран



конденсированная
система



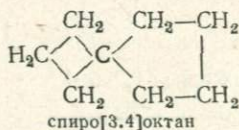
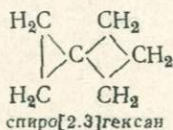
мостиковая система



ансамбль циклов

В этом разделе мы рассмотрим спираны, мостиковые системы и ансамбли циклов. Поскольку наиболее важные конденсированные системы — ароматические, им посвящен разд. 2.3.

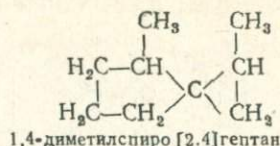
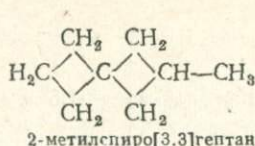
Спираны, имеющие только два алициклических кольца, называют, помещая префикс *спиро* перед наименованием углеводорода, имеющего соответствующее число С-атомов. Число С-атомов, связанных со спирановым атомом в каждом из колец, указывают цифрами, которые помещают в квадратных скобках между префиксом *спиро* и названием углеводорода. Цифры располагают в порядке возрастания и разделяют точкой. Например,



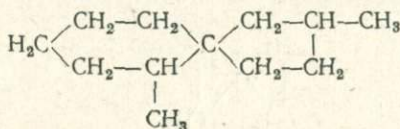
Обратите внимание на то, что сумма цифр в скобках на единицу меньше общего числа С-атомов.

В случае необходимости С-атомы нумеруют последовательно, начиная с ближайшего к спиро-атому С-атома меньшего кольца, проходя после спиро-атома большее кольцо в таком направлении,

чтобы заместители и кратные связи получали наименьшие локанты*.



В последнем из приведенных выше примеров имеются три хиральные центра: это атомы с номерами 1, 3 и 7. Могут, следовательно, существовать восемь стереоизомеров. То же самое справедливо и для структуры, изображенной ниже. Как вы назовете это соединение? Какие три атома являются хиральными центрами?



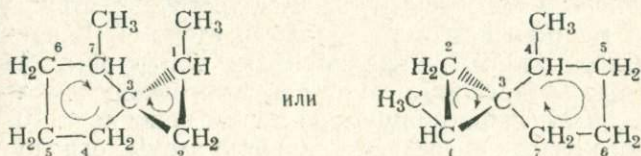
- (А). 2,10-Диметилспиро[4.5]декан с хиральными центрами 2,5,10.
 (Б). 1,8-Диметилспиро[4.5]декан с хиральными центрами 1,6,8.
 (В). 2,6-Диметилспиро[4.5]декан с хиральными центрами 2,5,6.

(А). Неправильно. Вы сделали ошибку при нумерации С-атомов колец. Правильно начав нумерацию в малом кольце, вы в большом кольце выбрали путь, не приведший к наименьшему набору локантов.

(Б). Вы ошиблись. Нумерацию вы начали с большого цикла, а не с малого. Следует начинать с С-атома малого цикла, соседнего со спирановым и находящегося ближе к метильной группе. Вернитесь и сделайте новую попытку.

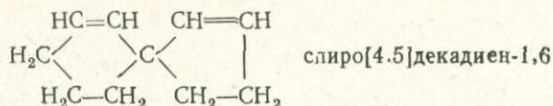
(В). Правильно. Соединение имеет название {2,6-диметилспиро[4.5]декан, хиральными центрами являются атомы 2, 5, 6. Вы правильно начали нумерацию с меньшего цикла и правильно продолжили ее в большем цикле.

* В оригинале рекомендуется вести нумерацию замещенных спиранов, проходя оба кольца в одном направлении (по часовой стрелке или против нее). Это правило не дает в действительности однозначного решения вопроса. В правилах IUPAC этой формулировки нет. Автор забывает, что в спиранах оба кольца перпендикулярны друг к другу. Поэтому, пронумеровав по часовой стрелке первое (малое) кольцо, можно при переходе к другому кольцу смотреть на него либо с одной, либо с другой стороны и это приведет к разной нумерации. Например, в одной из приведенных выше структур:



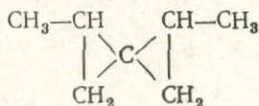
В таких случаях естественно было бы использовать правило наименьшего набора локантов. Именно такой подход правила IUPAC рекомендуют для спиранов, содержащих двойные связи в цикле. — Прим. переводчика.

Если в спиро-углеводороде имеется ненасыщенность, к нумерации подходят аналогично, но при этом двойные и тройные связи должны получить наименьшие из возможных номеров. Например:



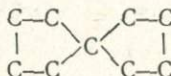
Ниже помещены три задания, в которых вы должны назвать спиросоединение или написать его скелет. Ответы напечатаны после вопроса (3). Закройте их, пока не найдете собственный ответ.

- (1). Напишите углеродный скелет спиро[4.4]нонана.
- (2). Дайте название структуре (без учета возможных стереоизомеров)



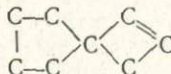
- (3). Напишите углеродный скелет спиро[3.4]октана-1

(1).

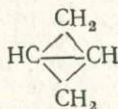


- (2). 1,4-диметилспиро[2.2]пентан

(3).



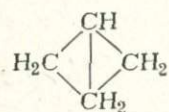
Как указывалось выше, системы, в которых общими для двух или большего числа циклов являются несмежные атомы, называют мостиковыми. Простейшими системами такого типа являются структуры, в которых два цикла имеют два общих углеродных атома, например:



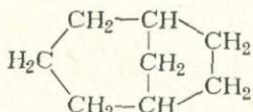
Мостиками являются цепи атомов или валентности, соединяющие различные части молекулы. Два третичных атома углерода на концах мостика называют узловыми атомами. В приведенном выше примере узловыми являются две СН-группы. Мостиками являются две метиленовые группы и связь между узловыми атомами (см. подстрочное примечание переводчика на с. 107) *. Эта связь непосредственно соединяет узловые атомы, однако на пути через два других мостика эти атомы оказываются не соседними.

Насыщенные мостиковые карбоциклические соединения, состоящие только из двух циклов, называются как и алканы с тем же общим числом С-атомов с добавлением префикса *бицикло-*. Число

C-атомов в каждом из трех мостиков указывают в квадратных скобках между префиксом бицикло и названием углеводорода. Цифры располагают в порядке уменьшения и отделяют друг от друга точками. Примерами могут служить:



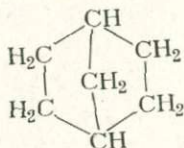
бицикло[1.1.0]бутан



бицикло[3.2.1]октан

Обратите внимание на то, что сумма цифр в скобках на два меньше, чем общее число атомов углерода, указанное в названии бициклической структуры.

Норборнан — соединение, имеющее отношение к камфоре, имеет строение:



Каково его систематическое название?

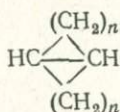
(А). Бицикло[1]гептан; (Б). Бицикло[2.2.1]гептан; (В). Бицикло[3.3.2]гептан.

(А). Неправильно. По-видимому, вы рассматриваете норборнан как шестичленное кольцо с метиленовой группой, играющей роль мостика между двумя атомами кольца. Однако, в систематическом названии должны быть указаны все пути между узловыми атомами. Вернитесь и найдите другой ответ.

(Б). Вы правы. Систематическое название норборнана — бицикло[2.2.1]гептан. Цифры соответствуют числу C-атомов в каждом из мостиков, расположены они в порядке уменьшения. Переходите к последующему тексту.

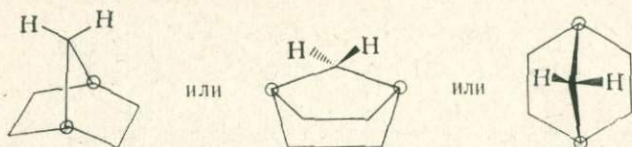
(В). Неправильно. По-видимому вы посчитали один из узловых атомов в числе мостиковых. Цифры должны выражать число атомов между узловыми. Вернитесь и выберите другой ответ.

* Такой подход стирает границу между мостиковыми и конденсированными структурами: приведенное выше соединение можно рассматривать и как конденсированное, в котором два трехчленных цикла имеют по два соседних общих атома. Целесообразнее относить к мостиковым только те структуры, в которых узловые атомы связаны цепями атомов (не меньше одного), а не непосредственно. Приведенное же определение приводит к тому, что из числа структур с общей формулой

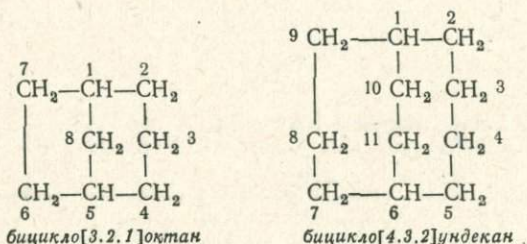


соединение с $n = 1$ приходится относить к мостиковым, структуру же с $n = 4$ (декалин) несомненно все считают конденсированной. — Прим. переводчика.

Мостик, имеющийся в норборнane, заставляет циклогексановое кольцо принять конформацию ванны. Ниже даны три способа изображения пространственного строения норборнана, в которых узловые атомы отмечены кружками:



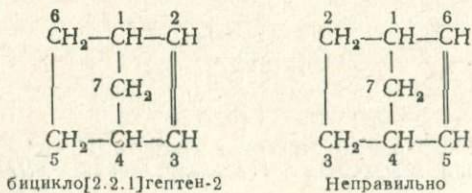
Как и в других случаях, для указания положения заместителей или кратных связей используют локанты. Бициклические системы нумеруют, начиная с одного из узловых атомов и ведя нумерацию по самому длинному пути к другому узловому атому, далее идут также по длинному пути к первому узловому атому, затем нумеруют оставшуюся часть. Изучите приводимые ниже примеры и замечания к ним:



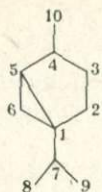
Узловые атомы:	1 и 5	1 и 6
Самый длинный путь:	1-2-3-4-5	1-2-3-4-5-6
Следующий по длине путь:	5-6-7-1	6-7-8-9-1
Остальная часть:	1-8-5	1-10-11-6 (но не 6-11-10-1)

Во втором примере обратите внимание на то, что после номера 9 нумерация «перескакивает» через узловый атом 1 и продолжается по мостику цифрами 10 и 11.

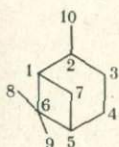
Ненасыщенные мостиковые углеводороды называют обычным способом. Если имеется возможность выбора, то ненасыщенным атомам придают меньшие номера. Внимательно рассмотрите примеры:



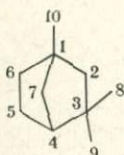
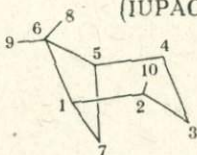
Некоторые терпены (см. разд. 5.4) являются производными приводимых ниже насыщенных бициклических углеводородов:



(CA) 4-метил-1-(1-метилэтил)бицикло[3.1.0]гексан
(IUPAC) туйян

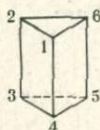


(CA) 2,6,6-триметилбицикло[3.1.1]гептан
(IUPAC) линан

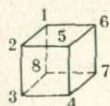


(CA) 1,3,3-триметилбицикло[2.2.1]гептан
(IUPAC) фенхан

Известны также системы циклических углеводородов, составленные из трех и большего числа циклов. Их номенклатура хотя не сверхсложна, но все же запутана и не будет рассматриваться в этой книге. Ниже приводятся два интересных примера, которые показывают, что и у химика-органика есть свои развлечения:



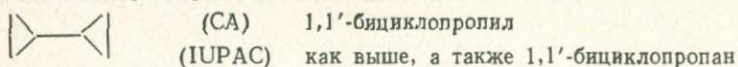
(CA) тетрацикло[2.2.0^{1,4}0^{2,6}0^{3,5}]гексан
(тривиальное) призма



(CA) пентацикло[4.2.0^{1,6}0^{2,5}0^{3,8}0^{4,7}]октан
(тривиальное) кубан

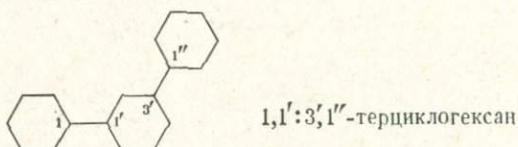
Систему из двух циклических углеводородов одинакового типа по правилам IUPAC можно называть одним из двух способов: 1) с помощью префикса *би-*, помещенного перед названием соответствующего одновалентного остатка (радикала); 2) с помощью того же префикса *би-*, помещенного перед названием соответствующего углеводорода. В практике Chem. Abstr. первый способ используют для наименования двухкомпонентных систем из моноциклических углеводородов и гетеросистем с названиями, начина-

ющимися с «цикло»; второй способ используют во всех других случаях. Например:



Нумерацию проводят, как в соответствующем моноциклическом углеводороде, используя в одном кольце номера с индексами «штрих», в другом — без этих индексов.

Системы (ансамбли) из трех и большего числа циклов называют по второму способу*.



СПИРАНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Общее название: *спиро*[] ...

МОСТИКОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Общее название: *бицикло*[] ...

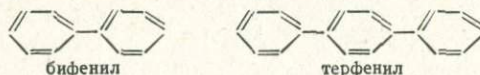
АНСАМБЛИ ЦИКЛОВ

Общее название: *би-, тер-, кватер-* и т. д.

2.3. АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Ароматические соединения обладают свойствами, отличными от свойств алициклических соединений, и составляют особую ветвь в схеме классификации на с. 93. Наиболее распространенным ароматическим углеводородом является бензол**. Термин *ароматические* прилагают ко всем устойчивым циклическим соединениям, имеющим делокализованную электронную систему π -связей***. Большинство из них состоит из шестизвенных колец, однако в общем число звеньев может варьировать от трех

* В правилах IUPAC оговорено, что для систем из бензольных колец в виде исключения употребляются названия, производимые из радикалов. Например:



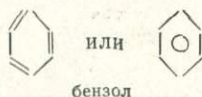
— Прим. переводчика.

** В английском языке — benzene, поскольку окончание *ол* придано спиртам. Однако это название, предложенное еще в Женевских правилах 1892 г., в русском и немецком языке не привилось. По существу оно не отвечает и структуре с чередующимися простыми и двойными связями: двойных связей („ен“) нет, имеется особая ароматическая система связей. — Прим. переводчика.

*** Данное определение ароматических систем не полно: речь должна идти о плоских циклических системах с числом делокализованных π (или p) электронов, равным $4n + 2$, где n — любое целое число (правило Хюккеля). — Прим. переводчика.

до двадцати двух. Кольца ненасыщены, однако не вступают в реакции, характерные для циклоалкенов и циклоалкинов. Бензол и другие арены * являются примерами соединений, в которых проявляется резонанс (мезомерия), их нельзя точно изобразить одной структурной формулой. Общее название этого класса — *арены*.

В формулах бензол обычно изображают в виде шестиугольника без обозначения атомов углерода и водорода.



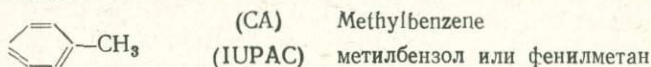
Три двойных связи или кружок указывают на ароматический характер цикла; в данной книге будут использоваться формулы с двойными связями **.

При удалении атома водорода от одного из С-атомов образуется группа C_6H_5- , которую можно изобразить так:



Ее называют фенильной группой. Вы можете также встретить ее условное обозначение греческой буквой «фи» (Φ), или Ph. Поскольку все С-атомы бензольного кольца химически эквивалентны, свободная валентность может исходить от любого из них. Общее название групп, производимых от ароматических соединений и имеющих свободную валентность в кольце — *арильные группы* (арилы).

Существенные изменения в номенклатуре, произведенные в Chem. Abstr. в 1972 г. для периода, охватываемого 9-м сводным указателем, особенно заметны в названиях ароматических углеводородов. В данном разделе важно обратить внимание на отличия между названиями, допускаемыми правилами IUPAC, и названиями, употребляемыми в Chem. Abstr. Например, если с бензольным ядром соединена простая алкильная группа, правила IUPAC позволяют назвать соединение и как замещенный бензол, и как замещенный алкан, в зависимости от химической точки зрения. По Chem. Abstr. такие соединения называют как замещенные бензолы ***.

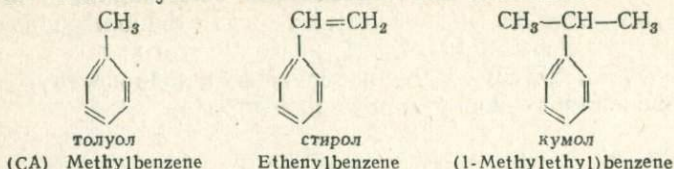


* Название арены в настоящее время стало привычным. На его основе в книге А. П. Терентьева, А. Н. Коста, А. М. Цукермана, В. М. Поталова «Номенклатура органических соединений» (изд-во АН СССР, 1955) для бензола было предложено систематическое название *гексабен*, в то время не получившее поддержки. — Прим. переводчика.

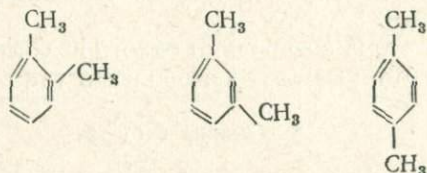
** В оригинале используются формулы с кружком. — Прим. переводчика.

*** Здесь и далее названия, используемые в Chem. Abstr., мы будем, как правило, воспроизводить без перевода, поскольку именно в таком виде их чаще всего встретит читатель. — Прим. переводчика.

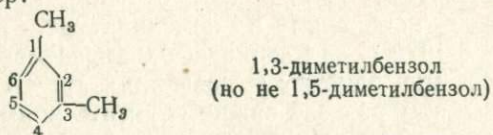
Вам следует запомнить также и тривиальные названия некоторых алкилбензолов. Эти названия приняты в правилах IUPAC, в СА же используются систематические названия:



Положение заместителей в бензольном ядре становится существенным тогда, когда в ядре имеются два или большее число заместителей. Существуют три изомерных диметилбензола. Их формулы:

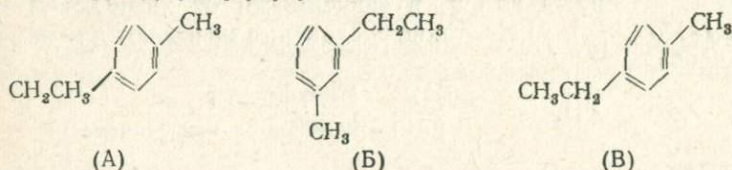


Как отличить их друг от друга? Для этого используют две системы. В одной из них применяются цифры, в другой — специальные префиксы. В первой системе атому, несущему заместитель, присваивают номер 1 и ведут нумерацию так, чтобы получить наименьшие локанты (см. с. 51) для всех других заместителей. Например:

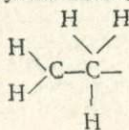


В отличие от диметилциклогексанов, диметилбензолы являются плоскими и не имеют *цис, транс*-изомеров.

Какую структурную формулу имеет 1-метил-4-этилбензол?



(A). Вы неправы. Слишком поспешно дали ответ! Еще раз посмотрите на формулу (A). Находите ли вы в ней какую-либо неправильность? Развернутая структурная формула этильной группы выглядела бы так:

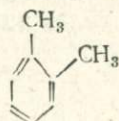


Такая формула неверна, не так ли? Еще раз внимательно проанализируйте формулу. Найдите правильный ответ.

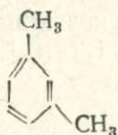
(Б). Вы ошибаетесь, выбрав для 1-метил-4-этилбензола формулу (Б). Перенумеруйте в ней атомы. Углеродный атом кольца, несущий метильную группу, имеет номер 1, несущий этильную группу — номер 3. Это формула 1-метил-3-этилбензола. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Вы правы. Это действительно формула 1-метил-4-этилбензола. Направленные нумерации в данном случае безразлично.

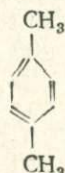
Все три изомерных диметилбензола называют тривиальным названием ксилолы; это название принято и в правилах IUPAC. Формулы и систематические названия ксилолов даны ниже:



1,2-диметилбензол

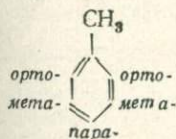


1,3-диметилбензол



1,4-диметилбензол

Вторая система указания положения заместителей основана на использовании префиксов; она допускается правилами IUPAC, но не применяется в Chem. Abstr. В этой системе используются префиксы *орто*-, *мета*-, *пара*-. Они указывают положение углеродных атомов кольца относительно С-атома, несущего первый заместитель. В ксилолах первым заместителем является CH_3 -группа. Приводимая ниже диаграмма показывает префиксы для обозначения пяти остальных положений в бензольном кольце:



ЗАПОМНИТЕ: оба *орто*-положения находятся по соседству с первым заместителем. Два *мета*-положения отделены одним С-атомом от углерода с первым заместителем. Единственное *пара*-положение отделено двумя атомами углерода от первого заместителя.

Префиксы *орто*-, *мета*-, *пара*- часто записывают сокращенно буквами *о*-, *м*-, *п*-*.

Ни префиксы, ни их сокращенные обозначения буквами не учитываются в определении алфавитного порядка для перечисления замещающих групп.

Каково обычное название 1,3-диметилбензола?

(А). *орто*-Ксилол; (Б). *мета*-ксилол; (В). *пара*-ксилол.

(А). Неправильно. Посмотрите еще раз на приведенную выше диаграмму. Вспомните, что два *орто*-положения находятся около первого заместителя. *орто*-Ксилол — это 1,2-диметилбензол. Вернитесь и выберите другой ответ.

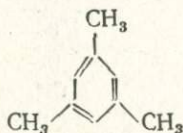
* Для запоминания можно предложить следующее мнемоническое правило: *о* = около первого заместителя; *п* = против первого заместителя. — Прим. переводчика.

(Б). Вы правы. Обычное название 1,3-диметилбензола — *мета*-ксилол. Запомните: 1,2-*орто*-; 1,3-*мета*-; 1,4-*пара*-. Переходите к следующему разделу.

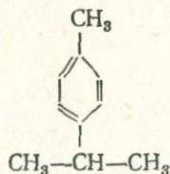
(В). Вы ошибаетесь. Еще раз посмотрите на приведенную выше диаграмму. Запомните, что *пара*-положение отделено от первого заместителя двумя С-атомами (т. е. находится против него). Вернитесь и выберите другой ответ.

Не следует ожидать, что *орто*-, *мета*-, *пара*-обозначения когда-либо* полностью исчезнут из книг и журналов, однако в 1972 г. они исключены из указателей Chem. Abstr. Одной из причин этого, очевидно, является неспособность ЭВМ различать разные типы написания букв*.

Еще два производных бензола, для которых правилами IUPAC приняты тривиальные названия, это мезитилен и цимол**. Последний может иметь 1,2-, 1,3- и 1,4-изомеры.

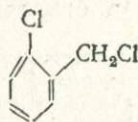


(IUPAC) мезитилен
(CA) 1,3,5-trimethylbenzene

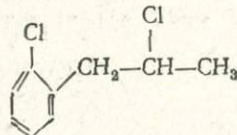


p-цимол
1-methyl-4-(1-methylethyl)benzene

Обратите внимание на круглые скобки, с помощью которых выделяется сложный заместитель 1-метилэтил. Их использование устраняет возможную неопределенность. Вот два примера:



1-хлор-2-(хлорметил)бензол



1-хлор-2-(2-хлорпропил)бензол

В первом названии в скобках нет нужды, так как хлорметильная группа может иметь строение только —CH₂Cl. Использование скобок во втором названии должно пояснить, что 2-хлорпропильная группа стоит в положении 2 бензольного ядра.

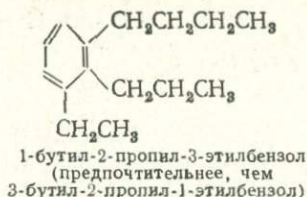
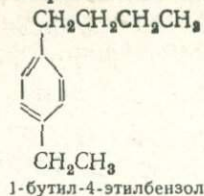
При нумерации бензольного ядра используют набор наименьших локантов. Если существует выбор между несколькими возможностями**, то первый номер получает группа, идущая

* Автор имеет в виду различие между заглавными и строчными буквами, прямым и курсивным шрифтами (последним обозначаются *o*-, *m*- и *p*-). — Прим. переводчика.

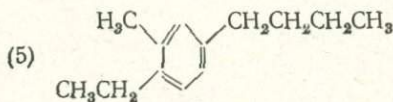
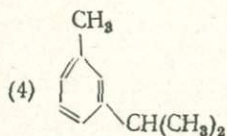
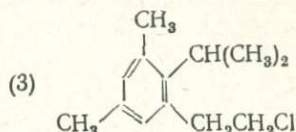
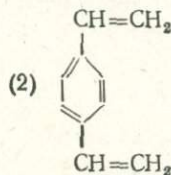
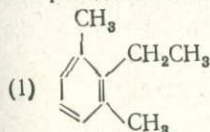
** В правилах IUPAC сохранены тривиальные названия для следующих шести углеводородов бензольного ряда: толуол, ксилол, кумол, мезитилен, цимол, стирол. — Прим. переводчика.

*** Автор имеет в виду несколько возможностей с одинаковым набором локантов. При разных наборах предпочтение отдается меньшему набору [см. ниже, пример (5)]. — Прим. переводчика.

вперед в алфавите. Вот два примера:



Ниже приводятся структурные формулы пяти производных бензола. Составьте систематическое название для каждого из них. Будьте внимательны; примеры выбраны так, чтобы иллюстрировать приведенные выше правила. Ответы приведены ниже.

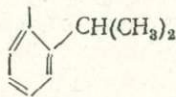


- (1) 1,3-Диметил-2-этилбензол (по правилам IUPAC: 2-этил-*m*-ксилол)
 (2) 1,4-Дивинилбензол (по правилам IUPAC: *p*-дивинилбензол)
 (3) 1,5-Диметил-2-(1-метилэтил)-3-(2-хлорэтил)бензол
 (4) 1-Метил-3-(1-метилэтил)бензол (по правилам IUPAC: *m*-кумол)
 (5) 4-Бутил-2-метил-1-этилбензол (если бы бутильной группе придать номер 1, получился бы набор локантов 1, 3, 4, который больше использованного в названии набора 1, 2, 4)

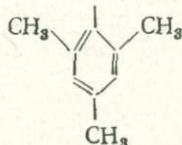
Одновалентные группы, производимые от моноциклических ароматических углеводородов и имеющие свободную валентность у одного из атомов кольца, получают приводимые ниже названия. Как и всегда, углеродный атом со свободной валентностью обозначается номером 1.



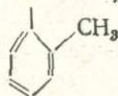
(CA) phenyl
(IUPAC) фенил



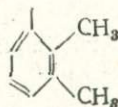
2-(1-methylethyl)phenyl
о-кумил (аналогично
m- и *p*-кумилы)



2,4,6-trimethylphenyl
мезитил

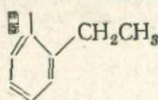


(CA) 2-methylphenyl
(IUPAC) *o*-толил
(аналогично *m*- и *p*-толил)

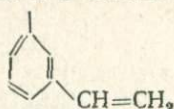


2,3-dimethylphenyl
2,3-ксилил (аналогично
2,4- и 2,5-изомеры)

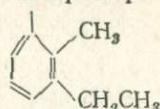
Другие радикалы со свободной валентностью у С-атома кольца называют по типу замещенных фенильных радикалов как по правилам IUPAC, так и в Chem. Abstr. Например:



2-этилфенил



3-этилфенил

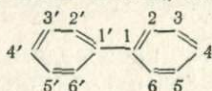


2-метил-3-этилфенил

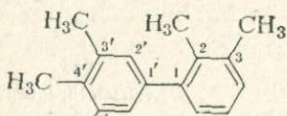
Некоторые группы со свободной валентностью в боковой цепи имеют по правилам IUPAC тривиальные названия, в то время как в Chem. Abstr. используют только систематические названия. Ниже приводятся шесть таких структур, при них первыми даны систематические названия, принятые в Chem. Abstr., вторыми тривиальные названия, допускаемые правилами IUPAC:

phenylmethyl бензил		или $C_6H_5CH_2-$
diphenylmethyl бензгидрил		или $(C_6H_5)_2CH-$
3-phenyl-2-propenyl* циннамил		или $C_6H_5CH=CHCH_2-$
2-phenylethenyl стирил		или $C_6H_5CH=CH-$
triphenylmethyl третил		или $(C_6H_5)_3C-$

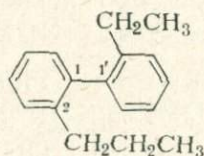
Система из двух бензольных колец называется бифенилом. В приводимой ниже формуле обратите внимание на то, что атомы одного из колец имеют номера со штрихами, другого — без них. Атомы, через которые осуществляется связь колец, имеют всегда номера 1 и 1'.



Замещенные бифенилы получают названия с минимальным набором локантов; при этом цифра без штриха считается меньшей, чем цифра со штрихом. Если можно составить два одинаковых набора локантов, то предпочтение отдается группам, стоящим ближе к началу алфавита.



2,3,3',4',5'-пентаметилбифенил
(но не 2',3,3',4,5-)

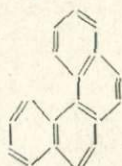


2-пропил-2'-этилбифенил

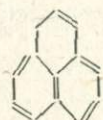
* Напомним, что цифра 2 — это локант двойной связи, который в англо-американской номенклатуре ставится перед основной названия. В отечественной номенклатуре: 3-фенилпропен-2-ил. — Прим. переводчика.

В первом из приведенных выше примеров правое кольцо, имеющее метильные группы в положениях 2 и 3, нумеруется цифрами без штрихов, поскольку локант 2 считается меньшим, чем 2'. Во втором примере левое кольцо нумеруется без штрихов, так как по алфавиту пропи́л предшествует этилу*.

Существуют тысячи ароматических соединений с конденсированными кольцами. Их принято подразделять на *орто*-конденсированные и *орто-пери*-конденсированные. Первые из них состоят из колец, каждое из которых имеет только два атома, общих с соседним кольцом: в них n общих сторон и $2n$ общих атомов. *орто-пери*-Конденсированные системы включают кольца, имеющие два (и только два!) атома, общих с двумя или большим числом колец: при n общих сторон в системе число общих атомов меньше, чем $2n$. Например:

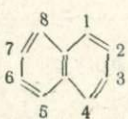


орто-конденсированная система (3 общих стороны, 6 общих атомов)

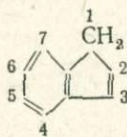


орто-пери-конденсированная система (3 общих стороны, 4 общих атома)

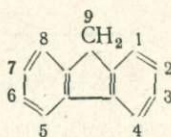
Ниже приведены несколько примеров конденсированных систем с принятой для них нумерацией. Для правильного представления о структуре необходимо помнить, что при каждом пронумерованном атоме углерода имеется один атом водорода; если же H-атомов более одного, то они обозначены в формуле (см., например, инден). Каждый из пронумерованных C-атомов принадлежит только одному кольцу. Номера, которыми обозначены эти атомы, используются при необходимости для указания положения замещающих групп. Ни названия этих структур, ни их нумерация больше не встретятся вам в этой книге; приведены они исключительно как справочный материал. Все изображенные ниже структуры относятся к числу *орто*-конденсированных, за исключением пирена, который относится к *орто-пери*-конденсированным системам.



нафталин, $C_{10}H_8$

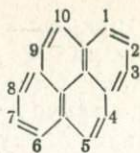


инден, C_9H_8

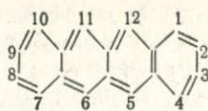


флуорен, $C_{13}H_{10}$

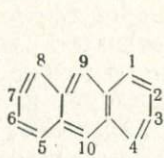
* В английском тексте ethyl стоит по алфавиту раньше, чем propyl, поэтому в английском оригинале штрихи имеет кольцо с пропильной группой. — Прим. переводчика.



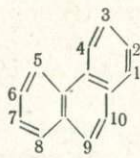
пирен, $C_{18}H_{10}$



нафтацен, $C_{18}H_{12}$

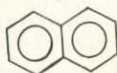


антрацен, $C_{14}H_{10}$



фенантрен, $C_{14}H_{10}$

В некоторых случаях в формулах этих конденсированных систем вы можете увидеть кружки, изображающие π -электроны, подобно тому, как это принято для бензола. Например, нафталин может быть изображен так:



Некоторые авторы возражают против этого на том основании, что кружок при этом не всегда соответствует определенному числу электронов. Другие, не отрицая этого факта, считают, что кружки служат для изображения перекрывающихся облаков электронов, характерных для ароматических колец (независимо от числа участвующих электронов).

Наше обсуждение названий углеводородов завершено. Следующие разделы будут посвящены названиям органических соединений, в составе которых кроме углерода и водорода имеются также другие элементы.

АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Общая формула:

— одно кольцо

— два или несколько колец

Общее название:

... бензол

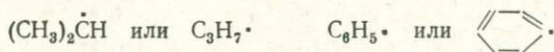
разные названия, в зависимости от строения

2.4. СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ И ИОНЫ

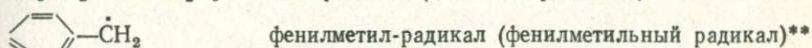
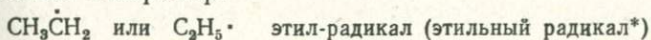
Электронейтральные органические структуры, содержащие один или несколько неспаренных электронов, называют *свободными радикалами*. Частицы, несущие положительный или отрицательный заряд, называют *ионами*. Для структур, в которых заряд находится на атоме углерода, используют названия *карбокатион* и *карбанион*. Известно, что некоторые радикалы и ионы такого

типа способны к существованию (их часто называют «интермедиами реакций»), другие являются лишь гипотетическими. В обоих случаях необходима легко понимаемая, однозначная систематическая номенклатура для таких частиц.

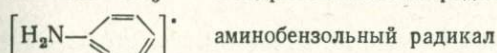
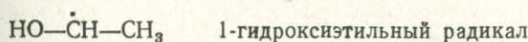
В структурных формулах неспаренный электрон свободного радикала изображают точкой у соответствующего атома. Точка, следующая за молекулярной формулой, имеет то же значение, однако она менее наглядно выражает положение неспаренного электрона. Например:



Названия свободных радикалов в общем совпадают с названиями соответствующих замещающих групп с добавлением слова *радикал*. Например:



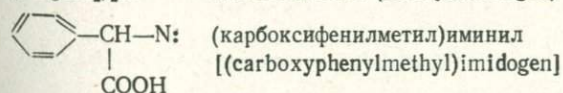
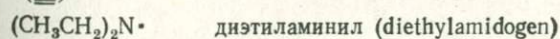
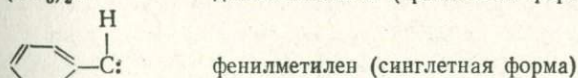
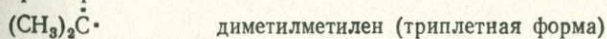
Свободные радикалы считаются самыми старшими из классов, поэтому все присутствующие функциональные группы называют в префиксе, как заместители:



Метилен $\text{H}_2\text{C}\cdot$, является нейтральной структурой с углеродом, имеющим только шесть валентных электронов. Соответствующие структуры с электронодефицитным азотом $\text{H}_2\text{N}\cdot$ — аминил, $\text{HN}\cdot$ — иминил (английские названия соответственно amidogen и imidogen) ***.

Два неспаренных электрона обозначают двумя точками; их часто печатают в виде двоеточия. Группы, связанные со структурами $\text{H}_2\text{C}\cdot$, $\text{H}_2\text{N}\cdot$ и $\text{HN}\cdot$, обозначают обычными префиксами.

Например



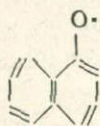
* Названия с использованием прилагательного лучше отвечают нормам русского языка, хотя и дальше отходят от английского эквивалента. — Прим. переводчика.

** По правилам IUPAC — бензильный радикал. — Прим. переводчика.

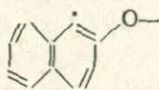
*** Автор приводит обозначения, используемые в СА. Согласно правилам IUPAC, $\text{H}_2\text{N}\cdot$ — aminyl; $\text{HN}\cdot$ — aminylen. — Прим. переводчика.

Правила IUPAC допускают употребление названия карбен вместо метилен, в Chem. Abstr. используется только второе название.

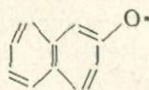
Какая из приведенных ниже структур изображает нафтоксильный-2 радикал?



(А)



(Б)



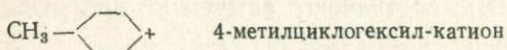
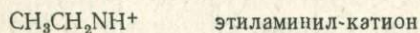
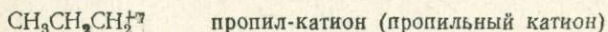
(В)

(А). Неправильно. По-видимому вы забыли нумерацию в нафталине. Избранная вами структура, это нафтоксильный-1 радикал. Вернитесь и найдите другой ответ.

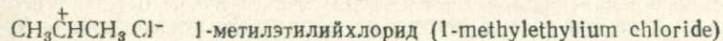
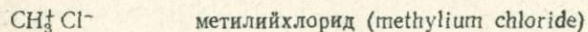
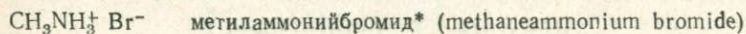
(Б). Вы ошибаетесь. Структура, выбранная вами — одновременно является свободным радикалом и замещающей группой, поскольку в ней имеется как неспаренный электрон, обозначенный точкой, так и свободная валентность, указанная черточкой. Правильным ответом будет структура только с точкой, обозначающей неспаренный электрон. Вернитесь и найдите ее.

(В). Вы правы, это нафтоксильный-2 радикал. Он имеет неспаренный электрон на кислороде, который связан с углеродным атомом нафталина, имеющим номер 2.

Формально органический катион можно рассматривать как частицу, возникающую из свободного радикала при потере неспаренного электрона. Катионы часто называют подобно радикалам, используя вместо слова радикал слово катион. Вот несколько примеров:



Эти названия используют для выражения ионной природы частицы, однако они не подходят для тех случаев, когда ион является составной частью соединения. Для этих случаев удобно рассматривать катион как продукт присоединения протона к нейтральной частице и обозначать с использованием окончаний *оний*, *ий*, например:



* Английские названия существенно отличаются, они приводятся в скобках. — Прим. переводчика.

В тех редких случаях, когда надо назвать карбокатион, образовавшийся в результате присоединения протона к насыщенному атому углерода, также используют окончание *ий*, например:

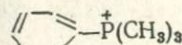
CH_5^+ метаний-ион (methanium ion)

C_6H_7^+ циклогексаний-ион (cyclohexanium ion)

Ониевыми ионами называются такие, в которых катионный атом, в роли которого чаще всего выступает азот, не связан с водородом*. В суффиксе они получают обозначение *-оний*, в префиксе *-онио*.

Например, группировка R_4N^+ называется соответственно -аммоний. С 1972 г. в Chem. Abstr. вместо аммоний употребляют обозначение aminium (аминий). Замещенные ониевые ионы называют как продукты замещения соответствующего более простого катиона, за исключением тех случаев, когда заряженный атом является частью циклической системы. Например:

$(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$ (IUPAC) тетраметиламмоний-ион
(CA) N,N,N-trimethylmethanaminium ion

 триметилфенилфосфоний-ион

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{CH}_3$ диэтилбромоний-ион

Карбокатионы типа R_3C^+ часто неправильно называют карбониевыми ионами. Хотя с подобной терминологией приходится встречаться постоянно, лучше эти структуры называть замещенными карбениевыми ионами, например:

$(\text{CH}_3)_3\text{C}^+$ триметилкарбений-ион

Так называемые четвертичные аммониевые соли $\text{RR}'\text{R}''\text{R}'''\text{N}^+\text{X}^-$ важны как катионные детергенты, моющие средства и антимикробные агенты. Примером может служить:

$(\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$ 2Br^- пропиленбис(триметиламмоний)дибромид

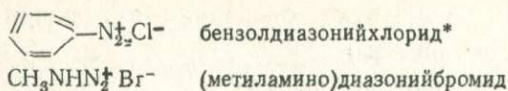
Оксониевые соединения являются исключительно реакционно-способными алкилирующими агентами, например:

$(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{O}^+\text{BF}_4^-$ триэтилоксонийфторборат

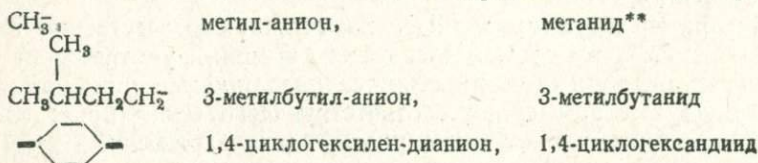
Соединения общей формулы RN_2^+X^- образуют особый класс, называемый соединениями диазония. Их названия образуют, прибавляя суффикс *диазоний* к названию соответствующего соеди-

* В практике большинства химиков всех стран ониевые ионы понимают как продукты присоединения протона (или других электрофилов) к свободным электронным парам формально насыщенным атомам (аммониевые, оксониевые, бромониевые и т. д. соединения), причем ограничение относительно отсутствия атомов водорода несущественно. — Прим. переводчика.

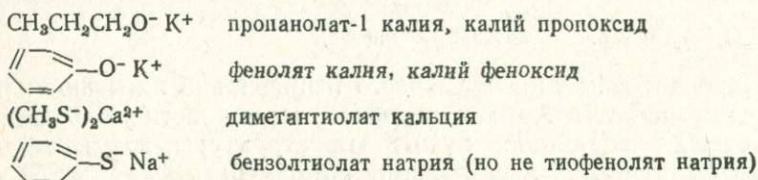
нения RH и дополняя названием аниона X⁻. Приведем два примера:



Органический анион можно представить себе как продукт присоединения электрона к свободному радикалу и назвать, заменив слово радикал на анион. Если ион является составной частью ионного соединения, то используют суффикс *ид*. Например:

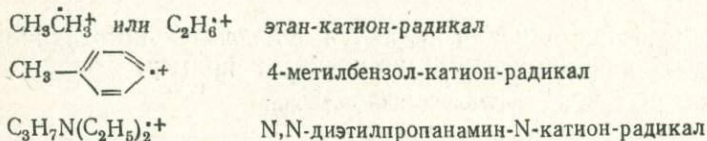


Анионы, образующиеся при отнятии протона от спирта или тиола, называют, заменяя суффикс *-ол* (или *-тиол*) на *-олат* (*-тиолат*). Производные спиртов могут получать также сокращенные названия с окончанием *-оксид*.



Относительно анионов карбоновых кислот см. с. 161.

Частицы, несущие как заряд, так и неспаренный электрон, называют ион-радикал. Образование органического катион-радикала можно представить себе как процесс отнятия электрона от нейтральной нерадикальной молекулы. Такие частицы называют, прибавляя к названию исходной молекулы слова катион-радикал. Например:

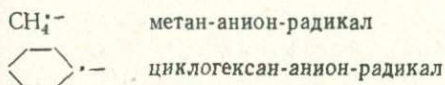


Для катион-радикалов, входящих в состав ионных соединений, как в правилах IUPAC, так и в Chem. Abstr. используют суффикс *шмил*. Так, этан-катион-радикал, если он сочетается с анионом, должен быть назван этаниум-1-ил-1.

* В русской номенклатуре соли PhN_2^+X^- нередко называют также солями фенилдиазония. — Прим. переводчика.

** В русской номенклатуре часто — метилид. — Прим. переводчика.

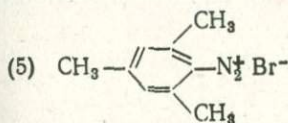
Образование органического анион-радикала можно представить себе как результат присоединения электрона к нейтральной нерадикальной молекуле. Такие частицы называют, прибавляя слова анион-радикал к названию исходного соединения. Например:



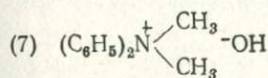
Для анион-радикалов, являющихся составной частью ионных соединений, правила IUPAC рекомендуют суффикс (окончание) *-идил*. Новым предложением является использование окончания *идил* наряду с *цумил*.

Ниже приводится ряд упражнений для проверки ваших знаний. Если в вопросе дано название — ответом должна служить формула; если в задании формула — ответом является название. Свои решения проверьте по ответам, напечатанным вслед за последним вопросом.

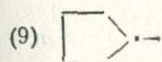
- (1) Пропоний-1-ион
- (2) Триметилендиаминил-радикал
- (3) $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{C}^\cdot$
- (4) Циклогексан-катион-радикал



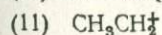
- (6) Диметилхлороний-ион



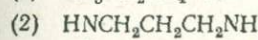
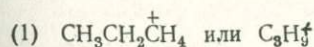
- (8) Этанид натрия



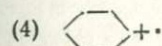
- (10) 2-Метилпропоксид калия



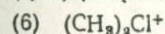
- (12) Динатрий-циклогександиид-1,4



- (3) Диэтилметилен или диэтилкарбен



- (5) 2,4,6-Триметилбензолдиазонийбромид

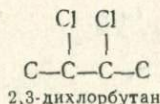
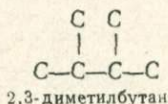


- (7) Диметилдифениламмонийгидроксид
 (8) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Na}$ или $\text{CH}_3\text{CH}_2^- \text{Na}^+$
 (9) Циклопентан-анион-радикал
 (10) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{O}^- \text{K}^+$
 (11) Этил-катион или этилий⁺ (как ионный компонент соединения)
 (12) $\text{Na}^+ - \langle \text{Cyclohexane} \rangle - \text{Na}^+$

2.5. АЛКИЛ- И АРИЛГАЛОГЕНИДЫ

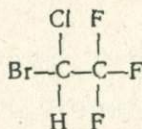
Соединения, образующиеся из алифатических или ароматических углеводородов при замещении одного атома водорода на фтор, хлор, бром или иод, называют алкил- или арилгалогенидами. Они полезны для синтеза более сложных органических соединений. При замещении нескольких атомов водорода образуются полигалогениды.

Алкилгалогениды и полигалогениды называют подобно разветвленным углеводородам. При этом используют префиксы фтор-, хлор-, бром-, иод-. Необходимо указывать число заместителей и их положение. Для иллюстрации сказанного сравните две скелетных схемы:



Обратите внимание на то, что 2,3-дихлорбутан имеет два хиральных центра. Поскольку заместители одинаковы, существуют три изомера: пара энантиомеров *трео*-формы и *эритро*-диастереомер. Это, однако, не имеет никакого практического значения для целей номенклатуры.

Средство для ингаляционной анестезии, называемое галотан, является замещенным алканом. Каково систематическое название галотана, имеющего формулу:



- (А) 2-бромтрифтор-2-хлорэтан
 (Б) 1-бром-2,2,2-трифтор-1-хлорэтан
 (В) 2-бром-1,1,1-трифтор-2-хлорэтан

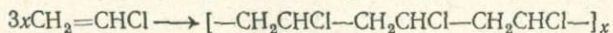
(А). Неправильно. Необходимо указать положение трех атомов фтора; он^о может быть различным. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Не вполне точно. Ваш ответ позволяет правильно воссоздать структуру галотана, однако использованные в названии локанты не являются наименьшими. Вернитесь и найдите другой ответ.

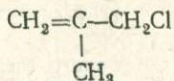
(В). Правильно. Локанты выбраны так, чтобы они были минимальны, заместители перечислены в алфавитном порядке.

Известен ряд непредельных алифатических галогенидов, имеющих большое значение. Один из них — вещество с тривиальным названием аллилхлорид и формулой $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{Cl}$. Каково систематическое название этого соединения? Это 3-хлорпропен-1, не так ли? Аллилхлорид является важным промежуточным продуктом в органическом синтезе.

Другим важным непредельным галогенидом является винилхлорид (хлорэтен, этенилхлорид). Множество молекул этого вещества, соединяясь, образуют полимер — поливинилхлорид (ПВХ):



Непредельный хлорид, обычное название которого металлхлорид, имеет формулу:



Каково точное название этого соединения?

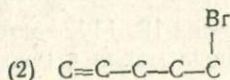
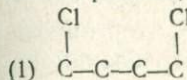
(А) 2-метил-1-хлорпропен-2; (Б) хлорметилпропен; (В) 2-метил-3-хлорпропен-1

(А). Неточно. Хотя ваш ответ почти правилен, однако вы сделали небольшую ошибку. Помните о том, что углеродную цепь следует нумеровать с конца, ближайшего к двойной связи. Данное соединение следует назвать как производное пропена-1. Составьте другое название, а затем вернитесь и проверьте, правилен ли ответ.

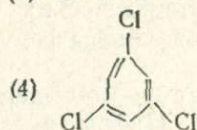
(Б). Вы ошиблись. Соединение является производным пропена. Оно имеет в качестве заместителей метильную группу и хлор. Однако вы не указали их положения; это необходимо сделать для получения однозначного названия. Вернитесь и продолжите ваши попытки.

(В). Вы правы. Систематическое название металлхлорида — 2-метил-3-хлорпропен-1. Его используют как сырье для получения прозрачных полимеров (люцит, плексиглас).

Ниже даны скелетные формулы или названия еще нескольких галогенпроизводных. Если дан скелет — укажите название, и наоборот. Пока не найдете собственное решение, прикройте напечатанные ответы.



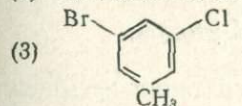
(3) 1-Бром-3-хлорбензол



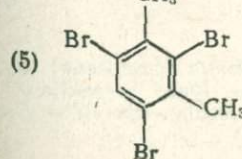
(5) 2,4,6-Трибром-1-метилбензол

(1) 1,4-Дихлорбутан

(2) 5-Бромпентен-1, но не 1-бромпентен-4

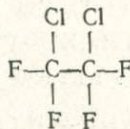


(4) 1,3,5-Трихлорбензол



Фторированные углеводороды широко используют в качестве хладоагентов и пропеллентов* для аэрозолей. Они известны под торговыми названиями фреон, укон, генетрон с общим термином галокарбонии**.

Фреон-12, используемый в аэрозольных баллонах, представляет собой дифтордихлорметан CCl_2F_2 . Фреон-114 — наиболее широко используемый хладоагент для домашних холодильников, имеет структурную формулу:



Каково систематическое название этого соединения?

(А) Тетрафтордихлорэтан; (Б) 1,2-тетрафтор-1,2-дихлорэтан; (В) тетрафтор-1,2-дихлорэтан; (Г) фреон-114

(А). Неправильно. Такое же название может иметь и другое соединение имеющее формулу $\text{CF}_3-\text{CFCl}_2$.

В правильном систематическом названии должны содержаться указания о расположении галогенов, позволяющие прийти к одной определенной структуре. Вернитесь и найдите другой ответ.

(Б) Вы ошиблись. Как формула, так и префикс *тетра* указывают на наличие четырех атомов фтора, вы указали положение двух. Нужно ли это делать? Существует ли более одной возможности расположения атомов фтора? Вернитесь и найдите другой ответ.

(В). Правильно. Переходите к тексту следующего раздела.

(Г). Вы неправы. Фреон-114 — это торговое название. Специалист по холодильникам может по этому названию написать формулу, однако большинству химиков необходимо более подробное название. Вернитесь и найдите соответствующее химическое название.

Шифры, вроде 12, 114, дают фреонам для того, чтобы избежать ошибок, которые могли бы возникнуть при употреблении неспециалистами систематических названий. Шифры первоначально были введены для замены формул. Вас следует проинформировать об их смысле.

Шифр состоит из трех цифр; если первая из них — нуль, то она опускается. Цифры имеют следующее значение:

первая: на единицу меньше числа атомов углерода (нуль опускается);

вторая — на единицу больше числа H-атомов;

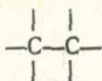
третья — число атомов фтора.

Все остальные атомы, необходимые для создания насыщенной молекулы, — это атомы хлора.

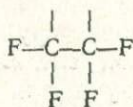
* Пропелленты — легко сжижающиеся газообразные соединения, служащие рабочим веществом в аэрозольных баллонах. — Прим. переводчика.

** В русской литературе чаще всего используют название фреоны. — Прим. переводчика.

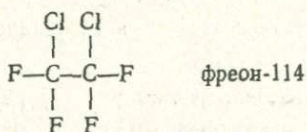
Посмотрим, как с помощью этих правил расшифровать название фреон-114. Первая цифра показывает, что имеются два атома углерода:



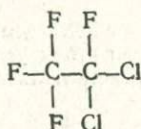
Вторая показывает, что атомов водорода нет, а третья указывает на наличие четырех атомов фтора:



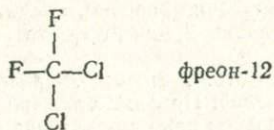
Оставшиеся два атома — хлор:



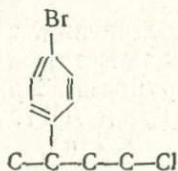
В заключение необходимо знать, что атомы фтора распределяются в фреонах по возможности симметрично, поэтому фреон-114 не может иметь формулу



Рассмотрим также фреон-12. Отсутствующий нуль указывает на то, что в соединении один атом углерода, цифра 1 указывает на отсутствие атомов водорода, цифра 2 — на присутствие двух атомов фтора. Дополняя формулу атомами хлора, получаем:



Роль заместителей в органических молекулах могут играть и фенильные группы, которые в свою очередь замещены. Например:



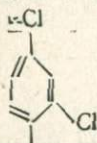
В согласии с тем, что вам уже известно, это соединение следовало бы назвать замещенным бутаном. Оно имеет атом хлора

в положении 1, однако как быть с арильной группой в положении 3? Это замещенная фенильная группа. Посмотрите на нее в отдельности:



Свободная валентность, т. е. место присоединения к бутану, находится у первого С-атома кольца, бром занимает положение 4, т. е. *пара*-положение. Название группы 4-бромфенил или *п*-бромфенил. Соединение в целом, следовательно, 3-(4-бромфенил)-1-хлорбутан. Скобки используют для того, чтобы показать, что 4-бромфенильная группа как целое присоединена к атому бутана С-3.

Каково название следующей замещенной фенильной группы

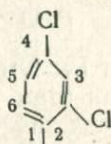


- (А) 1,3-Дихлорфенил-; (Б) 2,4-дихлорфенил-;
(В) 2,4-дихлорфенил-1; (Г) *м*-дихлорфенил-

(А). Неправильно. Вы забыли, что углеродный атом со свободной валентностью должен получить номер 1. Помните об этом при поисках правильного ответа.

(Б). Правильно. Переходите к следующему разделу.

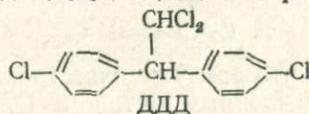
(В). Вы не совсем правы. Если атому углерода со свободной валентностью придать номер 1, то атомы хлора действительно окажутся заместителями при атомах углерода 2 и 4:



Однако то, что атом бензольного кольца со свободной валентностью обозначается номером 1, является общим правилом. Значит, нет необходимости указывать это. Правильное название 2,4-дихлорфенил. Переходите к следующему разделу.

(Г). Неправильно. Ваш ответ, что это *м*-дихлорфенильная группа, может быть источником недоразумений. Префикс *мета* (или букву *м*-) используют для указания на то, что в бензольном ядре имеются два заместителя, разделенные одним С-атомом. В данном случае два атома хлора действительно находятся в *мета*-положении (друг относительно друга), однако каково их положение относительно свободной валентности? Ваше название не дает представления об этом. Вернитесь и найдите нужный ответ.

Иногда вы встретите соединения, в которых имеются два или большее число одинаковых заместителей, которые, в свою очередь, являются замещенными группами. Примерами таких соединений являются инсектициды ДДД и ДДТ. Формула первого из них:



При составлении названия ДДД необходимо выполнить следующее: 1) найти самую длинную цепь С-атомов: она состоит из двух атомов углерода и называется, следовательно, этаном; 2) назвать заместители и указать их расположение: заместителями являются 4-хлорфенильные группы, стоят они у одного атома углерода.

Вы знакомы с использованием префиксов ди-, три- и т. д. для указания одинаковых простых групп и с префиксами би-, тер-, для систем циклов. Еще одна серия префиксов употребляется при обозначении одинаковых сложных замещающих групп. Для двух групп применяют префикс бис-.

Следовательно, часть названия составит бис(4-хлорфенил)-. Кроме того, есть еще два атома хлора у другого атома этановой цепи. Поскольку хлор предшествует хлорфенилу в алфавите, номер 1 присваивается С-атому, несущему атомы хлора. Полное название ДДД: 1,1-дихлор-2,2-бис(4-хлорфенил)этан. Внимательно сопоставьте название с формулой, чтобы убедиться, что вы понимаете его.

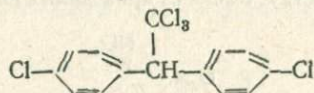
В табл. 2.1 собраны умножающие префиксы для простых групп, сложных групп и систем циклов.

Таблица 2.1. Умножающие префиксы *

Умножающий фактор	Префиксы		
	для простых групп	для сложных групп	для систем циклов
2	ди-	бис-	би-
3	три-	трис-	тер-
4	тетра-	тетраakis-	кватер-
5	пента-	пентаakis-	квинки-
6	гекса-	гексаakis-	секси-
7	гепта-	гептаakis-	септи-
8	окта-	октаakis-	окти-
9	нона-	нонаakis-	нови
10	дека-	декаakis-	деци-

* В отечественной практике часто можно увидеть неправильное и нелогичное употребление умножающих префиксов, например дифенил вместо бифенил и т. д. Подобные отклонения от правил связаны в основном с историческими причинами: давно известные соединения называют традиционно, новые — по правилам IUPAC. — Прим. переводчика.

Формула ДДТ



Каково систематическое название этого соединения?

- (А) Дихлорфенилтрихлорметан
 (Б) 2,2,4-хлорфенил-1,1,1-трихлорэтан
 (В) 1,1,1-трихлор-2,2-бис(4-хлорфенил)этан

(А). Вы неправы. Надо помнить, что замещающие группы надо не только назвать, но и указать их положение в углеродной цепи, служащей основой названия. Вы правильно определили, что ДДТ является замещенным этаном, однако

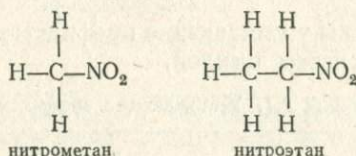
неправильно назвали заместители и не указали локанты. Вернитесь и снова внимательно прочтите с. 128 и 129.

(Б). Ответ близок к истине, но все же не вполне правилен. Вы правильно считаете, что ДДТ является замещенным этаном. Однако вы не усвоили суть предыдущего обсуждения. Еще раз внимательно посмотрите на формулу ДДТ. Видите ли вы, что у углеродного атома, имеющего номер 2, стоят две 4-хлорфенильные группы? Этот факт надо как-то отразить в названии. Вернитесь и снова прочтите с. 128 и 129. Затем выберите другой ответ.

(В). Правильно. Систематическое название ДДТ — 1,1,1-трихлор-2,2-бис(4-хлорфенил)этан. Хотя название ДДТ определено короче, вы должны согласиться с тем, что второе название гораздо точнее.

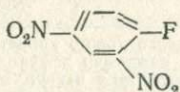
2.6. НИТРОСОЕДИНЕНИЯ

Небольшую, но синтетически очень полезную группу замещенных углеводородов образуют *нитросоединения*. Их обычно получают действием азотной кислоты на углеводороды. В результате нитрогруппа NO_2 замещает один или несколько H-атомов углеводорода. Нитроалканы — нитрометан и нитроэтан — используются как добавки к горючему при автомобильных гонках.

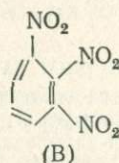
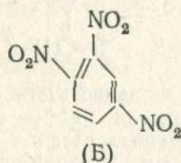
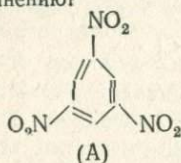


Если бензол обработать смесью азотной и серной кислот, то одним из продуктов реакции будет нитробензол. Когда-то его использовали в качестве душистого вещества, так как запах его напоминает миндальное масло. Однако из-за высокой токсичности нитробензол теперь не применяется ни для этой цели, ни в каких-либо других случаях, когда он может соприкоснуться с кожей.

2,4-Динитрофторбензол (ДНФБ) используется для того, чтобы «пометить» концевые аминокислоты при изучении последовательности аминокислот в полипептидной цепи (в полипептидах и белках, см. с. 265).

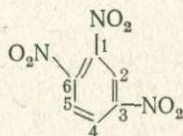
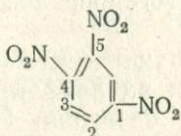
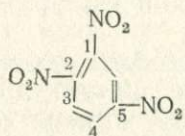
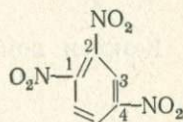
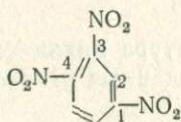
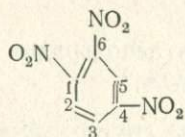


Дальнейшее нитрование бензола приводит к 1,3,5-тринитробензолу — эффективному взрывчатому веществу. Какая из приводимых ниже формул принадлежит этому соединению?



(А). Правильно. Наименьший набор локантов 1,3,5. Поскольку все три нитрогруппы одинаковы, нумерация может быть начата с любой из них. Переходите к следующему разделу.

(Б). Неправильно. В выбранной вами формуле две нитрогруппы находятся у соседних атомов углерода, поэтому должно быть очевидным, что соединение не может быть 1,3,5-тринитробензолом. Как должно быть названо соединение с выбранной вами формулой? Ниже приводятся несколько способов нумерации С-атомов в данном соединении:

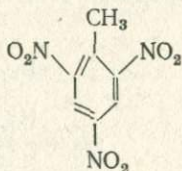


Какая из нумераций правильна? Та, которая дает наименьший набор локантов, т. е. приводит к названию 1,2,4-тринитробензол. Имея это в виду, вернитесь и выберите другой ответ для заданной структуры.

(В). Вы неправы. В выбранной вами формуле три нитрогруппы расположены у соседних С-атомов: простейшее (и правильное) название этого соединения 1,2,3-тринитробензол. Вернитесь и выберите другой ответ.

Оказывается, 1,3,5-тринитробензол получить трудно. Гораздо легче получить ТНТ — другое взрывчатое вещество, чуть менее эффективное. Оно широко используется в военных целях. ТНТ плавится при 81 °С, однако не взрывает ниже 280 °С. Следовательно, его можно плавить и в жидком состоянии разливать в формы.

Формула ТНТ (по-русски его чаще называют тол, или тротил):



Каково систематическое название ТНТ?

(А) 1-метил-2,4,6-тринитробензол; (Б) 2-метил-1,3,5-тринитробензол; (В) 2,4,6-тринитротолуол

(А). Почти правильно. Выбранное вами название 1-метил-2,4,6-тринитробензол правильно описывает структуру; никто не затруднится правильно написать по нему формулу. Однако это не точное систематическое название, так как оно не содержит минимального набора локантов. Еще раз посмотрите на формулу и выберите другой ответ.

(Б). Вы правы. Правильное систематическое название для взрывчатого вещества ТНТ—2-метил-1,3,5-тринитробензол. Вы правильно расположили «метил» перед «нитро», хотя локантом для метильной группы является цифра 2. Переходите к следующему разделу.

(В). Неправильно. Легко догадаться, что буквы ТНТ происходят от названия тринитротолуол, и, действительно, тривиальное название 2,4,6-тринитротолуол принято в правилах IUPAC*. Систематическое название должно быть основано на бензоле. Вернитесь, изучите формулу и выберите другой ответ.

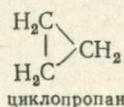
Резюме: номенклатура циклических углеводов и замещенных углеводов

Циклические соединения разделяют на две группы: алициклические и ароматические. Различие между ними как химическое, так и структурное.

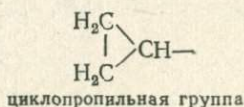
Моноциклические алициклические углеводороды называют по тем же принципам, что и их алифатические аналоги, добавляя префикс *цикло-* в начале названия. Первыми членами соответствующих гомологических рядов являются циклопропан, циклопропен и циклооктин. У высших циклоалкенов возможна *цис*, *транс*-изомерия.

Важна стереохимия циклогексана и его производных. Циклогексан существует в трех главных конформациях: кресло, ванна и искаженная ванна. Наиболее устойчива конформация кресла. Атомы водорода в циклогексане называют аксиальными или экваториальными, в зависимости от того, направлена ли углерод-водородная связь перпендикулярно или приблизительно параллельно к плоскости, проходящей через середину всех С—С-связей кольца.

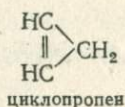
Одновалентные группы, производимые от циклоалканов, циклоалкенов и циклоалкинов, называют по тем же принципам, что и их алифатические аналоги, добавляя префикс *цикло-*. Если требуется нумерация, то углеродный атом со свободной валентностью получает номер 1.



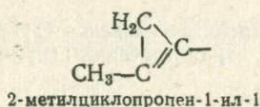
циклопропан



циклопропильная группа



циклопропен

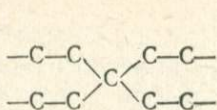


2-метилциклопропен-1-ил-1

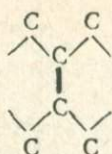
В спирановых, конденсированных и мостиковых соединениях атомы углерода принадлежат более чем одному циклу. Приводи-

* Автор здесь, как и во многих других местах, неправильно считает названия, отклоняющиеся от правил Chem. Abstr., тривиальными. Название 2,4,6-тринитротолуол отвечает правилам IUPAC и обычно употребляется химиками. — Прим. переводчика.

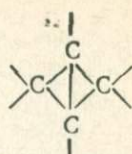
мые ниже скелетные схемы показывают сущность этих трех типов соединений:



спиро

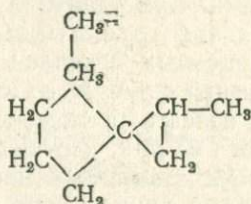


конденсированные



мостиковые

В названиях спиро-соединений три части: 1) префикс *спиро*; 2) квадратные скобки, в которых указано число C-атомов в каждом цикле, не считая спироатома; эти цифры расположены в порядке возрастания и разделены точкой; 3) название углеводорода, отвечающее общему числу C-атомов в спиросоединении. Атомы углерода нумеруют последовательно, начиная с атома малого цикла, ближайшего к спироатому, проходя через спироатом и продолжая в *большем* цикле нумерацию в том же направлении.



1,4-диметилспиро[2,4]гептан (обратите внимание, здесь три хиральных центра)*

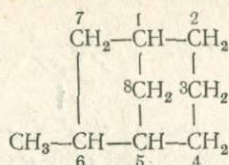
В мостиковых соединениях несколько несоседних атомов углерода являются общими для двух или большего числа циклов. Мостиками считаются цепи атомов или связей **, соединяющих разные части молекулы. Два третичных атома в конце мостиков называют узловыми атомами (головками мостиков). В названии мостикового соединения три части: 1) префикс *бицикло* ***; 2) скобки, в которых помещены цифры, указывающие число C-атомов в каждом из мостиков, цифры располагают в порядке уменьшения, их разделяют точками; 3) название углеводорода, отвечающее общему числу C-атомов в мостиковом соединении. При нумерации номер 1 придают одному из узловых C-атомов, идут по самому длинному мостику к другому узловому атому,

* О нумерации внутри циклов см. примечание переводчика к с. 105. — Прим. переводчика.

** См. примечание переводчика к с. 106 — Прим. переводчика.

*** В более сложных соединениях также *трицикло* и т. д. — Прим. переводчика.

далее также по возможно более длинному мостику возвращаются к первому узловому атому, затем нумеруют оставшуюся часть.



6-метилбикакло[3.2.1]октан (обратите внимание, здесь три хиральных центра)

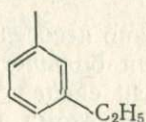
Углеводороды с ненасыщенными циклическими системами, такие как бензол и нафталин, являются *ароматическими* углеводородами. Молекулярная формула бензола C_6H_6 . Его структурную формулу обычно изображают так:



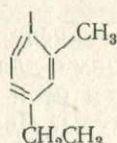
Следует помнить, что каждый из атомов углерода связан с атомом водорода и что все С-атомы имеют одинаковую химическую реакционную способность. При удалении одного Н-атома из бензола образуется фенильная группа C_6H_5- .

Названия монозамещенных бензолов образуют, комбинируя наименование замещающей группы со словом бензол. Дизамещенные бензолы можно назвать, последовательно нумеруя С-атомы кольца, начиная с одного из них, несущего заместитель. Положение каждого заместителя указывают цифрой.

Замещенные фенильные группы называют на основе тех же принципов, что и замещенные бензолы. Углеродный атом со свободной валентностью получает номер 1.



3-этилфенил-



2-метил-4-этилфенил-

Системы (ансамбли), состоящие из двух или большего числа циклов, связанных простой связью, называют, помещая префикс *би-* перед названием соответствующего радикала или углеводорода.



(CA) 1,1'-бициклопропил
(IUPAC) 1,1'-бициклопропан

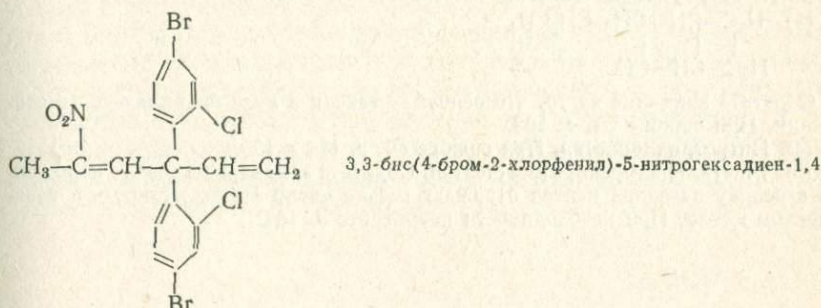
Конденсированные ароматические системы обычно имеют три-виальные названия и специфическую нумерацию. Несколько примеров приведены на с. 117 и 118.

Галогенопроизводные называют аналогично углеводородам, используя префиксы фтор-, хлор-, бром-, иод- для атомов галогенов.

Нитросоединения содержат одну или несколько нитрогрупп $-\text{NO}_2$; положение их указывают так же, как и положение других заместителей.

Для соединений, в которых имеется несколько замещающих групп, в свою очередь имеющих заместители, используют в качестве умножающих префиксов бис-, трис-, тетракис-, пентакис- и т. д. Сложные группы заключают в круглые скобки.

Многие из этих правил и условностей иллюстрирует приводимая ниже гипотетическая структура. Внимательно изучите название, чтобы быть уверенным, что вы поняли его.



ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫЕ

Общая формула: $\text{C}_x\text{H}_y\text{X}_z$,
 где C_xH_y — алкильная,
 арильная группа,
 $\text{X} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$

Общее название:
*хлор-, бром-, фтор-,
 иод-*

НИТРОСОЕДИНЕНИЯ

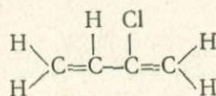
Общая формула: $\text{C}_x\text{H}_y(\text{NO}_2)_z$,
 где C_xH_y — алкильная или ариль-
 ная группа,
 $-\text{NO}_2$ — нитрогруппа

Общее название:
нитро-

Теперь вам предстоит экзамен из пяти вопросов. Вы должны на все вопросы ответить правильно. Если вы делаете ошибки, то вернитесь к указанным в ответах страницам. Как обычно, прикройте напечатанные ответы, пока не ответите сами.

(1). Пластик тефлон является полимером тетрафторэтилена. Какова структурная формула мономера?

(2). Неопреновый каучук является полимером приводимого ниже соединения:

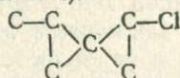


Обычно это вещество называют хлоропреном. Каково его систематическое название?

(3). Какова структурная формула 2-этилбицикло[2.2.0]гексана?

(4). Хлорпикрин (слезоточивый газ) имеет формулу CCl_3NO_2 . Каково его систематическое название?

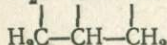
(5). Каково систематическое название соединения с приводимым ниже скелетом (стереоизомерию не учитывайте)?



(1). $\text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2$. Если ошиблись, повторите с. 59 и 129.

(2). 2-Хлорбутadiен-1,3. Если ошиблись, см. с. 61.

(3). $\text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}_3$



Обратите внимание на то, что основа — гексан в виде бициклического соединения. При ошибке см. с. 108.

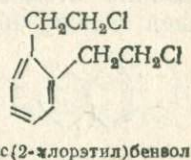
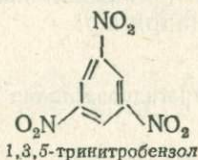
(4). Нитротрихлорметан. При ошибке см. с. 124 и 130.

(5). 1-Метил-4-хлорспиро[2.2]пентан. Обратите внимание на то, что положенный в основу названия пентан отражает только число атомов углерода в незамещенном цикле. При необходимости посмотрите с. 104.

ВНИМАНИЕ! ТИПЫ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ И ПОСТРОЕНИЕ НАЗВАНИЙ

В первых двух главах этой книги вы научились называть углеводородные цепи и циклы, познакомились с принципами заместительной номенклатуры. Замещение на языке химика-органика означает замену одного или большего числа атомов водорода в некотором соединении на какой-то другой вид атомов или группу атомов, называемых обычно заместителями.

Каждый заместитель в заместительной номенклатуре характеризуется определенным префиксом или суффиксом, которые присоединяются к названию соединения, в котором произведено замещение (или к названию более простого заместителя, образуя сложный заместитель). Последние называются родоначальными веществами (соответственно родоначальными группами). В обеих приводимых ниже примерах родоначальным соединением является бензол. Кроме того, во втором соединении этильная группа играет роль родоначальной группы.



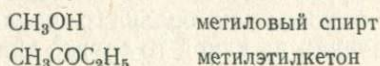
Атомы или группы, которые придают характерные химические свойства молекулам, в состав которых они входят, называют функциональными группами. Например, функциональными группами являются атомы галогенов и нитрогруппа*. Следующая глава посвящена изучению многих других функциональных групп. Мы увидим, что принцип замещения дает возможность назвать любые соединения с функциональными группами.

Часто в цепь алифатических или циклических соединений могут входить атомы, отличные от углерода. Такие атомы называют гетероатомами и для номенклатурных целей считают заменяющими атомы углерода. *Заменительная*, или *«α»-номенклатура*, развита для обеспечения возможности давать названия системам, содержащим гетероатомы. Примеры будут приведены в следующих двух главах.

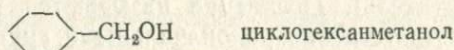
Заместительная и заменительная номенклатуры наиболее широко применяются при составлении названий органических соединений. Для специальных случаев в разное время развиты другие типы номенклатур, но широкого применения они не получили. Это, например, такие типы номенклатур, как *радикало-функциональная*, *соединительная*, *присоединительная*, *субтрактивная*.

* В этом более современном подходе не делают различия между функциями и нефункциональными заместителями, как это было в справочнике Бейльштейна. — *Прим. переводчика.*

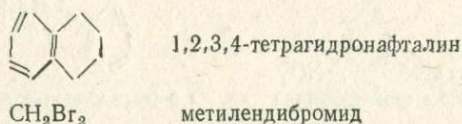
Радикало-функциональные названия часто применяются в учебных пособиях, журналах, в коммерческих публикациях. В радикало-функциональном названии выбирают одну из функциональных групп и используют как заключительное слово сложного названия. Перед ним ставятся слова, описывающие остальную часть молекулы*. Например:



Соединительные названия используют в тех случаях, когда функциональная группа находится в боковой цепи циклической системы, а называть циклическую структуру как заместитель нежелательно; например:



По присоединительной номенклатуре в название соединения входят названия атомов, которые присоединены к структуре, составляющей основу названия, например:



Субтрактивные названия выражают удаление атомов или групп, произведенное определенным образом из вещества, описываемого систематическим или тривиальным названием. Они часто используются для природных соединений, где удаление атомов водорода может быть обозначено с помощью префикса *дегидро-*, а удаление атома кислорода — префиксом *дезоксид-*** . В специализированной номенклатуре углеводов для обозначения потери элементов воды употребляется префикс *ангидро-*.

При построении систематического названия для описания заданной структуры необходимо соблюдать правила разделения слов, использования курсива, опущения гласных. Большинство систематических названий включают по крайней мере один, а обычно несколько знаков препинания и разделения. Правильное использование запятых и круглых скобок также важно, как и выбор правильного префикса для описания определенного заместителя.

* К радикало-функциональным относятся также названия, в которых за основу взят какой-либо простой (не обязательно первый) член ряда, перед ним указаны усложняющие радикалы, например $(\text{CH}_3)_3\text{C—OH}$ триметилкарбинол, $(\text{CH}_3)_2\text{C—CO—C}(\text{CH}_3)_2$ гексаметилацетон, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$ метилэтилуксусная кислота. — Прим. переводчика.

** В английском языке: *deoxy*. — Прим. переводчика.

За исключением соединений, называемых по типу кислот, названия по заместительной номенклатуре почти всегда представляют собой одно слово. Примерами являются соответственно уксусная кислота и 1-бром-2-хлорэтан. Можно встретить, в том числе и в этой книге, несколько других названий, состоящих из нескольких слов, но они являются исключениями из общего правила.

Гласные, независимо от того, произносятся они или нет, обычно сохраняются для того, чтобы избежать возможной неопределенности. Вы уже встречались с необычными сочетаниями гласных в названиях циклооктен, *chloroacetic acid* *. Но существует ряд случаев, когда гласные «а», «е» и «о» могут быть в названии опущены. Вот два наиболее обычных случая:

1) когда гласная находится перед другой гласной, с которой начинается название функциональной группы **:

methanol, но не methaneol**

ethanamine, но не ethaneamine

2) когда одновременно присутствуют двойные или тройные связи в цепи или цикле и они обозначаются суффиксами ***:

1-hexen-4-yne, но не 1-hexene-4-yne

Как видно из последнего примера, включение в середину слова локанта не влияет на опущение гласной.

Курсив используют для таких конфигурационных префиксов, как *цис-*, *транс-*, *E-*, *Z-*, *R-*, *S-*, а также для структурных приставок, таких как *втор-*, *трет-*. Однако такие структурные приставки, как *цикло-*, *изо-*, *спиро-*, *нео-*, рассматриваются как часть слова-названия, поэтому они никогда не отделяются и не выделяются курсивом.

Когда в качестве локантов используют латинские буквы, то их выделяют курсивом.

Вы уже встречались с буквами *o-*, *m-*, *n-*, используемыми для указания расположения заместителей в бензольном кольце, — их тоже пишут курсивом. Заглавные буквы используют в случае замещения у гетероатома, например: *N*-гидроксибензоламин и

* Ряд приводимых ниже примеров опущения гласных имеет смысл только для английского языка: в этих случаях приводятся названия без перевода. — *Прим. переводчика.*

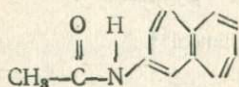
** Русские названия углеводородов не имеют конечного «е», как в английском, поэтому в русской номенклатуре эта проблема не возникает: метан—метанол. — *Прим. переводчика.*

*** Приводя эти названия по-английски, мы сохраняем и расположение локантов, характерное для англо-американского варианта номенклатуры. — *Прим. переводчика.*

4-О-этил-D-идоза. Курсивная заглавная буква *N*, следующая за локантом, используется в необходимых случаях для указания положения насыщенного атома, необходимого для создания устойчивой циклической структуры. При этом *N* является частью локанта и не отделяется от цифры. Примером является 1*N*-пиррол*.

В систематических названиях часто используют дефисы, запятые, точки; двоеточие используют редко; совсем не применяют точку с запятой, апостроф, вопросительный и восклицательный знаки.

Дефисы отделяют локанты от слов и слогов названия, как, например, в названии 2-хлорпропан. Когда дефис ставится между двумя локантами, целью этого является указать, что эти локанты относятся к разным частям названия, например:



N-2-naphthalenylacetamide**

Символ *N* указывает, что 2-нафтильный радикал находится у азота «родоначального соединения» — ацетамида.

Дефисы в конце группы заместителей инвертированных названий, используемых в указателях, означают, что при записи названия в обычной, неинвертированной форме в обычном тексте не следует оставлять промежутка между заместителем и основой названия. Так, инвертированное название, записанное как «уксусная кислота, трихлор-» в обычном тексте будет выглядеть так: трихлоруксусная кислота.

Запятые используют для отделения друг от друга цифр в серии локантов, как, например, в названии 1,3,5-трихлорбензол. Не ставится запятая между составными частями локанта, состоящего из нескольких символов, например 2*H*-инден.

Точки используются внутри квадратных скобок для отделения друг от друга цифр в названиях спиранных и мостиковых соединений, например бицикло[2.2.0]гексан и спиро[3.4]октан.

Круглые и квадратные скобки используют вместе с локантами в тех случаях, когда локанты относятся к сложным замещающим группам. Сначала используют круглые скобки, затем квадратные, если нужно — снова квадратные. Круглые и квадратные скобки всегда употребляют парами. Они не заменяют дефисов и вообще

* В отечественной практике часто можно встретиться с отклонениями от правил употребления курсивных букв, рекомендуемых правилами ИУРАС. — Прим. переводчика.

** В отечественной номенклатуре N-(нафтил-2)ацетамид. — Прим. переводчика.

никак не влияют на необходимую пунктуацию. Квадратные скобки применяются, конечно, в названиях спирановых и мостиковых соединений, как указывалось в предыдущем абзаце. Использование знаков выделения не отменяет необходимость в дефисе, если таковая существует.

Излишнее использование знаков препинания и ненужное разделение слов — две обычных ошибки в заместительной номенклатуре. Например, бромбензол — единое слово, здесь нет нужды в дефисе. «Амин» никогда не стоит в одиночестве. Его используют как суффикс в названиях типа этанамин, либо как родоначалное вещество в названиях типа этиламин, однако никогда не применяют как отдельную часть состоящего из нескольких слов радикало-функционального названия.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ

Функциональными группами называют атомы или группы, которые, присутствуя в качестве заместителей, изменяют химические свойства углеводов. Большинство гомологических рядов органических соединений содержат характерные функциональные группы. Установление природы функциональной группы в каждом ряду упрощает как составление названий, так и изучение химических особенностей ряда.

Простейшие функциональные соединения содержат лишь одну функциональную группу (моnofункциональные соединения). В полифункциональных соединениях одна и та же функциональная группа присутствует несколько раз. Смешанные функциональные соединения содержат функциональные группы более чем одного вида (гетерофункциональные соединения)*.

В простых и полифункциональных соединениях возможно большее число функциональных групп называют в суффиксе названия, остальные — в префиксе. Некоторые функциональные группы не имеют суффиксных названий, их всегда называют в префиксе. К числу таковых относятся галогены и нитрогруппа, рассматривавшиеся в предыдущей главе. Если соединение относится к гетерофункциональным, то одну из функциональных групп называют в суффиксе, остальные — в префиксе.

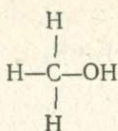
Эта глава посвящена номенклатуре соединений, содержащих ряд обычных функциональных групп. В приложении А.2 приведен полный список префиксов и суффиксов для функциональных групп.

3.1. АЛИФАТИЧЕСКИЕ СПИРТЫ (АЛКАНОЛЫ)

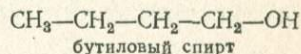
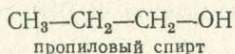
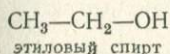
Функциональной группой этих соединений является одновалентная гидроксильная группа, —ОН. Важно запомнить как формулу, так и название функциональной группы. Про-

* В оригинале далее говорится, что соединения с несколькими одинаковыми или разными функциями называют полифункциональными. Это не совсем точно: надо различать полифункциональные и гетерофункциональные соединения. — Прим. переводчика.

стейший представитель ряда — метанол. Его структурная формула:



Алканолом дают названия, прибавляя к названию родона-чального углеводорода окончание (суффикс) *-ол*. В США простые, неразветвленные алканолы от этанола до додеканола обычно называют их тривиальными названиями *, например:

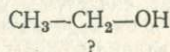
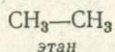


Напротив, название «метанол» предпочитают названию «метиловый спирт», чтобы подчеркнуть в названии отличие от «этилового спирта», поскольку метанол — сильный яд.

Каково систематическое название алканола, содержащего два атома углерода?
(А) Этанол; (Б) метилметанол; (В) гидроксизтан

(А). Вы правы. Алканол, содержащий два атома углерода, — это этанол. Его структурная формула в сокращенной записи приводилась выше вместе с названием этиловый спирт. Для того чтобы назвать любой спирт, надо просто добавить *-ол* к названию соответствующего углеводорода. Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы ошибаетесь. Систематическое название алканола с двумя С-атомами не метилметанол. Хотя такое наименование описывает структуру, правильное название производится от углеводорода с двумя С-атомами, подобно тому как само название алканол производится от названия углеводорода. Вот формулы:



Вернитесь и выберите другой ответ.

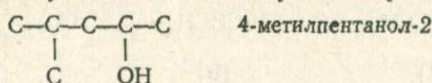
(В). Неправильно. Хотя название гидроксизтан описывает алканол с двумя атомами углерода, однако оно неправильно. Функциональной группой спиртов является гидроксильная группа —ОН, однако ее название не служит составной частью названий спиртов (алканолов). Вернитесь и внимательно прочтите начало этого раздела перед тем, как выбрать другой ответ.

Следуя наиболее распространенной привычке, мы должны были бы называть семейство соединений с гидроксильной группой в качестве функции спиртами (алкоголями), а не алканолами. Однако вы должны помнить, что термин алкоголь не является систематическим названием **.

* Это не тривиальные, а радикало-функциональные названия. Напомним, что автор все названия, не отвечающие правилам Chem. Abstr, склонен называть тривиальными. — Прим. переводчика.

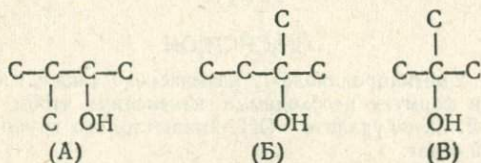
** В переводе, тем не менее, мы будем употреблять в дальнейшем как родовое понятие название *спирты*. — Прим. переводчика.

примере углеводов. При этом всегда используют систематические названия. Для пояснения приведем один пример. Сравните приводимую ниже скелетную схему и название:



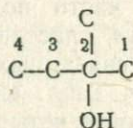
Соблазнительно назвать это соединение 2-метилпентанол-4, однако такое название неправильно, ибо меньший номер (2) должна получить функциональная группа ($-\text{OH}$). Функциональная группа имеет преимущество перед другими заместителями при выборе нумерации.

Какая из приводимых ниже скелетных схем изображает 2-метилбутанол-2?



(А). Неправильно. Чтобы получить такой ответ, вам пришлось бы углеродную цепь нумеровать с одного конца для получения локанта метильной группы и с другого для определения локанта гидроксила. Это неправильно. Всегда нумеруйте цепь с того конца, к которому ближе функциональная группа. Помните об этом, рассмотрите другие скелетные схемы и выберите другой ответ.

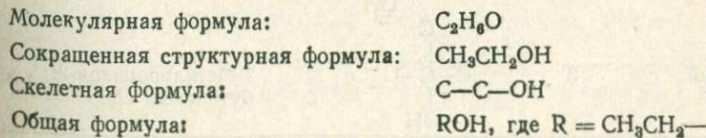
(Б). Вы правы. Выбранная вами скелетная схема



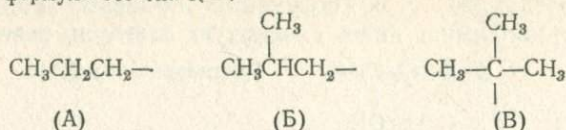
изображает 2-метилбутанол-2. В ней имеется цепь из четырех С-атомов, метильная группа и гидроксил стоят у второго с конца атома углерода. Переходите к следующему разделу.

(В). Неправильно. Хотя выбранный вами скелет содержит четыре атома углерода, его нельзя назвать бутанолом. Самая длинная цепь включает три атома углерода. Схема изображает 2-метилпропанол-2 (на с. 146 вы узнаете, что его тривиальное название — *трет-бутиловый спирт*). Вернитесь и выберите другой ответ.

Поскольку важнейшей структурной особенностью спиртов является наличие гидроксильной группы, ряд алифатических спиртов в общем виде часто изображают формулой ROH . В ней R обозначает алкильную группу, которая может быть в свою очередь замещенной или простой незамещенной. Как пример, рассмотрите приводимые ниже формулы для этанола:

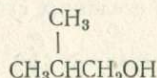


Если 2-метилпропанол-2 изображен формулой ROH , какова сокращенная структурная формула остатка R —?



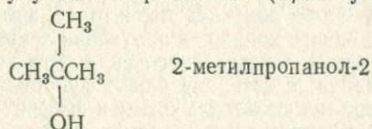
(А). Вы ошибаетесь, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$ не является сокращенной структурной формулой остатка R — в 2-метилпропанол-2. Представьте себе, что вы добавили гидроксильную группу и получили формулу спирта. Не является ли он обычным пропиловым спиртом? Напишите формулу 2-метилпропанола-2 и удалите из нее OH -группу, чтобы найти остаток R —. Выберите другой ответ.

(Б). Неправильно. Если к выбранной вами группе R — прибавить HO -группу, то получится спирт с формулой



Это формула 2-метилпропанола-1, называемого также изобутиловым спиртом. Проведите в формуле необходимые изменения, чтобы превратить ее в 2-метилпропанол-2. Затем удалите —OH , оставив только группу R —. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Правильно. Прибавив гидроксил к выбранной вами группе R —, вы получите полную формулу 2-метилпропанола-2 (*трет*-бутилового спирта):



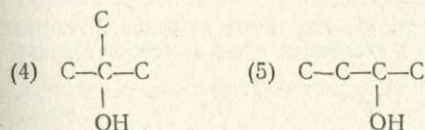
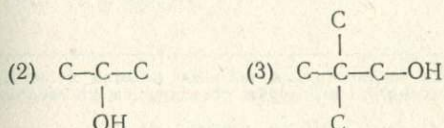
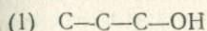
Алифатические спирты часто подразделяют на первичные, вторичные и третичные. Эта классификация основана на числе C -атомов, непосредственно связанных с атомом углерода, несущим гидроксильную группу. Табл. 3.1 иллюстрирует эту классификацию на примере спиртов с четырьмя атомами углерода.

Таблица 3.1. Классификация алифатических спиртов

Класс спирта	Число C -атомов, непосредственно связанных с C — OH	Скелетная схема	Систематическое и тривиальное названия
Первичный	1	$\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH}$	Бутанол-1; бутиловый спирт
	1	$\begin{array}{c} \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{C} \end{array}$	2-метилпропанол-1; изобутиловый спирт
Вторичный	2	$\begin{array}{c} \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Бутанол-2; <i>втор</i> -бутиловый спирт
		$\begin{array}{c} \text{C} \\ \\ \text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	2-Метилпропанол-2; <i>трет</i> -бутиловый спирт

Как видно из таблицы, тривиальные названия всех спиртов с четырьмя атомами углерода производятся от бутилового спирта: *втор-бутил-* и *трет-бутил-* — названия, соответственно, вторичного и третичного спиртов с четырьмя атомами углерода. Систематическое название для *трет-бутилового* спирта — 2-метилпропанол-2. Единственным спиртом, не подходящим под данное выше определение, является простейший первичный спирт, метанол CH_3OH , в котором С-атом, несущий гидроксильную группу, вообще не связан с другими атомами углерода.

Ниже приведен ряд скелетных схем спиртов. Укажите, какие из них изображают первичные, вторичные, третичные спирты. Дайте им систематические и пригодные общеупотребительные названия. Правильные ответы напечатаны после всех скелетных схем.



- (1). Первичный, пропанол-1, пропиловый спирт
 (2). Вторичный, пропанол-2, изопропиловый спирт
 (3). Первичный, 2,2-диметилпропанол-1 *
 (4). Третичный, 2-метилпропанол-2, *трет-бутиловый* спирт **
 (5). Вторичный, бутанол-2, *втор-бутиловый* спирт **

Существуют алифатические гидроксильные соединения и с двумя или тремя гидроксильными группами. Их называют, добавляя суффиксы *-диол*, *-триол* к названию родоначального углеводорода. Тривиальные названия диолов — гликоли. Положение гидроксильных групп указывают обычным путем с помощью цифр. Изучите примеры, приводимые в табл. 3.2.

Гидроксильные группы в диолах и триолах подразделяют на первичные, вторичные и третичные точно так же, как в моногидроксильных соединениях. Как можно убедиться, посмотрев на скелетную схему пропантриола-1,2,3, он имеет две первичных и одну вторичную гидроксильные группы.

* Это соединение часто называют также неопентиловым спиртом. — Прим. переводчика.

** Распространены также названия *трет-бутанол*, *втор-бутанол*, хотя по существу они неправильны, ибо представляют собой смешение двух номенклатур. — Прим. переводчика.

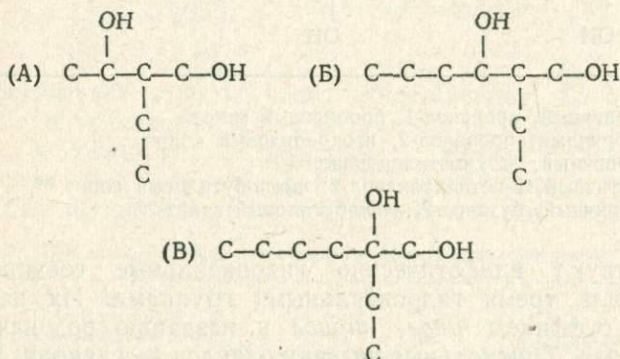
Таблица 3.2. Алифатические полигидроксильные соединения *

Сокращенная структурная формула	Углеродный скелет	Систематические и тривиальные названия
$\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$ или $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{OH}$	Этандиол-1,2; этиленгликоль
$\text{CH}_3\text{CHONCH}_2\text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Пропандиол-1,2; пропиленгликоль
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ \\ \text{CHON} \\ \\ \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{C}-\text{OH} \end{array}$	Пропантриол-1,2,3; глицерин **

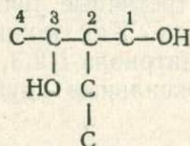
* Существуют полигидроксильные соединения, в которых имеется более трех гидроксильных групп. С ними вы познакомитесь в разделе, посвященном углеводам. — Прим. переводчика.

** В английском языке принято glycerol. — Прим. переводчика.

Реппелент *, условно обозначаемый «6—12», имеет название 2-этилгександиол-1,3. Какая из приводимых ниже скелетных схем изображает реппелент «6—12»?



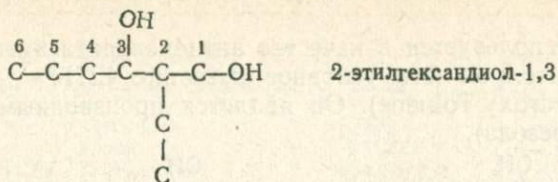
(A). Ошибка. Реппелент «6—12» — это 2-этилгександиол-1,3. Чтобы быть производным гексана, он должен иметь протяженную цепь из шести атомов углерода. В выбранном же скелете — всего шесть C-атомов



он изображает 2-этилбутандиол-1,3. Вернитесь и выберите другой ответ.

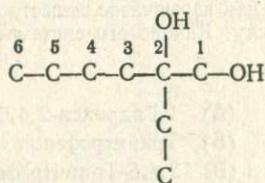
* Реппелентами называют вещества, способные отпугивать насекомых своим запахом. — Прим. переводчика.

(Б). Вы правы. Скелет «6—12» изображается схемой



Одна из гидроксильных групп первичная, другая вторичная. Если вы посмотрите внимательно, то увидите, что в данной структуре имеется протяженная углеродная цепь из семи атомов. Почему же это соединение не названо как производное гептана? Просто потому, что к семизвенной углеродной цепи не примыкают обе функциональных группы. Переходите к следующему вопросу.

(В). Вы неправы. Выбранный вами скелет содержит все атомы, присутствующие в 2-этилгександиоле-1,3, однако они не расположены нужным образом. Вот выбранный вами скелет:

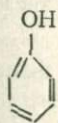


Видите ли вы, что он изображает 2-этилгександиол-1,2? Вернитесь и выберите другой ответ.

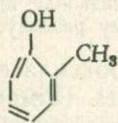
3.2. АРОМАТИЧЕСКИЕ ГИДРОКСИЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Гидроксильные группы, непосредственно связанные с бензолом или другими ароматическими циклическими системами, реагируют совершенно иначе, чем гидроксильные группы в алифатических спиртах*. Здесь мы рассмотрим названия таких соединений.

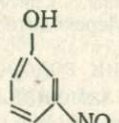
Простейшее ароматическое гидроксильное соединение могло бы иметь систематическое название «benzenol» («бензолол»), однако его издавна называют тривиальным названием *фенол*, которое используется и в Chem. Abstr. Водные растворы фенола используются для дезинфекции; их называют карболовой кислотой. Производные называют как замещенные фенолы. Вот несколько примеров:



фенол



2-метилфенол
(существуют также
3- и 4-изомеры)



3-нитрофенол
(существуют также
2- и 4-изомеры)

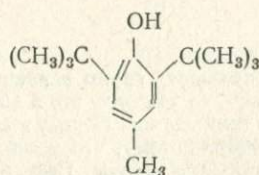
* Фенолы несколько отличаются по своим химическим свойствам от спиртов, однако, конечно же, не реагируют «совершенно иначе». — Прим. переводчика.

Тривиальное название для трех изомерных метилфенолов — крезолы.

Широко используется в качестве антиоксиданта бутилированный гидрокситолуол (его условное название «ВНТ» — от англ. *Butylated Hydroxy Toluene*). Он является производным 4-метилфенола (*p*-крезол).

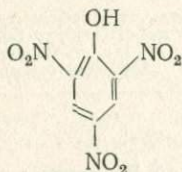


4-метилфенол
(*p*-крезол)



4-метил-2,6-бис(1,1-диметилэтил)фенол
или 2,6-ди-*tert*-бутил-4-метилфенол

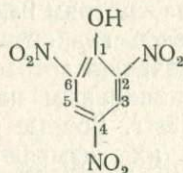
Пикриновая кислота — горькое вещество, которое в свое время использовалось как желтая краска и как взрывчатое вещество в военном деле, имеет следующую структурную формулу. Каково его систематическое название?



- (А) 1-Гидрокси-2,4,6-тринитробензол
(Б) Тринитрофенол
(В) 2,4,6-Тринитрофенол

(А). Ответ был бы правильным, если бы фенол не был бы допущенным тривиальным названием родоначального вещества. Однако фенол — правильное название, его производные называют как замещенные фенолы. Для вас не должно составить труда вернуться и выбрать правильный ответ.

(Б). Вы ошибаетесь. Пикриновая кислота действительно тринитрофенол. Существует, однако, несколько различных тринитрофенолов. Их различают, используя цифры (локанты). Ниже приведена формула пикриновой кислоты с принятой нумерацией:





Если вы решили, что вам следует выбрать другой ответ, вернитесь и посмотрите, есть ли он среди приведенных выше выборочных ответов.

(В). Вы правы. Систематическое название пикриновой кислоты — 2,4,6-тринитрофенол. Переходите к следующему разделу.

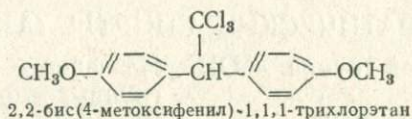
При отнятии водорода от гидроксила спирты и фенолы могут образовывать замещающие группы. Помните, что это не соединения, а именно группы со свободной валентностью. Для первых четырех алифатических спиртов названия таких групп образуют заменой окончания *-анол* на *-окси*. Для других спиртов *-окси* прибавляют к названию алкильной группы. Фенол соответственно превращается в феноксигруппу. Примеры в табл. 3.3 поясняют сказанное.

Таблица 3.3. Замещающие группы из гидроксильных соединений *

Гидроксильное соединение		Группа	
CH_3OH	метанол	$\text{CH}_3\text{O}-$	метокси
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	этанол	$\text{C}_2\text{H}_5\text{O}-$	этоксид
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	пропанол-1	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-$	пропокси
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$	бутанол-1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{O}-$	бутоксид
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{OH}$	пентанол-1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{O}-$	пентилокси
	фенол		феноксид

* Группы RO — имеют общее название алкокси. — Прим. переводчика.

В качестве очень сложного примера применения изученных вами принципов сравните структуру и систематическое название такого соединения:



Это вещество известно под названием *метоксифлор*. Это инсектицид, столь же эффективный, как ДДТ, но менее токсичный. ДДТ — это 1,1,1-трихлор-2,2-бис(4-хлорфенил)этан. Если хотите попрактиковаться, напишите формулу ДДТ и сверьте ее с формулой на с. 129.

Резюме: номенклатура спиртов и фенолов

Функциональная группа — это определенная структура, придающая соединению определенные химические свойства. Примером функциональной группы может служить гидроксил —ОН, характерный для спиртов (алканолов) и фенолов. Общая формула алифатических спиртов (алканолов) ROH, где R — алкильная группа. Алканола называют, добавляя к названию алкана окончание (суффикс) *-ол*. Сказанное иллюстрируется ниже:

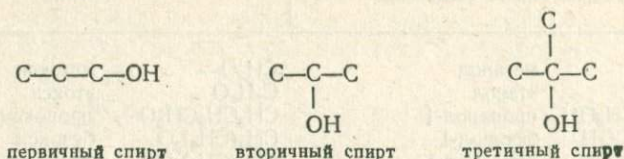
Молекулярная формула: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
 Систематическое название: Этанол
 Общая формула: ROH

Сокращенная структурная формула: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
 Алкоксигруппа: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}-$


В случае необходимости положение гидроксильной группы указывают с помощью локантов. Углеродную цепь нумеруют с того конца, ближе к которому находится гидроксильная группа. Другие заместители называют и указывают их положение так же, как в углеводородах.

Первичные, вторичные и третичные спирты имеют соответственно, один, два и три С-атома, непосредственно связанных

с атомом углерода, несущим гидроксильную группу. Ниже приведены соответствующие скелетные формулы:



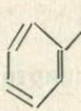
Алифатические соединения с двумя или большим числом гидроксильных групп обозначают, прибавляя к названию алкана суффикс (окончание) *-диол*, *-триол* и т. д. и указывая их положение с помощью цифр. Общее название ряда диолов — гликоли.

Гидроксibenзол —ОН называют фенолом.

АЛИФАТИЧЕСКИЕ СПИРТЫ (АЛКАНОЛЫ)

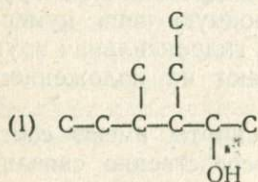
Функциональная группа: —ОН	Название функциональной группы: <i>гидрокси-</i>
Общая формула: ROH	Общее название: <i>-ол</i>

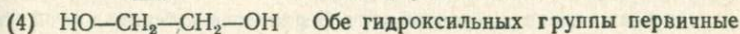
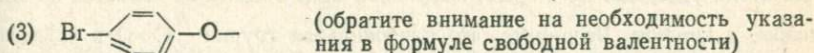
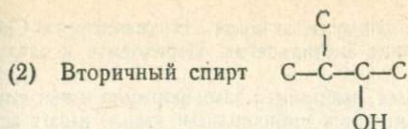
ФЕНОЛЫ

Функциональная группа: —ОН	Название функциональной группы: <i>гидрокси-</i>
Общая формула: $\text{X}-$ 	Общее название: <i>-фенол</i>

Для проверки усвоения вами номенклатуры спиртов и фенолов ниже приводятся четыре вопроса. Правильные ответы, помещенные вслед за всеми вопросами, прикройте, пока не найдете ответа сами.

- (1). Напишите скелетную схему 4-метил-3-этилгексанола-2.
- (2). Укажите, является ли 3-метилбутанол-2 первичным, вторичным или третичным спиртом.
- (3). Напишите структурную формулу 4-бромфенокси группы.
- (4). Систематическое название этиленгликоля этандиол-1,2. Напишите его структурную формулу и укажите, является ли каждая гидроксильная группа первичной, вторичной или третичной.





Если на все четыре вопроса вы ответили правильно, переходите к следующему разделу. Если делаете ошибки — повторите еще раз материал, начиная со с. 142.

3.3. АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

Функциональной группой, общей для альдегидов и кетонов,

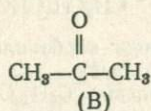
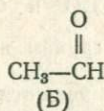
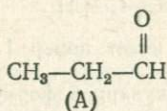
является *карбонильная группа* $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{C} \end{array}$. В альдегидах она находится на конце углеродной цепи, в кетонах — внутри ее.

Поскольку в альдегидах карбонильная группа всегда находится на конце углеродной цепи, общая структурная формула этих

соединений $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$. При записи сокращенных структурных формул альдегиды изображают $\text{R}-\text{CHO}$ (или RCHO). Простейший из альдегидов имеет структурную формулу HCHO (следует запомнить, что в этом единственном случае R в общей формуле оказывается водородом, а не алкильной группой).

По правилам IUPAC названия альдегидов образуют, прибавляя окончание *аль* к названию соответствующего углеводорода с самой длинной углеродной цепью, включающей карбонильную группу. Таким образом, HCHO — это метаналь. Вероятно, вам известно тривиальное название этого соединения, используемое также и в Chem. Abstr.: формальдегид. Его водные растворы используют в качестве фунгицида (формалин).

Другой альдегид, ацетальдегид, является важным химикатом для органического синтеза. Его систематическое название этаналь. Какова его структурная формула?



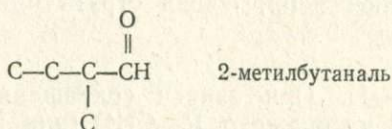
(A). Неправильно. Вас спрашивали, какова структурная формула этанала. Вы должны знать, что это производное этана и, следовательно, должно иметь два атома углерода. Выбранная вами формула изображает пропаналь. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы правы. Это структурная формула этаналь. В указателях Chem. Abstr. используется тривиальное название ацетальдегид. Переходите к следующему разделу.

(В). Вы ошиблись дважды. Во-первых, выбранная вами формула имеет слишком много атомов углерода. Этаналь, являясь производным этана, имеет всего два атома углерода. Во-вторых, выбранное вами соединение является не альдегидом, а кетоном. Вспомните, что карбонильная группа $\begin{matrix} & \text{O} \\ & || \\ \diagup & \text{C} & \diagdown \end{matrix}$ в альдегидах должна находиться на конце углеродной цепи. Вернитесь и выберите другой ответ.

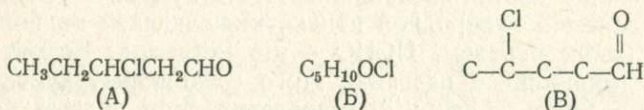
Тривиальные названия альдегидов производят от названий кислот с тем же числом атомов углерода. Так, кислота с одним атомом углерода — муравьиная. Соответственно тривиальное название метаналь — муравьиный альдегид (или формальдегид, от латинского названия кислоты: *acidum formicum*). Тривиальное название этаналь — уксусный альдегид (ацетальдегид), поскольку кислота с двумя атомами углерода называется уксусной. В указателях Chem. Abstr. используются названия формальдегид и ацетальдегид.

Поскольку карбонильная группа альдегидов всегда находится на конце цепи, нет необходимости указывать ее положение. Например:

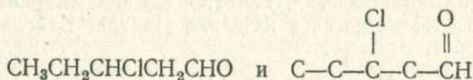


Сокращенная линейная структурная формула 2-метилбутаналь $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CHO}$. Углеродный атом карбонильной группы всегда получает номер 1.

Какая из приводимых ниже формул изображает 3-хлорпентаналь?

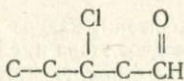


(А). Вы правы. Сокращенная и скелетная формулы 3-хлорпентаналь:



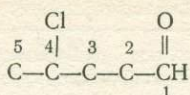
Атом углерода карбонильной группы всегда имеет номер 1. Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы неправы. $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{OCl}$ не является молекулярной формулой 3-хлорпентаналь. Для того чтобы увидеть свою ошибку, дополните водородными атомами приводимую ниже скелетную схему:



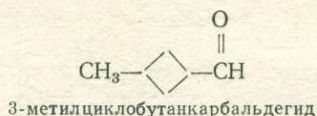
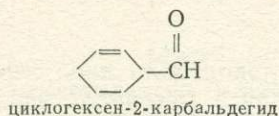
После этого ищите другой ответ.

(В). Вы ошибаетесь. Выбранная вами формула — это не формула 3-хлорпентанала:

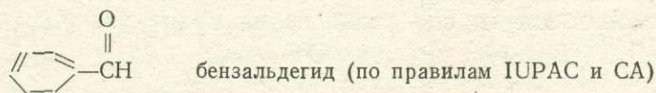


Как вы видите, карбонил имеет номер 1, а хлор стоит у 4-го атома углерода. Это скелетная схема 4-хлорпентанала. Вернитесь и выберите другой ответ.

В тех случаях, когда группа —СНО непосредственно связана с углеродным атомом циклической структуры, к названию последней прибавляют окончание *карбальдегид*. Если в кольце есть и другие заместители, номер 1 присваивается тому углеродному атому кольца, который связан с группой —СНО. Например:

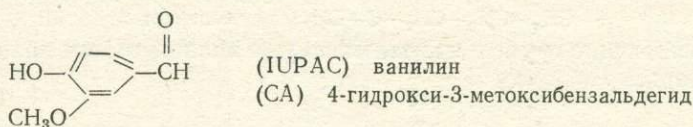


Окончание *карбальдегид* рекомендуется правилами IUPAC, в то время как в Chem. Abstr. вместо него используют *карбоксальдегид*. Исключением из правил является простейший ароматический альдегид:



Таким образом, бензальдегид — третий из альдегидов, который индексируется в указателях Chem. Abstr. под своим тривиальным названием. Другие два, как вы должны помнить, — это формальдегид и ацетальдегид.

Важным производным бензальдегида является ванилин — главный душистый компонент ванильных бобов. Название ванилин принято в правилах IUPAC. Его формула и систематическое название приводятся ниже:



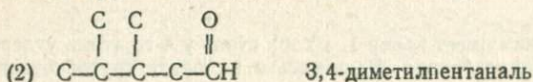
Вы, вероятно, заметили, что ванилин имеет две функциональные группы: —ОН и —СНО. Составители правил создали для таких случаев порядок старшинства групп, данный в приложении 3 (см. с. 280). Альдегидная функция старше спиртовой.

Ниже приведены четыре вопроса, касающиеся альдегидов. Ответив на них, переходите к кетонам.

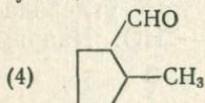
(1). Название пропаналь-1 неудачно. Почему?

- (2). Напишите скелетную схему 3,4-диметилпентаналь.
 (3). Напишите общую структурную формулу альдегидов.
 (4) Напишите формулу 2-метилциклопентанкарбальдегида.

(1). В названиях альдегидов нет необходимости указывать положение карбонильной группы: углеродный атом этой группы всегда имеет номер 1.



(3). Общая структурная формула $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$. Сокращенная структурная формула $\text{R}-\text{CHO}$ или RCHO (но не RCOH).



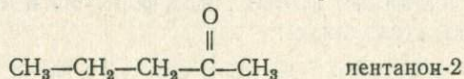
В зависимости от результатов самоконтроля либо переходите к следующему разделу, либо повторите материал, начиная со с. 153.

Кетоны имеют ту же функциональную группу, что и альдегиды:

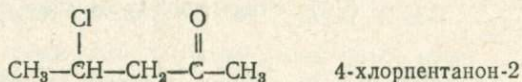
$\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}$ это карбонильная группа $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$. Различие заключается в том, что в кетонах эта группа стоит не на конце углеродной цепи.

Общая формула кетонов $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}'$, сокращенно $\text{R}-\text{CO}-\text{R}'$, или RCOR' . Если R и R' одинаковы, то кетон называют симметричным, если R и R' — разные группы, — смешанным.

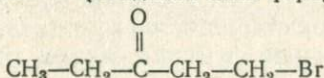
Названия кетонов по правилам IUPAC получают, нумеруя углеродную цепь с конца, ближайшего к карбонильной группе, добавляя к названию углеводорода окончание (суффикс) *-он* и цифру, указывающую положение карбонила. Например:



Замещающие группы называют по уже знакомым нам правилам, например:



Каково название кетона с приводимой ниже формулой?



(А). 5-бромпентанон-3; (Б) 1-бромбутанон-3; (В) 1-бромпентанон-3

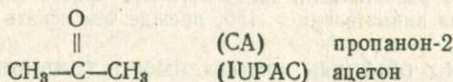
(А). Неправильно. Хотя выбранное вами название передает структуру соединения, однако существует другое название, в котором использованы мень-

шие локанты. Помните, что при наличии выбора всегда следует начинать нумерацию с того конца цепи, к которому ближе любой заместитель. Попробуйте еще раз.

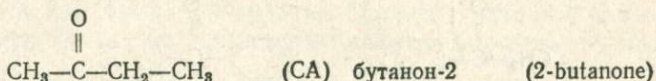
(Б). Сосчитайте число С-атомов в заданной формуле. Их пять, правда? Карбонил — функциональная группа, но она находится в углеродной цепи и входит в счет С-атомов при определении основы названия. Формула изображает пентанон. Составив полное название, вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Правильно. Переходите к следующему разделу.

Несложные кетоны часто называют, перечисляя связанные с карбонилем группы и добавляя слово кетон. Если кетон симметричный, употребляют префикс *ди-*. Вы, вероятно, знакомы с запахом диметилкетона и с его применениями. Его тривиальное название, принятое и в правилах IUPAC, — ацетон, а систематическое название — пропанон-2:



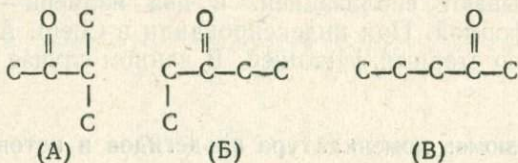
Метилэтилкетон — широко используемый органический растворитель с торговым английским названием МЕК. Его формула и систематическое название:



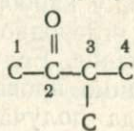
Другой широко используемый растворитель — изопропилметилкетон (МІРК). Свое сокращенное название МІРК получил в то время, когда было принято перечислять заместители в порядке усложнения, а не по алфавиту.

Chem. Abstr. отбросил в своих указателях все тривиальные названия кетонов, как и само слово кетон. Используются исключительно систематические названия. В некоторых случаях используют лишние локанты, для того чтобы родоначальное соединение (например, пропанон-2, бутанон-2) находилось в указателе вблизи своих производных.

Систематическое название МІРК — 3-метилбутанон-2. Какая из приводимых ниже скелетных формул соответствует этому соединению?

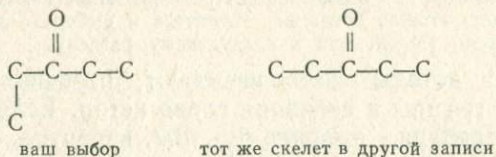


(А). Вы правы. Скелетная схема и нумерация для 3-метилбутанона-2:



Углеродная цепь нумеруется с того конца, который ближе к карбонильной группе. Переходите к следующему разделу.

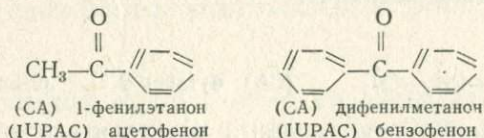
(Б). Вы неправы. Возможно, вас ввел в заблуждение характер записи углеродного скелета. Помните, что никакие изгибы в написании углеродной цепи не имеют значения. Выбранный вами скелет можно было бы изобразить и прямым:



Оба изображают пентанон-3, не так ли? Вернитесь и выберите другой ответ.

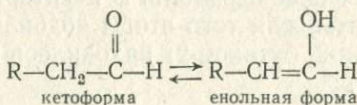
(В). Неправильно. В выбранном вами скелете все С-атомы образуют одну протяженную цепь, разветвлений здесь нет. Это просто обычный пентанон-2. Прочитайте еще раз внимательно с. 156, прежде чем искать другой ответ.

Два довольно обычных кетона имеют тривиальные названия ацетофенон и бензофенон. Они используются как промежуточные продукты органического синтеза, а также имеют некоторое применение в парфюмерии. Их формулы и названия:



Обратите внимание на то, что первый является смешанным алкиларилкетонem, второй — чисто ароматический кетон.

Некоторые карбонильные соединения способны к самопроизвольной изомеризации, которую называют *таутомерией*. При этом образуется гидроксильное соединение, как показано ниже:



Изомеры в подобных случаях называют *таутомерами*. Сам процесс называют енолизацией, а два изомера — кетоформой и енольной формой. При индексировании в Chem. Abstr. используют форму со старшей функцией. В данном случае это кетонная функция.

Резюме: номенклатура альдегидов и кетонов

Альдегиды называют, добавляя окончание *-аль* к родоначальному углеводороду. Поскольку карбонильная группа альдегидов всегда находится на конце углеродной цепи, нет необходимости указывать цифрой ее положение. Если для указания положения замещающих групп необходимо провести нумерацию, то С-атом карбонильной группы всегда получает номер 1. Если группа

— СНО присоединена к циклической системе, то ее обозначают суффиксом *карбальдегид* (СА: карбоксальдегид).

АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

Функциональная группа: $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—} \end{array}$	Название функциональной группы: <i>карбонил</i>
Общие формулы: RCHO (альдегиды) RCOR' (кетоны)	Общие названия: -аль -он

Кетоны называют, прибавляя окончание *-он* к названию родоначального углеводорода. Положение функциональной группы

$\diagup \text{C}=\text{O}$ указывают цифрой. Углеродную цепь нумеруют с конца,

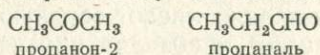
ближнего к карбонильной группе. Простым кетонам часто дают тривиальные названия, просто называя замещающие группы, свя-

занные с карбонильной функцией $\diagup \text{C}=\text{O}^*$.

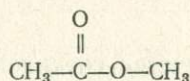
Ниже приводятся три вопроса по альдегидам и кетонам.

(1). Правильно ли соединение $\text{CH}_2\text{ClCHClCOCH}_3$ назвать 3,4-дихлорбутаном-2?

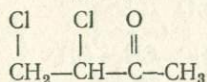
(2). Являются ли изомерами следующие вещества:



(3). Изображает ли приводимая ниже формула альдегид, кетон или что-то другое?



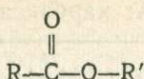
(1). Да. Более развернутая структурная формула



(2). Да. Оба вещества имеют молекулярную формулу $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$.

* Автор книги здесь, как и в других местах, слишком расширенно использует понятия тривиальные названия, относя к ним все, не отвечающие правилам Chem. Abstr. По существу же названия типа метилэтилкетон — это не тривиальные (случайные) названия, а радикало-функциональные (допускаемые правилами IUPAC). — *Прим. переводчика.*

(3). Что-то другое. Соединения такого типа называют сложными эфирами. Их общая формула



Подробнее вы узнаете о них позднее в этой же главе.

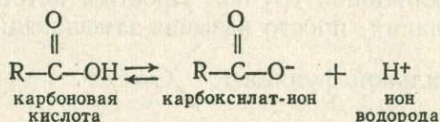
Если чувствуете себя уверенно, переходите к следующему разделу. Если нет — вернитесь к с. 153 для повторения.

3.4. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

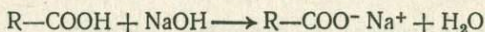
Карбоновые кислоты — один из нескольких классов органических кислот. Поскольку многие из них были открыты при гидролизе жиров, их часто называют жирными кислотами *. Их функциональной группой является карбоксильная группа (карбоксил)

$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$, а общая формула $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$, в сокращенной записи RCO_2H , или RCOOH **.

Карбоновые кислоты несколько диссоциируют в воде:



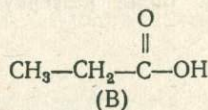
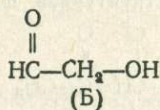
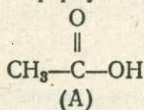
При нейтрализации карбоновых кислот основаниями образуются соли:



Систематические названия кислот образуют из названий родоначальных углеводородов, прибавляя окончание «-овая» и слово «кислота». В основу названия входят все С-атомы самой длинной цепи, включая и атом углерода карбоксильной группы. Про-

стейшим членом ряда является соединение $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$, называемое метановой кислотой.

Какова формула этановой кислоты?



(A). Вы правильно указали формулу этановой кислоты. Ее тривиальное название, используемое и в указателях Chem. Abstr., — уксусная кислота.

* Это название относится только к карбоновым кислотам алифатического ряда. — Прим. переводчика.

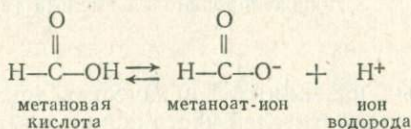
** Запись RCO_2H не дает никакой экономии места по сравнению с RCOOH , последняя же несколько нагляднее. — Прим. переводчика.

Снова отметим, что углеродный атом карбоксильной группы входит в счет атомов цепи. Переходите к следующему разделу.

(Б). Неправильно. Выбранная вами формула имеет нужное число атомов углерода, однако функциональная группа не является группой — COOH, характерной для карбоновых кислот. Нужная вам группа называется карбоксилем и состоит из карбонильной группы с присоединенной к ней гидроксильной группой. В вашем же выборе гидроксильная группа не связана с карбонильной. Такое соединение не является карбоновой кислотой: это гидроксильный альдегид. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Ошибочный ответ. Выбранная вами структура действительно является кислотой, поскольку имеет группу — COOH. Подсчитайте, однако, число атомов углерода: их три, следовательно, это пропановая кислота. Карбоксильная группа в карбоновых кислотах считается частью углеродной цепи, точно так же, как функциональная группа альдегидов и кетонов. Вернитесь и найдите другой ответ.

Названия карбоксилат-анионов, образующихся при диссоциации карбоновых кислот, образуют из названий кислот, заменяя конец названия ...овая кислота на ...оат-ион. Примером может служить диссоциация метановой кислоты:



Множество карбоновых кислот было выделено из природных продуктов еще до того, как выяснилось структурное родство этих соединений. Вследствие этого все низшие члены ряда известны под своими тривиальными названиями. Происхождение этих названий указано в табл. 3.4. В правилах IUPAC отдано предпочтение тривиальным названиям, однако в Chem. Abstr. они в 1972 г. заменены систематическими, за исключением уксусной кислоты.

Таблица 3.4. Названия ряда карбоновых кислот

Число С-атомов	Тривиальное название	Происхождение тривиального названия	Систематическое название
1	Муравьиная кислота	Formica (лат.) — муравей	Метановая кислота
2	Уксусная кислота	Acetum (лат.) — уксус	Этановая кислота
3	Пропионовая кислота	Proton (греч.) — первый жир	Пропановая кислота
4	Масляная кислота	Butyrum (лат.) — масло	Бутановая кислота
5	Валериановая кислота	Корень валерьяны	Пентановая кислота

Поскольку вам придется встречаться как с тривиальными, так и с систематическими названиями, необходимо знать и те, и другие.

Каково систематическое название карбоксилат-иона, имеющего строение $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COO}^-$?

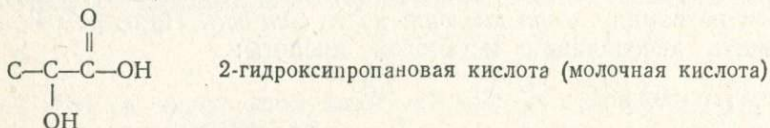
(А). Вы неправы. Выбранное вами название имеет в качестве основы «этан», что соответствует двум углеродным атомам в цепи. Приведенная же в задании формула имеет три атома углерода. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы были бы правы, если бы вопрос касался тривиального названия, однако вас просили дать систематическое название. Это не должно составить для вас труда, если вы снова посмотрите на таблицу 3.4.

(В). Вы правы. Формула изображает пропанойл-ион. Он возникает при отнятии водорода от пропановой кислоты и имеет отрицательный заряд.

Для указания положения заместителей и кратных связей углеродную цепь карбоновых кислот нумеруют обычным способом, обозначая номером 1 карбоксильную группу.

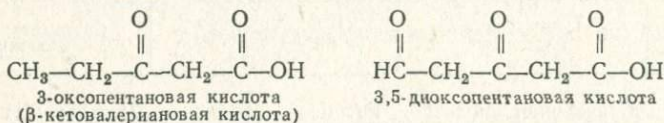
Ниже приводится скелетная формула молочной кислоты, образующейся при скисании молока:



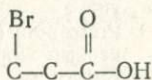
В тривиальных названиях * в качестве локантов для обозначения положения заместителей часто используют греческие буквы. Молочная кислота в этом случае получит название α -гидроксипропановая кислота.

Систематическую и тривиальную номенклатуру не следует смешивать: в первом случае надо употреблять цифры, во втором — греческие буквы.

Названия кислот, содержащих дополнительно альдегидную или кетонную функцию в главной цепи или в кольце, образуют из названий простых кислот, добавляя префиксы оксо-, диоксо- и т. д. Например:



Каково систематическое название кислоты со скелетной формулой:



(А) 2-бромпропановая кислота; (Б) 3-бромпропановая кислота; (В) β -бромпропановая кислота.

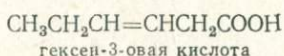
(А). Вы неправы. Эта скелетная формула не изображает 2-бромпропановую кислоту. Нумерацию всегда проводят так, чтобы первый номер получил углерод карбоксильной группы. Внимательно рассмотрите скелет, прежде чем выбрать другой ответ.

* См. прим. переводчика к с. 159.

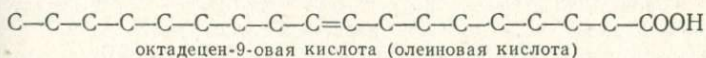
(Б). Вы правы. Скелетная схема изображает 3-бромпропановую кислоту. Переходите к следующему разделу.

(В). Вы были бы правы, если задание состояло бы в поиске тривиального названия. Однако название β-бромпропионовая кислота не является систематическим: пропионовая кислота — обычное (тривиальное) название пропановой кислоты: β-бромпропионовая кислота — это 3-бромпропановая кислота. Будьте внимательны, различайте систематические и тривиальные названия. Переходите к следующему разделу.

Непредельные карбоновые кислоты называют на основе соответствующих алкенов, прибавляя к их названиям «... овая кислота». Например:

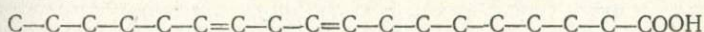


Если имеются две или большее число двойных связей, окончание будет иметь вид *-диеновая*, *-триеновая* и т. д. кислота. Из числа высших карбоновых кислот лишь таковые с четным числом С-атомов имеют тривиальные названия, поскольку только они встречаются в природных жирах. Широко распространенная жирная кислота имеет тривиальное название олеиновая кислота. Ее систематическое название октадецен-9-овая кислота, а скелетная схема:



Другие важные ненасыщенные жирные кислоты также имеют 18 атомов углерода, причем одна из двойных связей находится в центре углеродной цепи, как в олеиновой кислоте. Другие двойные связи, если они имеются, располагаются дальше от карбоксильной группы.

В коровьем масле обычно содержится 4—5% линолевой кислоты. Ее скелетная формула:



Каково систематическое название этой кислоты?

(А) Октадекадиен-9,12-овая кислота; (Б) октадецен-9,12-овая кислота; (В) гептадекадиен-9,12-овая кислота

(А). Вы правы. Систематическое название линолевой кислоты октадекадиен-9,12-овая кислота. Для пояснения рассмотрим название по частям:

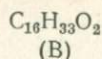
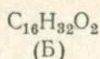
Октадека-	18 атомов углерода
-диен-	две двойных связи
-овая кислота	кислота
-9,12-	локаты двойных связей

Переходите к следующему разделу.

(Б). Неправильно. В вашем названии взят за основу нужный скелет, правильны локаты, однако вы упустили указание о присутствии *двух* двойных связей. Прочитайте еще раз текст выше на этой странице и усвойте ее содержание. Затем найдите нужный ответ.

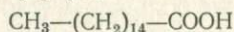
(В). Вы неправы. Систематическое название линолевой кислоты — не гептадекадиен-9,12-овая кислота. Вы могли бы легко избежать ошибки, вспомнив, что все природные жирные кислоты имеют *четное* число атомов углерода. Вернитесь, сосчитайте еще раз и выберите иной ответ.

Наиболее распространенной жирной кислотой является пальмитиновая. Ее систематическое название гексадекановая кислота. Какова ее молекулярная формула?



(А). Неправильно. Вы считаете, что молекулярная формула $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O}$ изображает пальмитиновую (гексадекановую) кислоту. В состав карбоновых кислот входит карбоксильная группа — COOH , поэтому в молекулярной формуле не может быть менее двух атомов кислорода. Возможно, вам будет полезно написать скелетную схему или структурную формулу, прежде чем искать правильный ответ.

(Б). Вы правы. Молекулярная формула гексадекановой кислоты $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$, ее сокращенная структурная формула



Переходите к следующему разделу.

(В). Вы неправы. Молекулярная формула гексадекановой (пальмитиновой) кислоты не $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{O}_2$. Хотите ли вы узнать простой способ поиска правильной формулы? Возьмите, прежде всего, насыщенный углеводород с 16 атомами углерода. Используя известную вам общую формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, можно написать его молекулярную формулу $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$. Теперь обратите внимание на концевой атом углерода — из метильной группы образуется карбоксил:



метильная группа

карбоксильная группа

Прибавляются два атома кислорода, а число H-атомов уменьшается на два. Каким будет результат? Зная его, вернитесь и выберите другой ответ.

Вы, вероятно, представляете себе, что состав природного жира, например коровьего масла, может несколько варьировать. В табл. 3.5 приводится соотношение жирных кислот, образующихся при гидролизе типичного образца коровьего масла.

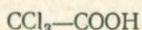
Таблица 3.5. Жирные кислоты коровьего масла

Систематическое название кислоты	Тривиальное название кислоты	Процентное содержание
Бутановая	Масляная	3—4
Гексановая	Капроновая	1—2
Октановая	Каприловая	1
Декановая	Каприновая	2—3
Додекановая	Лауриновая	2—3
Тетрадекановая	Миристиновая	7—9
Гексадекановая	Пальмитиновая	23—26
Октадекановая	Стеариновая	10—13
Гексадецен-9-овая	Пальмитоолеиновая	5
Октадецен-9-овая	Олеиновая	30—40
Октадекадиен-9,12-овая	Линолевая	4—5

Ниже приводятся несколько вопросов из практики наименования карбоновых кислот.

(1). Назовите функциональную группу карбоновых кислот и напишите ее структурную формулу.

(2). Каково систематическое название кислоты с приводимой ниже формулой:



(3). Инсектицид «1080» является натриевой солью фторуксусной кислоты. Какова его структурная формула?

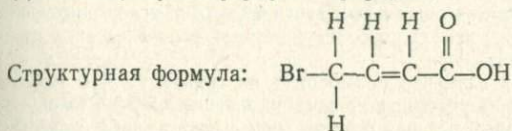
(4). Напишите возможно большее число формул разного типа для 4-бром-бутен-2-овой кислоты.

(1). Карбоксильная группа $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{—C—OH} \end{array}$

(2). Трихлорэтановая кислота (в СА употребляется название трихлоруксусная кислота).

(3). $\text{FCH}_2\text{—COO}^- \text{Na}^+$

(4). Молекулярная формула: $\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_2\text{Br}$



Сокращенная структурная формула: $\text{Br—CH}_2\text{CH=CH—COOH}$

Скелетная схема: Br—C—C=C—COOH

Если вы уверены в своих знаниях, переходите к следующему разделу; если нет — вернитесь к с. 160 для повторения.

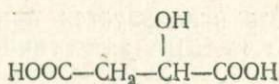
Некоторые важные карбоновые кислоты содержат две карбоксильных группы. Они известны как дикарбоновые кислоты. Широко применяются тривиальные названия этих кислот. Первые пять представителей ряда дикарбоновых кислот приведены в табл. 3.6. В Chem. Abstr. используют их систематические названия.

Таблица 3.6. Названия ряда дикарбоновых кислот

Формула	Тривиальное название *	Систематическое название
HOOC—COOH	Щавелевая кислота	Этандиовая кислота
$\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$	Малоновая кислота	Пропандиовая кислота
$\text{HOOC(CH}_2)_2\text{COOH}$	Янтарная кислота	Бутандиовая кислота
$\text{HOOC(CH}_2)_3\text{COOH}$	Глутаровая кислота	Пентандиовая кислота
$\text{HOOC(CH}_2)_4\text{COOH}$	Адипиновая кислота	Гександиовая кислота

* Тривиальные названия следующих членов ряда (дикарбоновых кислот $\text{C}_7\text{—C}_{10}$): пимелиновая, субероновая, азелаиновая, себацциновая.

Яблочная кислота — распространенная составная часть многих фруктовых соков, имеет формулу:



Каково систематическое название этого соединения?

(А) Гидроксиянтарная кислота; (Б) 2-гидроксипентандиовая кислота; (В) гидроксипентандиовая кислота; (Г) нужна помощь!

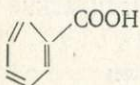
(А). По-видимому, вы ошиблись из-за того, что упустили различие между систематическими и тривиальными названиями. Янтарная кислота — общепринятое название пентандиовой кислоты. Яблочная кислота — действительно гидроксиянтарная, однако это название не является систематическим. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы ответили, что предпочтительное название яблочной кислоты — 2-гидроксипентандиовая кислота. Посмотрите, однако, на формулу. Существует ли для гидроксила возможность занять иное положение, чем у атома С-2? Конечно, нет. Следовательно, название яблочной кислоты — просто гидроксипентандиовая кислота. Переходите к следующему разделу.

(В). Вы правы. Систематическое название яблочной кислоты — гидроксипентандиовая кислота. Гидроксил может находиться только у углеродного атома, имеющего номер 2, поэтому нет необходимости указывать его положение цифрой. Переходите к следующему разделу.

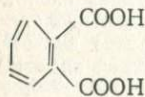
(Г). Вам нужна помощь? Еще раз посмотрите на формулу. Что мы видим в ней? Она имеет четыре атома углерода и, следовательно, должна быть производным бутана; в ней две карбоксильных группы, она должна изображать пентандиовую кислоту. Наконец, у одного из атомов углерода стоит гидроксильная группа (—ОН). Сопоставив все эти факты, вы должны быть способны дать правильное название. Еще раз прочитайте задание и дайте другой ответ.

Вы должны помнить, что не существует ароматических альдегидов, в которых карбонильная группа является составной частью циклической системы. То же самое можно сказать и о карбоновых кислотах. Простейшая ароматическая кислота — бензойная. Ее структурная формула:

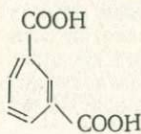


бензойная кислота (бензолкарбоновая кислота)

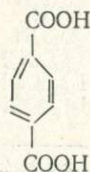
Ароматические карбоновые кислоты с двумя или большим числом карбоксильных групп называют дикарбоновыми, трикарбоновыми и т. д. кислотами. Некоторые из них приведены ниже:



бензол-1,2-дикарбоновая кислота
(фталевая кислота)



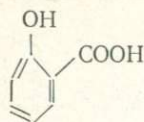
бензол-1,3-дикарбоновая кислота
(изофталевая кислота)



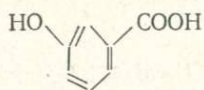
бензол-1,4-дикарбоновая кислота
(терефталевая кислота)

Терефталевая кислота используется при получении синтетического волокна лавсан (в США аналогичное волокно называют дакроном).

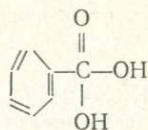
Салициловая кислота — анальгетик, имеющий отношение к аспирину, является 2-гидроксibenзойной кислотой. Какова ее формула?



(А)



(Б)



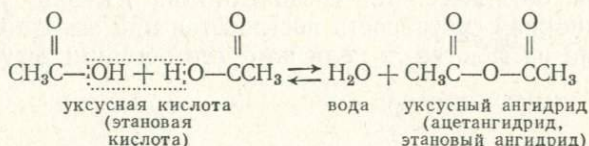
(В)

(А). Вы выбрали правильную формулу. Углеродные атомы, у которых стоят заместители, — соседние. Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы неправы. Ведь в выбранной вами структуре два углеродных атома, несущих заместители, не являются соседними. Это формула 3-гидроксibenзойной кислоты. Вернитесь и выберите другой ответ.

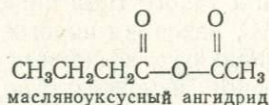
(В). Вам крайне не повезло. Что неправильно в выбранной вами формуле? Прежде всего подсчитайте число ковалентных связей у С-атома карбоксильной группы: их пять, а это на одну больше, чем надо. Снова прочтите текст на с. 166, прежде чем искать другой ответ.

В определенных условиях две молекулы одноосновной карбоновой кислоты теряют молекулу воды с образованием ангидрида. Приводимое ниже уравнение иллюстрирует образование ангидрида этановой кислоты:

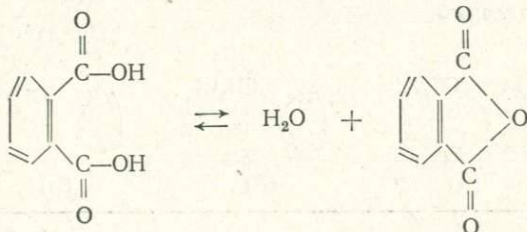


Ангидриды чаще всего называют, ставя слово *ангидрид* на место слова *кислота*.

В других случаях ангидрид может быть образован молекулами двух разных кислот, например:



Ряд двухосновных кислот образует ангидриды при отщеплении молекулы воды от *одной* молекулы кислоты. Приводимое ниже уравнение показывает образование фталевого ангидрида:



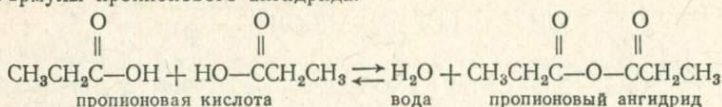
бензол-1,2-дикарбоновая кислота (фталевая)

вода

изобензофурандион (фталевый ангидрид)

Напишите как можно больше формул разного типа для пропионового ангидрида. Выполнив это задание, сверьте результат с приводимым ниже ответом.

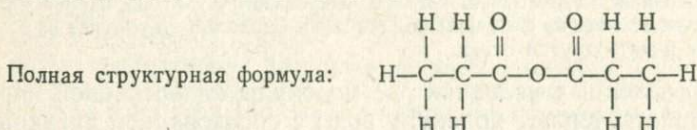
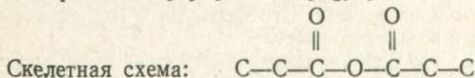
Формулы пропионового ангидрида:



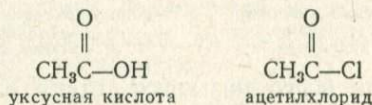
Сокращенная структурная формула: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}-\text{O}-\text{CCH}_2\text{CH}_3$

Линейная формула: $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO})_2\text{O}$

Эмпирическая формула: $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_3$



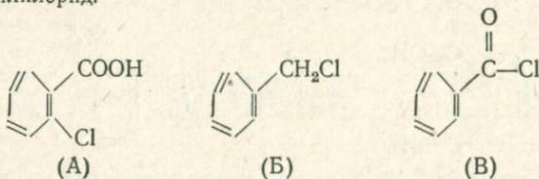
Карбоновые кислоты обычно неспособны быстро реагировать с другими органическими соединениями. Химики установили, что реакционная способность повышается при замене OH-группы карбоксила на галоген, в роли которого обычно выступает хлор. Например:



Этот класс соединений известен под названием ацилгалогенидов (галогенангидридов карбоновых кислот).

Поскольку соединения такого типа широко использовались до принятия правил IUPAC, названия первых пяти ацильных групп основываются на тривиальных названиях кислот. В 1972 г. в Chem. Abstr. эти названия изменены в пользу систематических, за исключением формила и ацетила. В табл. 3.7 приводятся названия ацильных групп.

В Chem. Abstr. для хлорангидрида бензойной кислоты также сохранено тривиальное название бензоилхлорид. Какая из приводимых ниже формул изображает бензоилхлорид?



(A). Вы ошибаетесь. Это формула 2-хлорбензойной кислоты. Она не изображает ацилгалогенид. Ацилгалогениды имеют общую формулу $\text{R}-\text{CO}-\text{X}$.

Таблица 3.7. Названия ряда ацильных групп

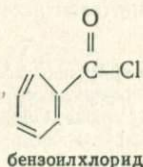
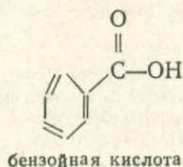
Формула	Название по правилам IUPAC (тривиальное)	Название в указателях СА
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HC}- \end{array}$	Формил	Формил
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{C}- \end{array}$	Ацетил	Ацетил
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}- \end{array}$	Пропионил	1-Оксопропил *
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{C}- \end{array}$	Бутирил	1-Оксобутил
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{C}- \end{array}$	Валерил	1-Оксопентил
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{C}- \end{array}$	Гексаноил	1-Оксогексил

* В тех случаях, когда группу $\text{C}=\text{O}$ хотят назвать в префиксе, для нее используют обозначение *оксо*. В правилах IUPAC такая приставка используется, например, в названиях кетокислот: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COC}_2\text{H}_4\text{COOH}$, 3-оксопентановая кислота. — Прим. переводчика.

Выбранная вами формула изображает замещенную карбоновую кислоту, поскольку атом хлора является заместителем не в карбоксильной группе, а в бензольном ядре. Вернитесь для поисков другого ответа.

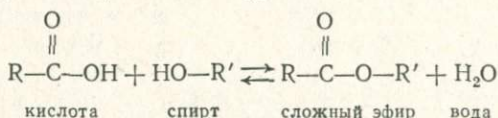
(Б). Неправильно. Выбранная вами формула не изображает ацилхлорид. Ацилхлориды имеют общую формулу $\text{R}-\text{CO}-\text{Cl}$. Атом хлора замещает HO -группу в карбоновой кислоте. Правильным ответом на заданный вопрос будет формула ацилхлорида, производимого из бензойной кислоты. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Вы правы. Бензоилхлорид — это ацилхлорид, производимый от бензойной кислоты:



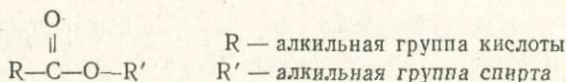
3.5. СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ *

Продуктом реакций гидроксильных соединений (спиртов и фенолов) с кислотами являются сложные эфиры. Здесь мы рассматриваем лишь сложные эфиры, образованные карбоновыми кислотами и алифатическими спиртами. Реакция их образования в общем виде изображается уравнением:

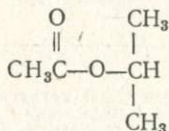


Сложные эфиры называют так, как будто они являются алкиловыми солями органических кислот. Этот метод основан на давнем подходе к этерификации как к подобно нейтрализации.

Вы должны очень тщательно различать кислотную и спиртовую часть сложных эфиров. Это легко сделать, если запомнить, что алкильная группа спирта соединяется с карбонильной группой через кислород. Общая структурная формула иллюстрирует сказанное:



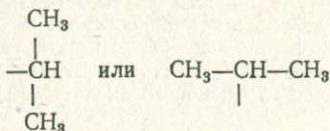
Рассмотрите приводимую ниже структурную формулу сложного эфира:



Из какого спирта получен этот сложный эфир?

(А) этанол; (Б) пропанол-1; (В) пропанол-2

(А). Вы ошибаетесь, этот сложный эфир получен не из этанола. Помните, что спиртовая часть сложного эфира связана с карбонильной группой через атом кислорода. В данном примере группа R', остаток спирта, имеет строение

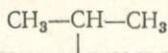


Какой спирт имеет тот же остаток R'? Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Неправильно, этот сложный эфир не является производным пропанола-1. Вы знаете, что спиртовая часть сложного эфира связана с карбонильной

* Термин «сложные эфиры» (в отличие от простых эфиров) — одна из неудачных традиций русской номенклатуры: название длинное, вызывает путаницу со смешанными простыми эфирами. Однако попытки ввести в обиход термин «эстеры» (по аналогии с английским и немецким esters) не увенчались успехом, хотя и принимались рядом авторов. — Прим. переводчика.

группой через атом кислорода. В данном примере остаток R' спирта имеет строение:

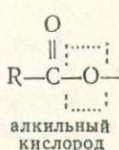
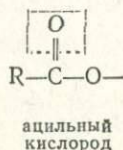
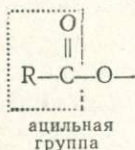


Если бы этот остаток был произведен из пропанола-1, то он имел бы строение $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-$. Различие заключается в положении свободной валентности. Вернитесь и выберите другой ответ.

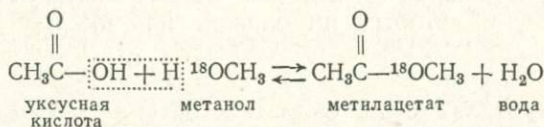
(В). Вы правы. Этот сложный эфир является производным пропанола-2 и уксусной кислоты.

Сложные эфиры называют, используя в качестве первого слова название алкильного радикала спирта. Второе слово образуют из корня латинского названия кислоты с окончанием «ат».

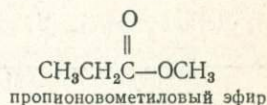
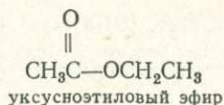
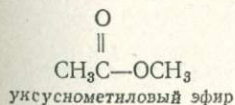
Для того чтобы избежать путаницы, различным остатком, встречающимся в формулах кислот, спиртов и сложных эфиров, дают специальные названия; приводимые ниже:



С помощью спирта, меченного изотопом ^{18}O , было показано, что при этерификации первичными спиртами разрывается связь между ацильной группой и кислородом. Молекула воды отщепляется, как показано ниже:



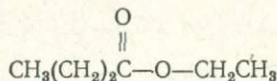
[* В русской номенклатуре названия сложных эфиров часто строятся из названий кислот и спиртов с добавлением слова эфир, например:



*Прим. переводчика **

Ниже следуют четыре вопроса, касающихся простейших сложных эфиров* карбоновых кислот. Ответив на эти вопросы, переходите к более сложным примерам соединений этого класса.

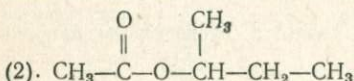
(1). Назовите этот сложный эфир:



* «Простейших сложных ...» — увы, наглядный пример затруднений при использовании русского родового названия для этого класса соединений. — *Прим. переводчика.*

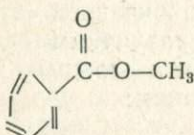
- (2). Какова структурная формула 1-метилпропилацетата?
 (3). Какая кислота служит родоначальником метилпентаноата?
 (4). Напишите структурные формулы метилбензоата и фенолформината.

- (1). Этилбутаноат (другое возможное название: этилбутират) *.

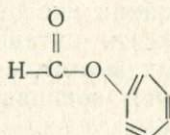


- (3). Пентановая кислота

- (4).



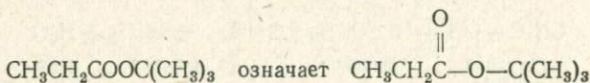
метилбензоат



фенилформиат

Относительно последнего названия, кажущегося неправильным для эфира метановой кислоты, см. с. 174.

Сокращенные структурные формулы сложных эфиров, записанные в одну строку, могут быть для вас на первых порах трудными. Однако у вас не будет забот, если вы будете помнить, что кислород карбонильной группы записывают всегда *после* углеродного атома **, с которым он связан, например:

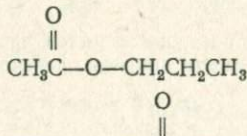


1,1-диметилацетат (по-русски также *трет*-бутилпропионат, пропаноно-*трет*-бутиловый эфир)

Рассмотрите следующую сокращенную структурную формулу сложного эфира: $\text{CH}_3\text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$. Как его назвать?

- (А) Метилбутаноат; (Б) пропилацетат; (В) нужна помощь!

- (А). Неправильно. Напишите более развернутую структурную формулу:

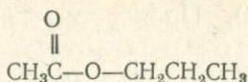


Этот сложный эфир происходит от $\text{CH}_3\text{C}-\text{OH}$ и $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$.

* По-русски также масляноэтиловый эфир. — Прим. переводчика.

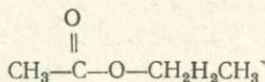
** Это возможно только тогда, когда кислотную часть пишут первой. Если же приходится «выворачивать» формулу, то то же соединение записывается так: $(\text{CH}_3)_3\text{COOCCH}_2\text{CH}_3$. — Прим. переводчика.

Как вы назовете его? Вернитесь и выберите другой ответ.
 (Б). Правильно. Вот более развернутая (наглядная) формула пропилацетата:



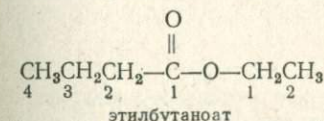
Переходите к следующему разделу.

(В). Еще раз внимательно посмотрите на заданную формулу. Поскольку кислород карбонильной группы пишут всегда после углерода, с которым он связан, более развернутая формула будет выглядеть так:

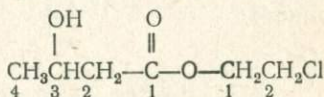


Разделите ее теперь на кислотную и спиртовую часть. Остаток кислоты R— здесь CH₃—; остаток спирта R'— = CH₃CH₂CH₂—. Составьте из этих частей правильное название сложного эфира и вы найдете ответ. Вернитесь и посмотрите, есть ли такой ответ среди предложенных вам на выбор.

Замещающие группы в замещенных сложных эфирах получают локанты, исходя из нумерации, которая для обеих частей сложного эфира начинается с C-атомов, непосредственно связанных с атомом кислорода. В качестве иллюстрации приведем формулы:

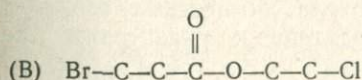
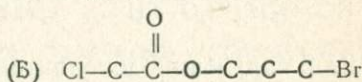
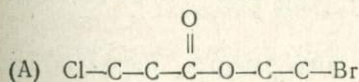


этилбутианоат
 [*этилбутират, масляноэтиловый эфир.—Прим. переводчика*]

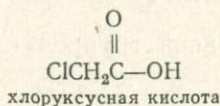
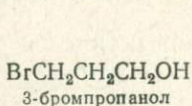


2-хлорэтил-3-гидроксибутианоат
 [*2-хлорэтил-3-гидроксибутират.—Прим. переводчика*]

Какова скелетная формула 3-бромпропилхлорацетата?



(А). Вы ошибаетесь. Название говорит о том, что соединение является сложным эфиром 3-бромпропанола и хлоруксусной кислоты. Их формулы:

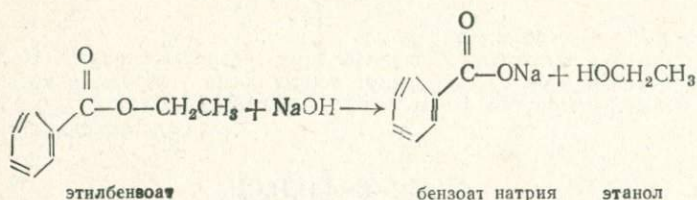


Напишите формулу сложного эфира, образованного из этих компонентов, и найдите ее среди приведенных выше ответов.

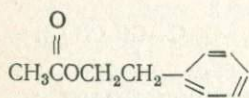
(Б). Правильно. Указывать положение хлора нет необходимости, так как у какого-либо другого атома углерода он находится не может. Продолжите работу, перейдя к следующему разделу.

(В). Неправильно. Из названия вы должны видеть, что атом брома входит в спиртовую часть молекулы сложного эфира, а хлор — в кислотную часть. В выбранном вами скелете дело обстоит наоборот. (Вспомните, что спиртовая часть связана с группой $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$ через кислород.) Вернитесь и дайте другой ответ.

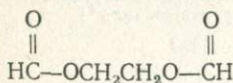
Сложные эфиры реагируют с сильными основаниями, образуя соответствующий спирт и соль кислоты. Этот процесс называют омылением (гидролизом). Примером может служить омыление этилбензоата:



Для того чтобы в указателе химических соединений Chem. Abstr. можно было легче найти информацию об этерифицированных спиртах и тиолах, для некоторых сложных эфиров обычный выбор места регистрации изменяется. Если сложные эфиры образованы распространенными кислотами, то «входом» в указатель служит название спирта, хотя по общему правилу кислоты как класс соединений старше спиртов. Два примера иллюстрируют сказанное:



2-фенилэтилацетат; помещен в указателе среди производных уксусной кислоты *



этандиол-1,2-диформиат; помещен в указателе среди производных этандиола-1,2

Для получения дополнительной информации, перед поиском данных о сложных эфирах в указателе химических соединений необходимо справиться в «Путеводителе к указателям Chem. Abstr. (Index Guide).

Резюме: номенклатура карбоновых кислот, ангидридов, ацилгалогенидов, сложных эфиров

Функциональной группой карбоновых кислот является кар-

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C—} \end{array}$$

боксил, —C—ОН или —COОН(—CO₂H). Систематические названия образуют, прибавляя к названию родоначального алкана окончание *-овая* и слово *кислота*. Названия карбоксилат-анионов образуют аналогично с окончанием *-оат*. Положение заместителей

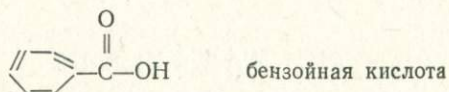
* Кислота здесь выступает как старшая часть структуры, что отвечает обычным правилам старшинства классов. Во втором примере старшим оказывается (в нарушение правил) гликоль. — Прим. переводчика.

указывают локантами, начиная нумерацию углеродной цепи с С-атома карбоксильной группы, который получает номер 1.

Непредельные карбоновые кислоты называют аналогично на основе названий соответствующих алкенов или алкинов, также прибавляя к ним окончание *-овая* и слово *кислота*.

Дикарбоновые кислоты получают систематические названия добавлением *-диовая кислота* к названию родоначального углеводорода. Общеупотребительны также тривиальные названия (см. с. 165).

Простейшей ароматической карбоновой кислотой является бензойная.



Ангидриды кислот образуются при отщеплении молекулы воды от двух карбоксильных групп. Эти группы могут находиться в двух разных молекулах или в одной молекуле двухосновной кислоты, например фталевой. Общая формула ангидридов кислот

$$\begin{array}{c} \text{O} \quad \quad \text{O} \\ || \quad \quad || \\ \text{R} - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{R}' \end{array}$$

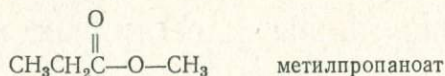
Простые ангидриды называют, заменяя слово *кислота* словом *ангидрид*. Смешанные ангидриды называют по остаткам двух кислот с добавлением слова *ангидрид*.

При замещении НО-группы кислот на атом галогена образуются ацилгалогениды (см. с. 168).

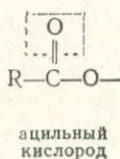
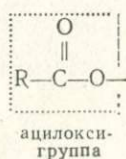
При реакции кислот со спиртами образуются сложные эфиры.

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{R} - \text{C} - \text{O} - \text{R}' \end{array}$$

Их общая формула $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{R}'$. Алкильная группа R' , связанная с кислородом, это остаток спирта; группа R , связанная с карбонилем, это остаток кислоты. Сложные эфиры называют, ставя в начало название спиртовой части и добавляя название карбоксилат-аниона. Например:

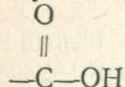


Для составных частей молекулы сложного эфира используют следующие обозначения:



КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Функциональная группа:



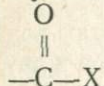
Название функциональной группы: *карбоксил*

Общая формула: $\text{R—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{—C—OH}$

Общее название: *-овая кислота*

АЦИЛГАЛОГЕНИДЫ

Функциональная группа:



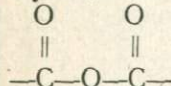
Название функциональной группы: *галоформил*

Общая формула; $\text{R—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{—C—X}$

Общее название: *1-оксо-... или ...илгалогенид*

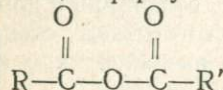
АНГИДРИДЫ КИСЛОТ

Функциональная группа:



Название функциональной группы: *нет*

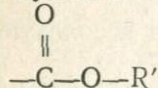
Общая формула:



Общее название: *...ый ангидрид*

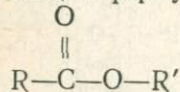
СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Функциональная группа:



Название функциональной группы: *алкоксикарбонил*

Общая формула:



Общее название: *...ил...оат*

3.6. ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ

Простые эфиры это органические соединения с общей формулой $R-O-R'$. Если $R-$ и $R'-$ одинаковые алкильные или арильные группы, то эфир относится к симметричным. Если группы различны — эфир несимметричный.

Chem. Abstr. не использует простые эфиры в качестве «входа» в указатель. Поскольку пройдет еще некоторое время прежде чем также поступят в правилах IUPAC и учебниках *, в данной книге будут приведены как названия CA, так и IUPAC.

В симметричных простых эфирах называют группу $R-$ и прибавляют слово *эфир*. Так, простейший симметричный эфир CH_3OCH_3 — метиловый эфир. Этиловый эфир **, $CH_3CH_2OCH_2CH_3$, используется для анестезии; обычно его называют просто эфир. Это последнее название некорректно, его следовало бы избегать.

Несимметричные эфиры получают названия по наименованиям двух групп, которые располагают в алфавитном порядке и добавляют слово *эфир*. Так, $CH_3OCH_2CH_3$, несимметричный эфир, метилэтиловый эфир. Как вы, вероятно, видите и слышите, многие химики недостаточно внимательны к алфавитному порядку групп в названиях ***.

В Chem. Abstr. симметричные ациклические эфиры называют как оксисоединения. Несимметричные эфиры называют как алкокси- или арилоксипроизводные углеводорода с более длинной цепью. Приводимые ниже примеры иллюстрируют существующую практику:

CH_3OCH_3	(IUPAC) метиловый эфир (CA) oxybismethane
$CH_3CH_2OCH_2CH_3$	(IUPAC) этиловый эфир (CA) 1,1'-oxybisethane
$CH_3OCH_2CH_3$	(IUPAC) метилэтиловый эфир (ethyl methyl ether Δ) (CA) methoxyethane (метоксэтан)

Какое систематическое название по правилам IUPAC получит эфир $\Delta\Delta$ $CH_3CH_2OCH_2CH_2CH_2CH_3$?

* Влияние практики Chem. Abstr. на номенклатуру велико, однако вряд ли когда-либо номенклатура для указателей полностью заменит названия, используемые химиками в повседневном обиходе. — Прим. переводчика.

** Во избежание путаницы и недоразумений для симметричных соединений R_2O все же лучше сохранять приставку *ди* (или *бис* в сложных случаях). Так: $CH_3CH_2OCH_2CH_3$ диэтиловый эфир. — Прим. переводчика.

*** Автор имеет в виду, что, например, в английском традиционном названии methyl ethyl ether, алфавитный порядок не соблюден. — Прим. переводчика.

Δ В английской номенклатуре название состоит из трех отдельных слов: двух названий радикалов и слова *эфир*. В русской номенклатуре названия обоих радикалов объединяют в одно слово, придавая ему форму прилагательного. Например: $CH_3OCH_2CH_3$ ethyl methyl ether метилэтиловый эфир (обратите также внимание на изменение алфавитного порядка перечисления групп в русском языке по сравнению с английским). — Прим. переводчика.

$\Delta\Delta$ Варианты ответа в оригинале основаны на форме записи названия (раздельно или слитно); для русского текста они соответственно изменены. — Прим. переводчика.

(А). Этилбутиловый эфир; (Б) бутилэтиловый эфир; (В) бутил-этиловый эфир.

(А). Приведенная в задании формула эфира действительно имеет этильную и бутильную группы. Однако в названии их следует расположить в алфавитном порядке. Правильное название — бутилэтиловый эфир (этоксибутан). Переходите к следующему разделу.

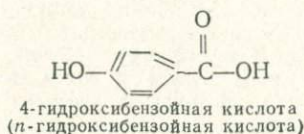
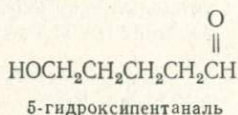
(Б). Вы правы. Дана была формула бутилэтилового эфира (этоксибутана). Переходите к следующему разделу.

(В). Близко к истине, однако не совсем верно. Обозначения радикалов в названиях простых эфиров дефисом не разделяют, а пишут слитно. В данном случае правильное название бутилэтиловый эфир (этоксибутан). Переходите к следующему разделу.

В тех случаях, когда органическая молекула содержит два или большее число типов функциональных групп, главная из них остается в конце названия, обозначения же других переносятся в префикс. Как при этом определяют старшинство? Химики не всегда последовательны в этом вопросе, однако в Chem. Abstr. при составлении указателей действует строгий порядок старшинства. Этот порядок не претендует на оценку относительной значимости групп, а является лишь общим правилом для отбора функции, помещаемой в конец названия. Порядок старшинства подсказывает, где в указателе искать соединения с несколькими различными функциями (гетерофункциональное соединение). Полный список групп помещен в приложении. Здесь же дается (по падающему старшинству) сокращенный список, включающий функции, обсуждаемые в данной книге:

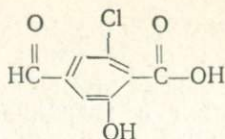
Свободные радикалы
Ониевые катионы
Карбанионы
Анионы из кислот, спиртов и аминов
Кислоты
Галогенангидриды кислот
Амиды
Нитрилы
Альдегиды
Кетоны
Спирты и фенолы (имеют одинаковый ранг)
Амины
Другие соединения азота
Соединения кислорода (включая простые эфиры)
Соединения серы
Соединения углерода (включая углеводороды).

Например:



Как вы назовете соединение, имеющее формулу, изображенную справа

(А) Как альдегид; (Б) как замещенный бензол; (В) как карбоновую кислоту; (Г) как фенол



(А). Неправильно. Соединение действительно содержит альдегидную группу — СНО. Однако в дополнение к ней имеются еще карбоксильная и гидроксильная группы. В основу названия мог бы быть положен и альдегид, и кислота, и фенол. Правильный выбор зависит от того, какая группа стоит выше в списке старшинства. Вернитесь и выберите другой ответ.

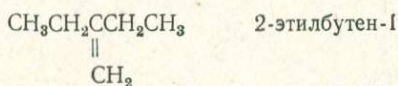
(Б). Вы ошибаетесь. Соединения называют как замещенные углеводороды лишь в тех случаях, когда они не имеют функциональной группы. Даже беглый взгляд на заданное соединение показывает, что в нем по крайней мере три функциональных группы*. Вернитесь и прочтите снова с. 178 прежде чем выбрать другой ответ.

(В). Правильно. В соединении имеются три функциональных группы: карбоксильная, гидроксильная и карбонильная. Карбоксильная группа, т. е. кислотная функция, стоит выше двух других в списке старшинства. Следовательно, правильно называть данное соединение надо как замещенную карбоновую кислоту. Переходите к следующему разделу.

(Г). Неправильно. Соединение действительно содержит фенольную функциональную группу — ОН. Кроме нее, однако, присутствуют карбоксильная и карбонильная группы. Соединение можно было бы назвать и как альдегид, и как кислоту, и как фенол. Правильный выбор зависит от того, какая из функций стоит выше в списке старшинства. Вернитесь и выберите другой ответ.

[* Сложный, достаточно запутанный вопрос о старшинстве затрагивается в книге лишь попутно, в то время как он заслуживает более внимательного рассмотрения: решая номенклатурные вопросы, постоянно приходится выбирать между несколькими возможностями, основываясь по существу на определенных принципах старшинства каких-то признаков.

К сожалению, до сих пор не выработано единого подхода к вопросам старшинства. Так, старшинство углеродных цепей в алканах определяется их длиной; при наличии кратных связей длина может отступить на второй план: старшей цепью, лежащей в основе названия, может оказаться и более короткая, если она содержит кратную связь (или большее число кратных связей), например:



То же относится и к соединениям, содержащим функциональные группы.

При выборе порядка нумерации в одних определенных случаях решающим оказывается набор наименьших локантов, в других случаях — старшинство групп; при записи названия порядок

* Есть еще и четвертый неуглеродный заместитель — хлор. Однако его обозначение помещается только в префиксе названий, поэтому в данном случае он и не рассматривается как кандидат на основную функцию. — Прим. переводчика.

Алкокси группы часто присутствуют в соединениях, содержащих другие функциональные группы; такие как гидроксильная —ОН, карбонильная —СО— или карбоксильная СООН. В таких случаях вещество называют как алкоксипроизводное соединения с другой имеющейся (старшей) функцией. Ниже приводятся три примера, поясняющие сказанное:

<i>Соединение</i>	<i>Главная функция</i>	<i>Систематическое название</i>
$\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	—ОН, гидроксил	3-Метоксипропанол-1
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CCH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{OCH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—}, \text{ карбонил} \end{array}$	2-Метоксигексанон-3
$\begin{array}{c} \text{Br} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{O—C}_6\text{H}_3\text{—C—OH} \\ \\ \text{OCH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{—C—OH}, \text{ карбоксил} \end{array}$	2-бром-4,6-диметоксибензойная кислота

Каково название следующего соединения: $\text{CH}_3\text{O—C}_6\text{H}_4\text{—OH}$

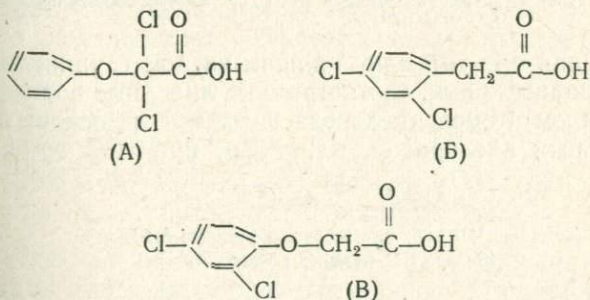
(А) 4-Метоксифенол; (Б) *n*-гидроксифенилметилловый эфир; (В) 1-гидроксид-4-метоксибензол

(А) Вы правы. Главная функциональная группа в этом соединении — НО-группа, поэтому правильно называть это соединение как алкоксипроизводное фенола. Переходите к следующему разделу.

(Б) Название *n*-гидроксифенилметилловый эфир правильно описывает структуру соединения с заданной формулой. Однако при составлении названий необходимо придерживаться порядка старшинства функциональных групп. Гидроксильная группа расположена в списке выше, чем эфирная. Поэтому соединение не должно называться по типу эфира. Вернитесь и выберите другое название, в котором гидроксильная группа является главной функциональной группой.

(В) Выбранное вами название правильно описывает заданное соединение, однако для гидроксибензола принято другое обозначение, поэтому более правильное название 4-метоксифенол. Переходите к следующему разделу.

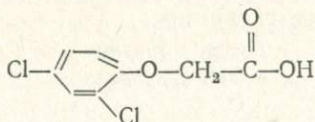
Гербицид 2,4-Д имеет систематическое название (2,4-дихлорфенокси)уксусная кислота. Какова его структурная формула?



(А). Неправильно. Название указывает на присутствие двух атомов хлора в ядре. Где же они у вас? Соединение выбранной вами структуры — это 2-феноксиди-2,2-дихлоруксусная кислота. Вернитесь и выберите другой ответ.

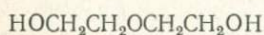
(Б). Выбранная вами формула хороша во всех отношениях, кроме одного. Обратите внимание на частицу *окси* в названии. Она указывает, что циклическая структура связана с уксусной кислотой через атом кислорода. Выбранная же нами структура — это (2,4-ди-хлорфенил)уксусная кислота. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Вы правы. Формула (2,4-дихлорфенокси)уксусной кислоты

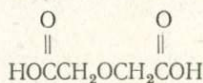


Удивительно ли, что ее обычное название 2,4-Д?

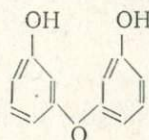
В соединениях с двумя одинаковыми остатками, имеющими более старшую функциональную группу, кислород следует обозначать термином *окси*. Например:



(IUPAC) 2,2'-оксидэтанол
(CA) 2,2'-oxybis[ethanol]



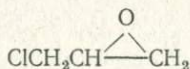
2,2'-оксидиуксусная кислота
2,2'-oxybis[acetic acid]



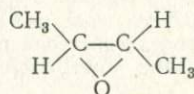
3,3'-оксидифенол
3,3'-oxybis[phenol]

Обратите внимание на квадратные скобки, которые в названии по Chem. Abstr. выделяют родоначальную часть, служащую входом в указатель*.

Префикс *эпокси-* используют для обозначения атома кислорода, непосредственно связанного с двумя соседними С-атомами углеродной цепи или цикла. Вот два примера:

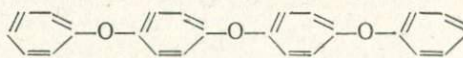


(IUPAC) 1-хлор-2,3-эпоксипропан
(CA) 2-(хлорметил)оксиран
(см. с. 215)



(E)-2,3-эпоксибутан
(E)-2,3-диметилоксиран

Соединения с двумя или большим числом группировок — O — называют полиэфирами. Симметричные линейные полиэфиры с нечетным числом атомов кислорода называют на основе структуры с центральным кислородом, например, при трех группах — O —:

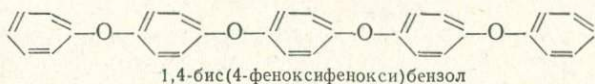


(IUPAC) бис(4-феноксифениловый)эфир
(CA) 1,1'-oxybis[4-phenoxybenzene]**

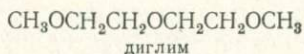
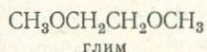
* То есть в указателе химических соединений СА эти названия будут записаны так: ethanol, 2,2'-oxybis-; acetic acid, 2,2'-oxybis-. — Прим. переводчика.

** В указателе — с выносом вперед основы названия, т. е.: benzene, 1,1'-oxybis-4-phenoxy-. — Прим. переводчика.

Если число эфирных кислородных атомов четное, то основу названия составляет центральная углеводородная группа. Например:



К числу простых эфиров относятся два важных растворителя, используемых при проведении органических реакций. Их тривиальные названия *глим* и *диглим*:



Глим — это 1,2-диметоксиэтан. Как следует назвать диглим?

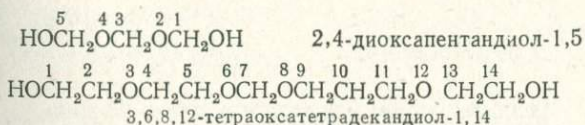
(А) Диметоксиэтиловый эфир; (Б) бис(2-метоксиэтиловый) эфир; (В) 2,2'-диметоксиэтиловый эфир.

(А). Неправильно. Поскольку в соединении три эфирных кислорода, в основе его названия должен лежать эфир. Однако термин «диметоксиэтил» неясен. Относится ли «ди» только к метоксигруппе или также и к этильной? Подумайте об этом, прежде чем вернуться и выбрать другой ответ.

(Б). Правильно. Диглим это бис(2-метоксиэтиловый) эфир. Его название по Chem. Abstr. 1,1'-оксисбис[2-метоксиэтан]. Переходите к следующему разделу.

(В). Не вполне точно. Поскольку соединение симметрично, его следует называть по группам, связанным с центральным атомом кислорода, указав на наличие двух одинаковых групп. Найдите название группы, затем вернитесь и выберите другой ответ.

Полиэфиры, образованные тремя или большим числом молекул алифатических дигидроксильных соединений (гликолей) называют, используя термин *окса* для обозначения замены метиленовых групп углеродной цепи на атомы кислорода—О—. Ниже приводятся два примера, непосредственно взятых из правил IUPAC:



Правилами IUPAC допускается употребление тривиальных названий следующих простых эфиров. Систематические на-

* Здесь используется принцип заместительной или «а»-номенклатуры. — Прим. переводчика.

звания и обозначения в указателях Chem. Abstr. приведены в табл. 3.8.

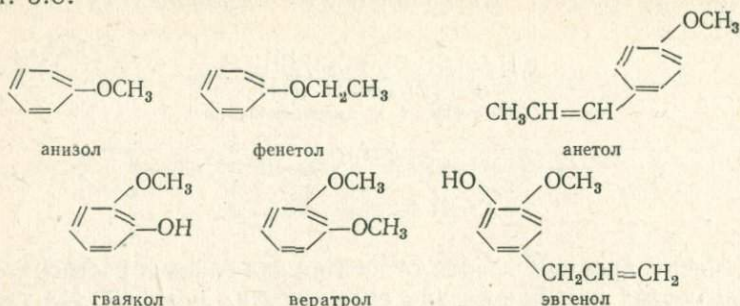
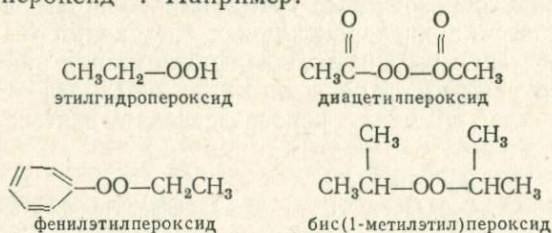


Таблица 3.8. Названия ряда простых эфиров

Тривиальное название по IUPAC	Систематическое название по IUPAC	Название по СА *
Анизол	Метилфениловый эфир	Methoxybenzene
Фенетол	Фенилэтиловый эфир	Ethoxybenzene
Анетол	Метил-4(пропен-1-ил)фениловый эфир	1-Methoxy-4-(1-propenyl)benzene
Гваякол	2-метоксифенол	2-Methoxyphenol
Вератрол	1,2-диметоксибензол	1,2-Dimethoxybenzene
Эвгенол	2-метокси-4(пропен-2-ил)фенол	2-Methoxy-4-(2-propenyl)phenol

* В указателе СА все эти названия встретятся в инвертированной форме, с выносом вперед основы названия, например для первого соединения: benzene, methoxy-. — Прим. переводчика.

Гидропероксиды $R-OOH$ и пероксиды $R-OO-R'$ называют по радикально-функциональной номенклатуре: указывают группы R и R' , затем добавляют окончание соответственно: -гидропероксид или -пероксид *. Например:



Резюме: номенклатура простых эфиров

Общая формула простых эфиров $R-O-R'$. В симметричных эфирах с кислородом связаны одинаковые алкильные или арильные группы; такие эфиры обозначают, называя группы и прибав-

* В английском языке hydroperoxide и peroxide пишут как отдельные слова. — Прим. переводчика.

для слово *эфир*. Несимметричные эфиры можно называть, перечисляя в алфавитном порядке их составные части и добавляя слово *эфир*.

Группа RO— — это алкокси- или арилоксигруппа. Обозначения этих групп используют для составления названий соединений, имеющих наряду с эфирной группировкой другие функции.

Префикс *окси-* используют для обозначения кислорода, соединяющего два одинаковых родоначальных соединения, в которых присутствуют группы, превосходящие по старшинству эфирную. Префикс *эпокси-* означает кислород, присоединенный к двум соседним атомам углерода цепи или кольца.

Полиэфиры с нечетным числом эфирных кислородов называют как замещенные простые эфиры; полиэфиры с четным числом групп —O— — как производные центрального углеводорода.

Chem. Abstr. отказался от простых эфиров как родоначальных соединений при составлении указателей. Простые эфиры помещаются в указатели при соответствующих углеводородах или других родоначальных соединениях.

ПРОСТЫЕ ЭФИРЫ

Функциональная группа: —O—	Название функциональной группы: <i>окси-</i>
Общая формула: R—O—R'	Общее название: ...- <i>ил...</i> ловый <i>эфир</i>

3.7. АМИНЫ И ИМИНЫ

Амины — органические основания, производимые от аммиака, NH₃. Один, два или все три атома водорода в аммиаке могут быть замещены алкильными или арильными группами. Эти соединения называют соответственно первичными, вторичными и третичными аминами. Табл. 3.9 иллюстрирует сказанное.

Таблица 3.9. Типы аминов и названия некоторых аминов

Тип амина	Общая формула	Функциональная группа
Первичный	R—NH ₂	—NH ₂
Вторичный	R—NH—R'	—NH—
Третичный	R—N—R' R''	—N—
Формула	Название по IUPAC	Название по СА
CH ₃ NH ₂	Метиламин	methanamine
(CH ₃) ₂ NH	Диметиламин	N-methylmethanamine
(CH ₃) ₃ N	Триметиламин	N,N-dimethylmethanamine

Первичные амины называют, прибавляя суффикс *-амин* к названию углеводородной группы (радикала). Если существует необходимость в нумерации атомов углерода для определения положения заместителей, то ее начинают с С-атома, ближайшего к NH₂-группе*.

Для того чтобы обеспечить однозначность названий и устранить какую-либо неопределенность, в Chem. Abstr. все амины индексируются как первичные или N-замещенные первичные. Названия образуют прибавлением окончания *-амин* к обозначению родоначального углеводорода**. В данном разделе мы будем использовать названия Chem. Abstr. параллельно с названиями по правилам IUPAC; вторая часть табл. 3.9 иллюстрирует обе системы номенклатуры.

Каково название амина CICH₂CH₂NH₂ по правилам IUPAC?

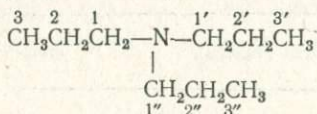
(А) Хлорметиламин; (Б) хлорэтиламин; (В) 2-хлорэтиламин

(А). Неправильно. По выбранному вами названию соединение является производным метиламина CH₃NH₂. Однако приведенная в задании формула имеет два атома углерода и должна быть, следовательно, производным этиламина. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы ответили, что формула CICH₂CH₂NH₂ изображает хлорэтиламин. Вы правы, однако не изображает ли хлорэтиламин также и формула CH₃CHClNH₂? Различить обе можно, используя цифры (локанты). Дайте названия обоим этим аминам. Затем вернитесь и найдите нужный ответ.

(В). Правильно. Название этого соединения 2-хлорэтиламин. Углеродная цепь нумеруется с С-атома, ближайшего к функциональной группе NH₂. В Chem. Abstr. используется название 2-хлорэтанамин. Переходите к следующему разделу.

Вторичные и третичные амины, содержащие одинаковые незамещенные алкильные группы, называют, ставя префиксы *ди-* и *три-* перед названием соответствующих групп. Если необходима нумерация, то для обозначения второй и третьей группы используют локанты с одним и двумя штрихами. В качестве примера рассмотрим формулу третичного амина, трипропиламина (название по СА N,N-dipropylpropanamine):

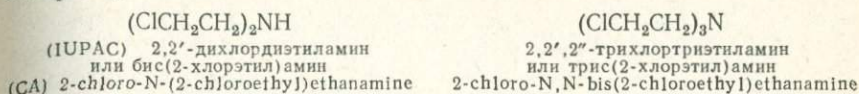


Симметрично замещенные производные симметричных вторичных или третичных аминов можно называть, либо указывая по-

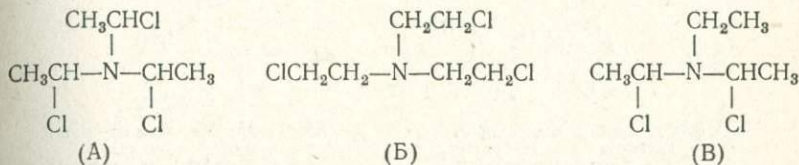
* Совершенно непонятно, почему в правилах IUPAC нумерация для аминов построена совершенно иначе, чем для соединений с другими функциями (например спиртов, кетонов): вместо начала нумерации с конца цепи, ближайшего к функции (как у спиртов, кетонов), в случае аминов начинают с атома, ближайшего к аминогруппе. Например: CH₃CH₂CH(OH)CH₃ бутанол-2, но CH₃CH₂CH(NH₂)CH₃ (1-метилпропил)амин. — Прим. переводчика.

** Выбор названия углеводорода (а не радикала) за основу названия соответствует практике номенклатуры для других классов органических соединений (метан—метанол—метанамин), поэтому он вполне логичен. — Прим. переводчика.

ложение каждого заместителя, либо помещая полное название группы в круглых скобках вслед за префиксами *бис-* или *трис-*. Например:



Какова формула 1,1'-дихлортриэтиламина [название по CA N,N-bis(1-chloroethyl)ethanamine]?

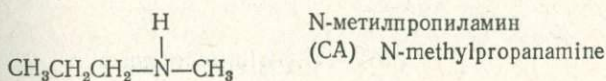


(A). В выбранной вами формуле три группы, связанные с азотом, одинаковы. Между тем название указывает на то, что лишь две из них содержат атомы хлора в качестве заместителей в этильной группе. Подумайте об этом и выберите другой ответ.

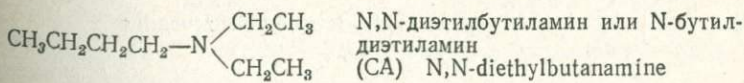
(B). В выбранной вами формуле все три группы, связанные с азотом, одинаковы. Это группы $\text{ClCH}_2\text{CH}_2-$, т. е. 2-хлорэтильные. В названии же вы можете увидеть, что соединение является производным триэтиламина с атомами хлора, стоящими в качестве заместителей у атомов 1 и 1'. Учтя это в формуле, вернитесь и найдите другой ответ.

(B). Вы правы. Выбранная формула действительно изображает 1,1'-дихлортриэтиламин.

Смешанные амины, т. е. такие, у которых алкильные или арильные группы не одинаковы, называют как замещенные по азоту производные аминов с наибольшей (старшей) из групп. Заместители у азота обозначают буквой N-. Например:

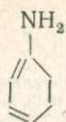


Третичные амины, имеющие две одинаковых группы, могут быть названы как N,N-производные первичных аминов, или как N-производные вторичных аминов. Например:

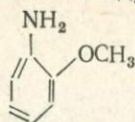


Ароматические амины также могут быть первичными, вторичными или третичными. Последние два типа могут быть и смешанными алифатическо-ароматическими. Первичные амины называют как аминопроизводные ароматических углеводородов, од-

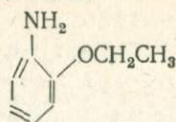
нако для многих из них в правилах IUPAC сохранены тривиальные названия. Это касается следующих соединений:



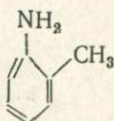
(IUPAC) анилин
(CA) benzenamine



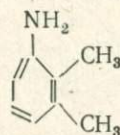
o-анизидин (существуют также *m*- и *p*-изомеры)
2-methoxybenzenamine



o-фенетидин (существуют также *m*- и *p*-изомеры)
2-ethoxybenzenamine



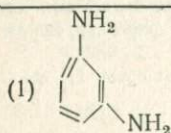
(IUPAC) *o*-толуидин (существуют также *m*- и *p*-изомеры)
(CA) 2-methylbenzenamine



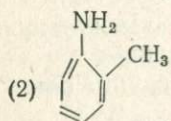
2,3-ксилидин (существуют и другие изомеры)
2,3-dimethylbenzenamine

Ниже приведены общеупотребительные и систематические названия для ряда ароматических аминов. Напишите их структурные формулы. Правильные ответы приведены после заданий.

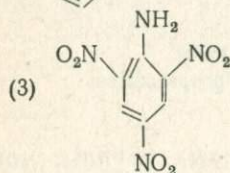
- (1) *m*-Диаминобензол (*m*-фенилендиамин);
- (2) 2-метиланилин (*o*-толуидин);
- (3) 2,4,6-тринитроанилин (пикрамид);
- (4) 2,4,6-триметиланилин (мезидин);
- (5) *N,N*-диметиланилин.



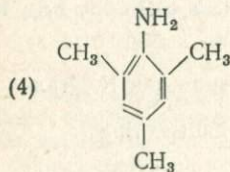
(CA) 1,3-benzenediamine



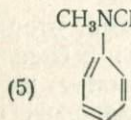
(CA) 2-methylbenzenamine



(CA) 2,4,6-trinitrobenzenamine



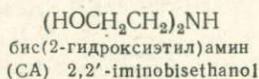
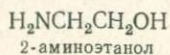
(CA) 2,4,6-trimethylbenzenamine



(CA) *N,N*-dimethylbenzenamine

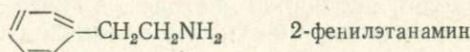
Многие соединения с группами $-\text{NH}_2$, $-\text{NH}$ и >N содержат также и другие функциональные группы. В зависимости от старшинства этих групп, соответствующие соединения могут быть названы как замещенные амины или как аминопроизводные соединений других классов.

Примером могут служить аминоспирты. Следуя порядку старшинства, принятому в правилах IUPAC и Chem. Abstr., их называют подобно спиртам.

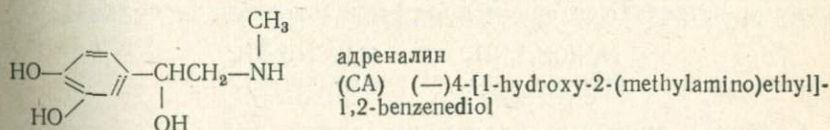


Названия моноэтаноламин и диэтаноламин образованы неправильно и их следовало бы избегать*.

2-Фенилэтанамин (по Chem. Abstr.)** является родоначальником большого ряда соединений, имеющих важное значение в медицине и называемых симпатомиметическими аминами (название дано за их способность влиять на функцию симпатической нервной системы):

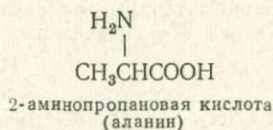
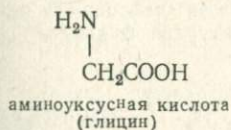


Одним из его производных является адреналин:



По Chem. Abstr. адреналин назван как производное фенола, поскольку фенольная группа старше аминной.

Аминокислоты — биологически важные соединения. α -Аминокислоты образуются при гидролизе белков. Ниже приводятся два примера таких соединений:



Дальнейшее обсуждение номенклатуры аминокислот вы найдете позднее в этой главе.

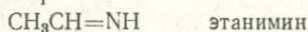
* Тем не менее именно эти названия широко применимы. — Прим. переводчика.

** По-русски также 2-фенилэтиламин или чаще β -фенилэтиламин. — Прим. переводчика.

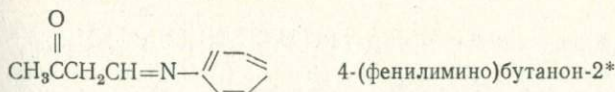
(Б). Вы неправы. В выбранной вами формуле две аминогруппы, одна первичная и одна вторичная. Однако здесь нет протяженной углеродной цепи, нужной для образования основы названия. Выбранная структура должна быть названа N-пропилпропандиамин-1,3. Изучите это название. Полностью поняв его, вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Неправильно. Выбранная вами структура — диамин, имеющий протяженную цепь из шести атомов, углерода. Однако обе аминогруппы стоят у одного атома углерода. Структура должна быть названа гександиамин-1,1. Вернитесь и выберите для гександиамина-1,6 другую формулу.

Имины это соединения, содержащие группы =NH. Их называют, прибавляя окончание *-имин* к названию соответствующего углеводорода. Например:

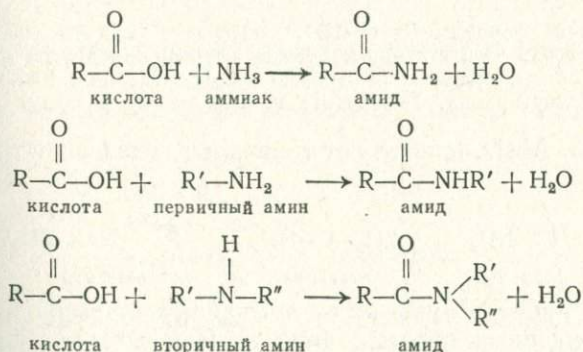


Поскольку иминная функция является самой младшей, гетерофункциональные имины называют с префиксом *имино-*, как показывает следующий пример:



3.8. АМИДЫ И ИМИДЫ

При взаимодействии аммиака, первичного или вторичного амина с кислотой образуется амид. Первоначально возникает аммонийная (или замещенная аммонийная) соль, затем отщепляется вода.

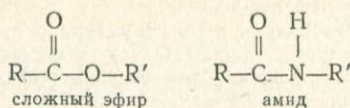


Третичные амины не вступают в реакцию с образованием амидов.

Существует определенное сходство между сложными эфирами и амидами, проявляющееся в том, что группа —NH— выступает

* Приведенное соединение относится к числу оснований Шиффа — соединений общей формулы R—N=CH—R'. Их часто называют также по входящим в них компонентам, например C₆H₅CH=NC₆H₅ бензальанилин [N-(бензилиден)анилин].
— Прим. переводчика.

вместо кислорода в качестве связующего звена между карбонильной группой $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$ и алкильной группой:



Простые амиды называют, заменяя конечную часть названий кислот *овая кислота* на окончание *-амид*. Атомы углерода нумеруют также, как в кислотах.



Каково название амида с формулой $\text{BrCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{NH}_2$?

(А) Бромбутанамид; (Б) 4-бромбутиламин; (В) 4-бромбутанамид.

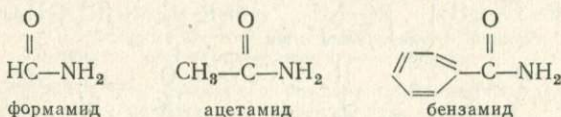
(А). Неправильно. Вы назвали соединение заданной формулы бромбутанамидом. Существует, однако, возможность расположить бром у разных атомов углерода. Не будет ли любое из таких соединений бромбутанамидом? Как и всегда, проблема решается введением нумерации углеродных атомов цепи. Прибавив нужную цифру к названию, вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы ошибаетесь. Внимательно посмотрите на заданную формулу. Какова в ней функциональная группа? Это первичный амин общей формулы $\text{R}-\text{NH}_2$

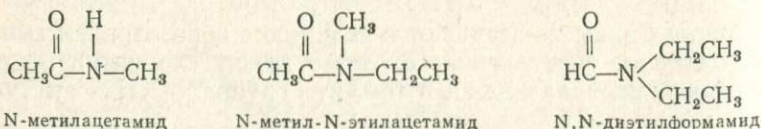
$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$ — Конечно же, это амид. Вернитесь к тексту на верху этой страницы, прежде чем выбрать другой ответ.

(В). Вы правы. Формула изображает 4-бромбутанамид. Его можно также назвать γ -бромбутирамид. Переходите к следующему разделу.

В Chem. Abstr. используют тривиальные названия трех амидов:



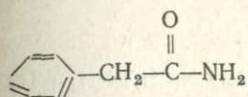
Амиды, производимые не от аммиака, а от аминов, называют как N-замещенные простых амидов. Например:



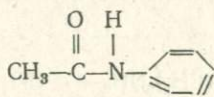
Первый из приведенных выше амидов образуется из метанамина (метиламина) и уксусной кислоты. Второй образован из N-метилэтанамина [N-(метил)этиламина] и уксусной кислоты, третий —

из N-этилэтанамина [N-(этил)этиламина] и метановой (муравьиной) кислоты.

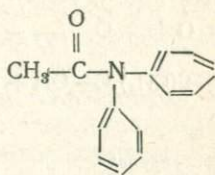
Ацетанилид, используемый как болеутоляющее средство и промежуточный продукт органического синтеза, является N-фенилацетамидом. Какая из приводимых ниже формул изображает это соединение?



(А)

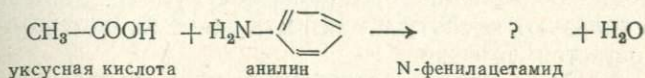


(Б)

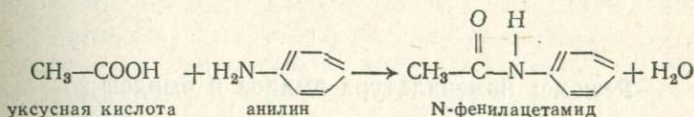


(В)

(А). Неправильно. Это не формула N-фенилацетамида. Из названия видно, что ацетанилид родственен ацетамиду CH_3CONH_2 . Он является продуктом реакции между уксусной кислотой и анилином:

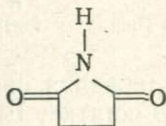


(Б). Вы правы. N-фенилацетамид является продуктом реакции между этановой (уксусной) кислотой и анилином:



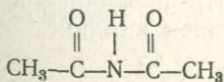
(В). Нет, это не формула N-фенилацетамида. В формуле (В) с азотом связаны две фенильные группы. Есть ли у вас основания думать так, судя по названию? Если нет, значит выбранная вами формула неверна. Вернитесь и найдите другой ответ.

Имиды это циклические вторичные амиды. Например:

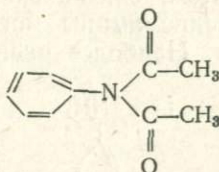


бутанимид

В прошлом имидами называли также ациклические соединения RCONHCOR , однако правильное название их — диацетамиды. Например:

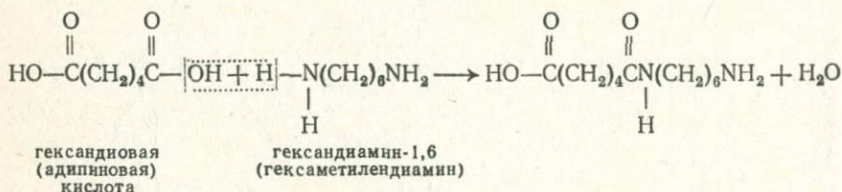


диацетамид



N-фенилдиацетамид

Амидная связь важна как для природных, так и синтетических полимеров. Синтетическое волокно *наylon-66* образуется при реакции между гександиовой кислотой и гександамином-1,6. Кроме того, выделяется вода. Ниже реакция показана на примере взаимодействия одной активной группы в каждой из молекул:

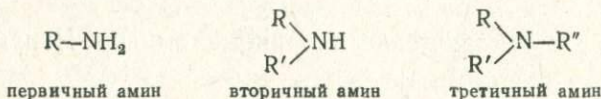


Обратите внимание на то, что оба конца образовавшейся молекулы имеют реакционноспособные функциональные группы. *Найлон-66*, полимер, образуется за счет дальнейшей реакции обоих концов с образованием длинных молекул. В реальной практике не используют кислоту и амин как таковые, однако принцип реакции остается тем же.

Цепи из аминокислот, связанных карбоксильной и аминной группами подобно амидам, часто называют пептидами. Этот вид амидной связи называют пептидной. Примеры пептидов приведены в гл. 5.

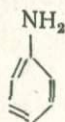
Резюме: номенклатура аминов и амидов

Амины — органические основания, производимые от аммиака. Их подразделяют на первичные, вторичные и третичные, формулы которых в общем виде могут быть изображены так:



Первичные амины называют, прибавляя окончание (суффикс) *-амин* к названию углеводородного остатка. Вторичные и третичные амины называют либо по входящим в их состав органическим остаткам, располагая их по алфавиту, либо как N-замещенные производные первичных аминов. Если необходима нумерация для указания положения заместителей, то номером 1 всегда обозначается C-атом, связанный с азотом.

Ароматические амины могут быть первичными, вторичными и третичными. Наиболее распространен анилин:



анилин
(CA) benzenamine

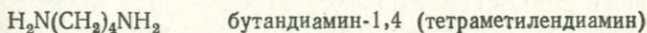
Для ряда других ароматических аминов в правилах IUPAC приняты тривиальные названия. Это анизидины, фенетидины, толуидины, ксилидины и др.

В Chem. Abstr. все вторичные и третичные моноамины индексируются как замещенные первичные амины.

Имины — соединения, содержащие иминогруппу $=NH$; их называют, добавляя окончание *-имин* к названию соответствующего углеводорода.

Аминокислоты содержат аминогруппу и карбоксильную группу. Примером может служить аминокислота (глицин). Об этих соединениях пойдет речь в следующем разделе.

Соединения, в составе которых имеется более одной аминогруппы, называют, прибавляя окончание *-диамин*, *-триамин* и т. д. к названию родоначального углеводорода или поливалентного остатка.



Амиды образуются в результате реакции между аминами (или аммиаком) и карбоновыми кислотами. Пример: $CH_3-CO-NH_2$

этанамид. Функциональная группа амидов $-CO-N$, общая формула $R-CO-NR'R''$, где R' и R'' могут быть водородом, алкильными и арильными группами. Амидные связи важны в биохимии, поскольку они соединяют аминокислоты в белках.

Имиды — это циклические вторичные амиды; их называют, отбрасывая у названий кислот окончание *-овая кислота* и прибавляя суффикс *-имид*.

АМИНЫ

Функциональная группа:	Название функциональной группы:
$-NH_2$	<i>амино</i>
$>NH$ или $=NH$	<i>имино</i>
$>N$	<i>нитрило</i>
Общие формулы:	Общее название:
RNH_2 (первичные)	<i>-амин</i>
$\begin{matrix} R \\ > \\ R' \end{matrix} NH$ (вторичные)	
$\begin{matrix} R \\ > \\ R' \\ > \\ R'' \end{matrix} N$ (третичные)	

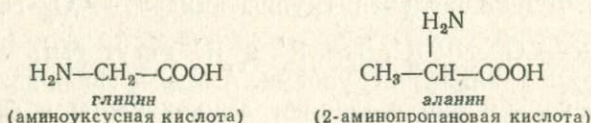
АМИДЫ

Функциональная группа: $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$ Название функциональной группы: карбамоил

Общая формула $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$ Общее название: -амид

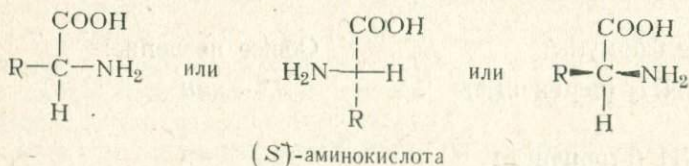
3.9. АМИНОКИСЛОТЫ

Важность аминокислот определяется главным образом тем, что они находятся в составе природных белков — главной составной части мускульных волокон, кожи, нервов, крови. Как вы уже знаете, аминокислоты содержат аминогруппу и карбоксильную группу. Два примера:



Гидролиз белков дает смесь этих и других аминокислот с аминогруппой при С-2. Обычно их называют α -аминокислотами. Сокращенная линейная структурная формула α -аминокислот $\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$.

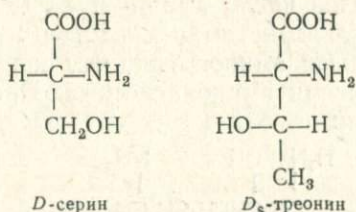
Как вы увидите ниже, все природные аминокислоты (за исключением глицина) имеют по крайней мере один хиральный центр. Аминокислоты, получаемые при гидролизе белков, оптически активны (за исключением глицина). Установление конфигурации α -углеродного атома показало, что все они имеют *S*-конфигурацию. Проекционная формула по Фишеру и перспективная формула приведены ниже:



Вы можете также встретить для природных кислот обозначение их конфигураций буквой *L* (*L*-аминокислоты): символ указывает конфигурацию α -углеродного атома.

В специальной номенклатуре углеводов (см. с. 234) символы *D*- или *L*- указывают конфигурацию хирального центра атома,

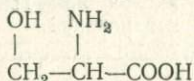
имеющего наибольший номер *. Поскольку те же символы применяются и для выражения конфигурации α -углеродного атома аминокислот, могут возникнуть недоразумения. Их предотвращают, вводя индексы: D_s и L_s , подстрочная s указывает, что в качестве стандарта использован серин:



Углеводную номенклатуру следовало бы применять к аминокислотам, используя префиксы D и L для обозначения конфигурации хирального центра с наибольшим номером, уточняя с помощью символов D_g и L_g то, что стандартом служил глицериновый альдегид. Названия D_s -треонин и L_g -треонин обозначают одну и ту же структуру **.

Однако эти дополнительные символы не получили широкого распространения. При их отсутствии следует считать, что конфигурационные префиксы относятся к α -углеродному атому аминокислот.

Каково систематическое название серина?



(А). Аминогидроксипропановая кислота; (Б). 2-амино-3-гидроксипропионовая кислота; (В). 2-амино-3-гидроксипропановая кислота.

(А). Неправильно. Название аминогидроксипропановая кислота хотя и описывает заданную структуру, однако такое название неоднозначно. Вы уже должны знать, что во всех случаях, когда могут возникнуть ошибки из-за различий в положении замещающих групп, для уточнения следует использовать локанты. Вернитесь и выберите другой ответ.

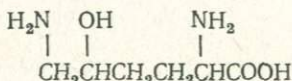
(Б). Не вполне правильно. Тривиальное название карбоновой кислоты с тремя атомами углерода — пропионовая кислота, систематическое название — пропановая кислота. Поскольку вопрос был о систематическом названии серина, то ответом должно быть: 2-амино-3-гидроксипропановая кислота. Переходите к следующему разделу.

(В). Правильно. Систематическое название серина — 2-амино-3-гидроксипропановая кислота. Переходите к следующему разделу.

* То есть самого нижнего хирального центра в стандартно написанной проекционной формуле моносахарида. — Прим. переводчика.

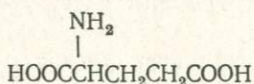
** Автор не говорит главного: одним символом в принципе нельзя выразить конфигурацию двух хиральных центров треонина: конфигурация второго скрыта в самом тривиальном названии треонин — *трео*-диастереомер, в отличие от аллотреонина — *эритро*-диастереомера. — Прим. переводчика.

Вторая часть названия — *аминокислота* — указывает на присутствие в молекуле карбоксильной группы. Однако водные растворы аминокислот могут иметь кислую или основную реакцию, в зависимости от относительной силы и числа кислотных карбоксильных групп и основных аминогрупп. Большинство аминокислот имеют одинаковое число амино- и карбоксильных групп*; их считают нейтральными аминокислотами. Некоторые аминокислоты имеют больше аминогрупп, чем карбоксильных групп, их называют основными аминокислотами. Примером может служить гидроксизин:



2,6-диамино-5-гидроксигексановая кислота (гидроксизин)

В некоторых других аминокислотах число карбоксильных групп превышает число аминогрупп: это кислые аминокислоты. Глутаминовая кислота, натриевую соль которой используют как вкусовую добавку к пищевым продуктам, является одной из них:



2-аминопентандиовая кислота (глутаминовая кислота)

Формула аспарагиновой кислоты $\text{HOOCCHCH}_2\text{COOH}$. Является ли аспарагиновая кислота основной, кислой или нейтральной аминокислотой? (А). Кислой; (Б) основной; (В) нейтральной.

(А). Вы правы. Поскольку аспарагиновая кислота имеет две карбоксильных и одну аминогруппу, она относится к кислым аминокислотам. Ее систематическое название 2-аминобутандиовая кислота. Переходите к следующему разделу.

(Б). Неправильно. Подразделение аминокислот основывается на относительном числе присутствующих в их молекулах амино- и карбоксильных групп. Если это число одинаково — аминокислота нейтральна; если та или другая функциональная группа преобладает — аминокислота оказывается либо основной, либо кислой. Внимательно посмотрите еще раз на формулу аспарагиновой кислоты, прежде чем вернуться и искать другой ответ.

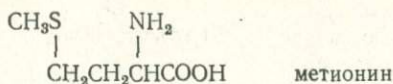
(В). Вы неправы, аспарагиновая кислота не относится к числу нейтральных. Эта классификация основана на соотношении кислотных карбоксильных групп — COOH , и основных аминогрупп — NH_2 . Еще раз посмотрите на формулу аспарагиновой кислоты и ищите другой ответ.

Восемь аминокислот известны под названием незаменимых. Это значит, что они должны обязательно присутствовать в пище человека для поддержания его жизни. Все другие аминокислоты, участвующие в обмене веществ, могут быть синтезированы организмом. Восемь незаменимых аминокислот — это изолейцин,

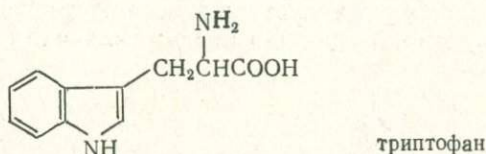
* Точнее сказать, большинство обычно встречающихся в белках аминокислот имеет в молекуле одну амино- и одну карбоксильную группу. — Прим. переводчика.

лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, триптофан и **валин**.

Метионин содержит серу и будет рассмотрен позднее. Его систематическое название 2-амино-4-(метилтио) бутановая кислота:

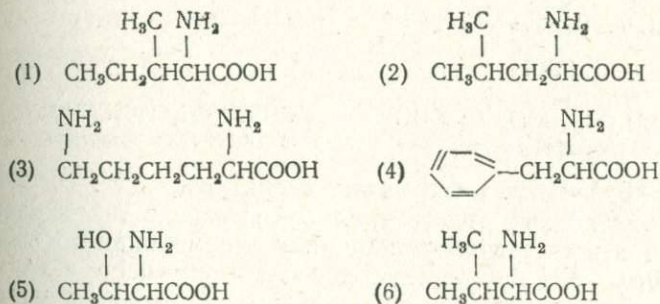


Триптофан — это (S)- α -амино- β -(1H-индолил-3)-пропановая кислота:



Систематические названия остальных шести незаменимых аминокислот вы легко поймете. Они приводятся ниже, вслед за названиями даны и структурные формулы. Напишите сначала формулы сами, затем сверьте с приведенными в тексте.

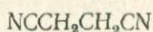
- (1) Изолейцин: 2-амино-3-метилпентановая кислота
- (2) Лейцин: 2-амино-4-метилпентановая кислота
- (3) Лизин: 2,6-диаминогексановая кислота
- (4) Фенилаланин: 2-амино-3-фенилпропановая кислота
- (5) Треонин: 2-амино-3-гидоксибутановая кислота
- (6) Валин: 2-амино-3-метилбутановая кислота



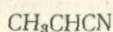
3.10. НИТРИЛЫ

Нитрилы — это соединения с группировкой $\text{—C}\equiv\text{N}$. Ациклические соединения RCN с *нитрилогруппой* $\equiv\text{N}$, замещающей три атома водорода на конце главной углеродной цепи, называют, прибавляя *-нитрил* (при двух таких группах *-динитрил*) к названию соответствующего углеводорода. Эти суффиксы отражают лишь присутствие связанного тройной связью азота, но не угле-

рода, к которому он присоединен. Если необходима нумерация, то упомянутому углероду присваивают номер 1. Например:



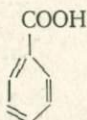
бутандинитрил



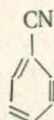
2-хлорпропаннитрил

Поскольку в Chem. Abstr. сохранено тривиальное название уксусной кислоты (acetic acid), то и соединение CH_3CN называется ацетонитрилом.

Соединения RCN можно рассматривать также как производные кислот (продукты дегидратации соответствующих амидов) и называть, заменяя принятые для кислот окончания на *-нитрил*. Например:

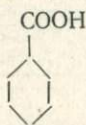


бензойная кислота



бензонитрил

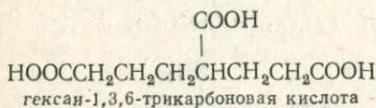
Названия нитрилов можно также образовать из названий карбоновых кислот, в которых присутствие карбоксильной группы отражено окончанием *-карбоновая кислота*, заменяя это окончание на *-карбонитрил*:



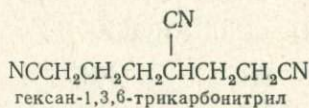
циклогексанкарбоновая кислота



циклогексанкарбонитрил



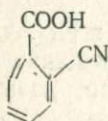
гексан-1,3,6-трикарбоновая кислота



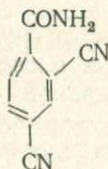
гексан-1,3,6-трикарбонитрил

Название *карбонитрил* обозначает структуру $-\text{CN}$. Из этого следует, что углеродный атом нитрильной группы в таких названиях не входит в счет атомов цепи, как это и показано выше.

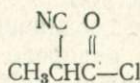
Если группа $-\text{CN}$ присутствует в соединении вместе с другой группой, имеющей приоритет над $-\text{CN}$ при образовании названия, то группу $-\text{CN}$ обозначают префиксом *циано-*, как в приводимых ниже примерах:



2-цианобензойная кислота



2,4-дицианобензамид



2-цианопропаноилхлорид

С учетом старшинства функциональных групп, приведенного на с. 178 выберите систематическое название для соединения с формулой $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$.

(А) 2-Цианоэтанол; (Б) 2-гидроксиэтаннитрил; (В) 3-гидроксипропаннитрил

(А). Неправильно. Хотя название 2-цианоэтанол описывает структуру $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$, оно ошибочно отдает предпочтение спиртовой группе. Внимательнее изучите порядок старшинства, прежде чем дать другой ответ.

(Б). Вы ошиблись, хотя правильно отдали предпочтение нитрильной функции над спиртовой. По-видимому, вы забыли, что суффикс -нитрил относится только к группировке $\equiv\text{N}$. Вернитесь и выберите другое название.

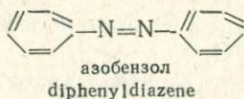
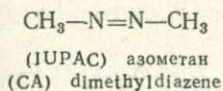
(В). Правильно. Систематическое название $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$ 3-гидроксипропаннитрил. Нитрильная функция старше гидроксильной; все три С-атома считаются входящими в состав углеродной цепи.

3.11. ДРУГИЕ АЗОСОДЕРЖАЩИЕ ГРУППЫ

Существует много классов соединений с азотсодержащими функциональными группами (кроме уже перечисленных). Среди них содержащие два атома азота: азо- и азоксисоединения, гидразины, а также соединениями диазония (см. с. 121). Среди соединений с тремя и большим числом атомов азота — амидины, амидоксимы, амидразоны, гидразидины, формазаны и другие.

Номенклатура этих соединений постепенно меняется в сторону большей систематизации. Практика Chem. Abstr. пошла при этом дальше, чем правила IUPAC. В большинстве учебников, вышедших в начале 70-х годов, используются старые названия. Это требует знакомства с разными типами номенклатуры азотсодержащих соединений.

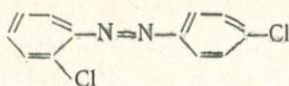
Азосоединениями называют вещества с общей формулой $\text{RN}=\text{NR}$, где группировка $-\text{N}=\text{N}-$ представляет собой азогруппу. В соответствии с правилами IUPAC, азосоединения с двумя одинаковыми группами называют, прибавляя префикс *азо* к названию родоначальной молекулы. Однако такие названия нежелательны, так как в них не выражено четко присутствие *двух* родоначальных молекул. В современной практике Chem. Abstr. эти соединения называют как производные диазена $\text{HN}=\text{NH}$, а группу $-\text{N}=\text{N}-$ называют диазенильной группой. Диазен не следует смешивать с диазином (см. с. 217). Например:



Азосоединения проявляют *цис, транс*-изомерию. У азометана устойчив лишь *транс*-изомер, у азобензола можно выделить оба изомера.

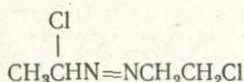
Если в родоначальных соединениях имеются заместители, к названию добавляют соответствующие локанты и обозначения

групп, причем локанты одной из составных частей снабжают штрихами. Например:



(IUPAC) 2,4'-дихлоразобензол
(CA) 1-(2-chlorophenyl)-2-(4-chlorophenyl)diazene

Приводимую ниже структуру по правилам IUPAC называют 1,2'-дихлоразотан:



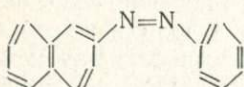
Как это соединение называют при индексировании в Chem. Abstr.?
(A) 1,2-бис(2-хлорэтил)диазен; (Б) 1-(1-хлорэтил)-2-(2-хлорэтил)диазен;
(B) бис(хлорэтил)диазен

(A). Неправильно. Для правильного использования префикса *бис-* необходимо, чтобы обе составных части были идентичными. В данном же случае они различны. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы правы. В Chem. Abstr. азосоединения называют как производные диазена. Переходите к следующему разделу.

(B). Вы ошибаетесь. Префикс *бис-* подразумевает, что составные части одинаковы. Вернитесь к заданной формуле и убедитесь, что это не так.

Если группа $-N=N-$ связывает структуры, которые различны уже в незамещенном состоянии, по правилам IUPAC названия строят, помещая обозначение *азо* между названиями родоначальных молекул с их заместителями. При этом более сложная составная часть называется первой; при необходимости между *азо* и названием соответствующей части помещают локанты, указывающие место замещения. Практика Chem. Abstr. более проста: соединение называют как замещенный диазен. Например:



(IUPAC) нафталин-2-азобензол
(CA) 1-(2-naphthalenyl)-2-phenyldiazene

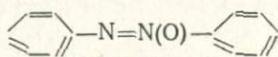
Хотя второе название длиннее и кажется более сложным, в действительности его легче понять, оно более однозначно.

Азоксисоединения имеют общую формулу $R-N=N(O)-R$

или $R-N=\overset{\text{N}}{\underset{\text{O}}{\downarrow}}-R$. Если положение связанного с азотом кислорода

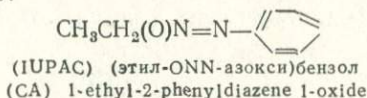
неизвестно или не имеет значения, то эти вещества называют точно так же, как азосоединения, заменяя лишь *азо* на *азокси*.

В Chem. Abstr. подобные соединения называют как оксиды замещенных диазенов. Например:

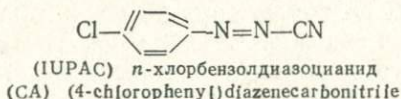


(IUPAC) азоксибензол
(CA) diphenyldiazene oxide

Для того чтобы указать положение кислорода в несимметричном азоксисоединении, по правилам IUPAC используют обозначения ONN или NNO, в зависимости от того, первая или вторая из родоначальных групп непосредственно связана с группой —NO—. Например:

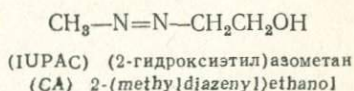
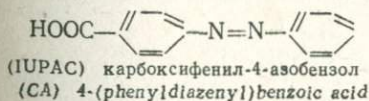


Другой класс соединений, содержащий группировку —N=N—, обычно называют *диазосоединениями*. Их общая формула $\text{RN}=\text{NX}$, от азосоединений их отличает то, что группа X не связана с азотом через атом углерода (за исключением $\text{X} = \text{CN}$). По правилам IUPAC названия таких соединений составляют из трех частей: 1) Название родоначального соединения; 2) частица *диазо*; 3) название группы X. В Chem. Abstr. основой названий для этих соединений служит диазен. Например:

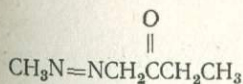


Использование диазена как родоначального соединения заметно упрощает названия азо-, азокси- и диазосоединений.

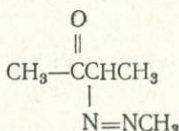
Поскольку соединения азота относятся к числу младших функций, присутствие в соединении другой функциональной группы обычно переводит обозначение группы —N=N— в префикс, придавая ей роль заместителя. Примером служат приводимые ниже названия по правилам Chem. Abstr.:



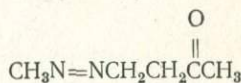
Какая из приводимых ниже структур изображает 4-(метилдiazенил) бутанон-2?



(A)



(B)



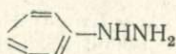
(B)

(A). Неправильно. Вы забыли, что нумерация углеродной цепи в кетонах начинается с того конца, который ближе к карбонильной группе. Помните об этом, вернитесь и выберите другой ответ.

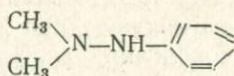
(B). Не точно. Главная цепь в выбранной вами структуре действительно принадлежит бутанону-2, однако метилдiazенильная группа в выбранной структуре не является заместителем у четвертого атома углерода. Вернитесь и тщательно выберите другой ответ.

(B). Правильно. Эта структура изображает 4-(метилдiazенил) бутанон-2. Переходите к следующему разделу.

Из предыдущего текста вы можете заключить, что разумным названием для H_2NNH_2 может быть *диазан*. Такая рекомендация на самом деле существует. В действительности же как в правилах IUPAC, так и в Chem. Abstr. это соединение называют *гидразином*. Его производные представляют определенный интерес. Одним из них является *фенилгидразин* (фенилдиазан):

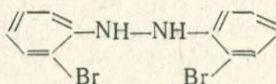


Если необходимо, атомы азота получают номера 1 и 2:

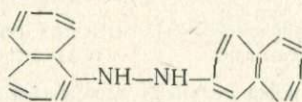


(IUPAC и СА) 1,1-диметил-2-фенилгидразин
(рекомендация) 1,1-диметил-2-фенилдиазан

Правила IUPAC позволяют применить и другой подход к составлению названий соединений типа RNHNR' , если группы R и R' производятся от молекул, которые в незамещенном состоянии идентичны. Их называют подобно азосоединениям, используя вместо *азо* частицу *гидразо*. Рекомендуется также называть их как замещенные диазаны, например:

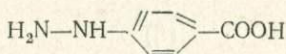


(IUPAC и СА) 2,2'-дибромгидразобензол
(рекомендация) 1,2-бис(2-бромфенил)диазан



(IUPAC и СА) 1,2'-гидразонафталин
(рекомендация) 1-(нафталинил-2)-2-(нафталинил-1)диазан

Если присутствует старшая функциональная группа, используют префикс *гидразино-*, как показано ниже:

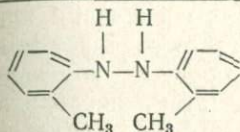


(IUPAC и СА) 4-гидразинобензойная кислота
(рекомендация) 4-диазанилбензойная кислота

Дальнейшим шагом могло бы быть использование для аммиака NH_3 названия *азан*, однако маловероятно, что такое изменение будет предложено, а тем более принято. Возможно, однако, что гидроксилламин NH_2OH будет назван *азанолом* (см. метанол, с. 143).

Ниже приведено упражнение, в котором вам необходимо заполнить свободные строки:

Структурная формула	Название по IUPAC	Название по CA
	Диэтилендиазен	
	1-Метиленазотен	



Ответы

$\text{CH}_2=\text{CHN}=\text{NCH}=\text{CH}_2$	Азотен	
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}=\text{NC}=\text{CH}_2$	Гидразо- <i>o</i> -толуол	(1-Метилэтилен)этилендиазен 1,2-Бис(2-метилфенил)гидразин

АЗОСОЕДИНЕНИЯ

Функциональная группа: —N=N—	Название функциональной группы: азо (IUPAC) диазендиил (CA)
Общая формула: RN=NR	Общее название: азо-... (IUPAC) ...диазен (CA)

ДИАЗОСОЕДИНЕНИЯ

Функциональная группа: —N=N—	Название функциональной группы: диазо- (IUPAC) дiazендиил (CA)
Общая формула: RN=NX (где X — галоген, цианид, гидроксил)	Общее название: дiazо-... (IUPAC) ...дiazен (CA)

ГИДРАЗОСОЕДИНЕНИЯ

Функциональная группа: —NH—NH—	Название функциональной группы: гидразо (IUPAC и CA) 1,2-дiazандиил (рекомендация)
Общая формула: RNH—NHR	Общее название: гидразо-... (IUPAC и CA) ...дiazан (рекомендация)

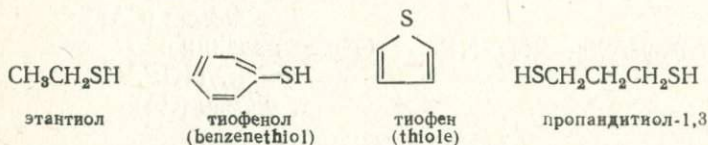
3.12. ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ СЕРЫ

Многие типы органических соединений содержат серу. Поскольку сера имеет то же число валентных электронов, что и кислород, она может полностью или частично заменять кислород в целом ряде соединений. Некоторые из них мы рассмотрим в этом разделе.

В названиях органических серосодержащих соединений ключевую роль играет термин *тио*. Он почти всегда обозначает замещение кислорода серой. Частицу *тио*, как правило, помещают перед названием кислородсодержащей группы (атома кислорода). Например, суффикс *ол* обозначает —ОН, *тиол*—SH. Точно так же как суффикс *он* обозначает =О, связанный с углеродом, *тион* обозначает =S, т. е. серу, связанную двойной связью с углеродом.

Тио следует отличать от *тиа*: последний термин обычно означает замещение метиленовой группы серой или присутствие серы в гетероциклической системе.

Тиолы — сернистые аналоги спиртов и фенолов. Их называют, прибавляя суффикс (окончание) *тиол* к названию родоначального углеводорода или циклической системы. Суффикс *тиол* не следует смешивать с названием тиол для гетероциклической системы по Ганчу—Видману (см. также с. 217):



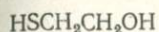
В прошлом для этих соединений использовали названия, составленные из обозначений алкильных (арильных) групп и окончания *-меркаптан*. Эта практика отвергнута как в правилах IUPAC, так и в Chem. Abstr. Соответствующий термин использован лишь в префиксе *меркапто-*, применяемом для обозначения незамещенной SH-группы как заместителя.

Большинство тиолов имеют неприятный запах. Этантиол можно обнаружить по запаху в воздухе, где его содержание составляет 1 : 50 000 000 *.

Замещенные меркаптогруппы RS-называют алкилтиогруппами. Если они входят в состав соединений, имеющих кроме того еще другую, старшую функциональную группу (карбоксил, амино-

* Это свойство позволяет использовать этантиол как ничтожную добавку к природному газу, поступающему в бытовую сеть, что позволяет по запаху обнаружить утечку газа. — Прим. переводчика.

группа, гидроксил), то используют соответствующий префикс:



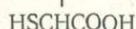
2-меркаптоэтанол



2-(этилтио)этанол



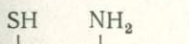
4-меркаптобензойная кислота



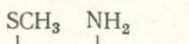
2,3-димеркаптобутандиовая кислота

Группы —SH и RS— встречаются во многих белках, в особенности в ферментах.

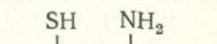
Метионин, одна из незаменимых аминокислот, это 2-амино-4-(метилтио)бутановая кислота. Какова его структурная формула?



(А)



(Б)



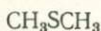
(В)

(А). Неправильно. Сравните название со структурой часть за частью. В названии вы найдете нечто, отсутствующее в выбранной вами формуле: это метильная группа. Прочтите еще раз с. 206 для того, чтобы понять, где поместить эту группу в формуле.

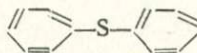
(Б). Правильно. L-форма метионина — одна из восьми незаменимых аминокислот. Переходите к следующему разделу.

(В). Вы неправы. Метионин это 2-амино-4-(метилтио)бутановая кислота. Посмотрите внимательно на выбранную вами формулу. Обратите внимание на то, что она имеет пять атомов углерода в цепи. Следовательно, это производное пентановой кислоты, не так ли? В вашей формуле имеется меркаптогруппа, в названии говорится о метилтиогруппе. Сделайте эти два изменения и затем выберите другой ответ.

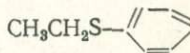
Сульфиды являются сернистыми аналогами простых эфиров и имеют общую формулу R—S—R. Их номенклатура аналогична номенклатуре простых эфиров. По правилам IUPAC их называют сульфидами, однако в Chem. Abstr. этот термин не применяется. Вот несколько примеров:



(IUPAC) диметилсульфид
(CA) thiobismethane

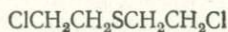


дифенилсульфид
1,1'-thiobisbenzene



фенилэтилсульфид
(ethylthio)benzene

Горчичный газ (иприт), одно из боевых отравляющих веществ, в действительности не газ, а маслянистая жидкость с т. кип. 217 °С. Его сокращенная структурная формула:



Каково систематическое название по правилам IUPAC?

(А). 2-Хлорэтилдисульфид; (Б) бис(2-хлорэтил)сульфид; (В) 2-хлорэтилсульфид

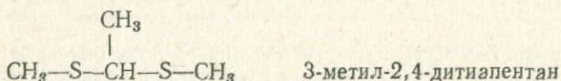
(А). Неправильно. Органические сульфиды имеют общую формулу R—S—R. Соединения, называемые дисульфидами, имеют общую формулу R—S—S—R.

К какому же из этих двух семейств принадлежит горчичный газ с приведенной выше формулой? Вернитесь и выберите другой ответ.

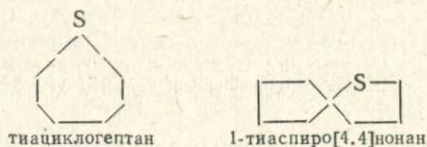
(Б). Правильно. Умножающий префикс *бис-*, *трис-* и т. д. используется для того, чтобы избежать недоразумений в тех случаях, когда сложная замещающая группа встречается в органической молекуле более одного раза. Горчичный газ, имея две 2-хлорэтильные группы, должен иметь в названии префикс *бис-*; его название по правилам IUPAC бис(2-хлорэтил)сульфид. В указателях Chem. Abstr. используется название 1,1'-тиобис[2-хлорэтан]. Переходите к следующему разделу.

(В). Неправильно. В случае сложных групп, каковой является и 2-хлорэтильная, необходимо использовать умножающие префиксы *бис-*, *трис-* и т. д. Правильное название горчичного газа бис(2-хлорэтил)сульфид. Название в указателях Chem. Abstr. 1,1'-тиобис[2-хлорэтан] [1,1'-thiobis[2-chloroethane]].

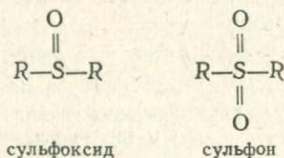
Когда в углеродной цепи несколько С-атомов заменены атомами серы и названия сульфидов становятся сложными, можно использовать заменительную номенклатуру. Замену обозначают префиксом *тиа*, при необходимости с умножающими приставками. Этот способ аналогичен построению названий кислородсодержащих соединений с префиксом *окса* (см. с. 183). Например:



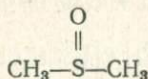
Циклические сульфиды называют либо по заменительной номенклатуре, либо по системе Ганча—Видмана, которая будет обсуждена в гл. 4.



Сульфоксиды и сульфоны — соединения, в состав которых входит как сера, так и кислород. Их общие формулы:



Метилсульфоксид используется как органический растворитель



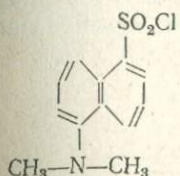
В настоящее время он приобрел известность под названием диметилсульфоксид (ДМСО).

Chem. Abstr. отбросил при индексировании термины сульфоксид и сульфон. Эти вещества называют, соответственно, сульфинильными и сульфонильными соединениями. Сульфинильная

группа это >S=O , *сульфонильная* $\begin{matrix} \diagup & \text{O} \\ & \parallel \\ \diagdown & \text{S} \\ & \parallel \\ & \text{O} \end{matrix}$. ДМСО индексируется

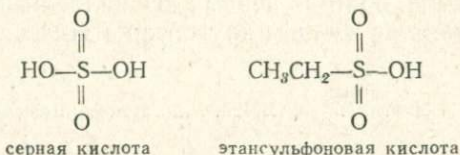
как сульфенилбисметан.

Сульфенилгалогениды часто используются как промежуточные продукты синтеза. Один из них, с тривиальным названием *дансил-хлорид*, используется для превращения концевых аминогрупп в белках в сульфонамиды, которые более устойчивы к гидролизу.



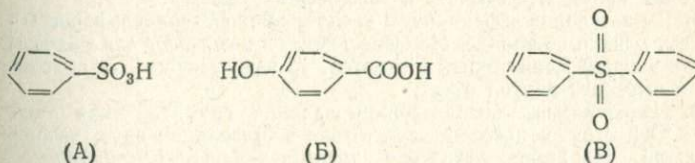
5-(диметиламино)нафталин-1-сульфонилхлорид (дансилхлорид)

Сульфоновые кислоты содержат функциональную группу $-\text{SO}_3\text{H}$. Их можно рассматривать как продукты замещения одной из гидроксильных групп серной кислоты на алкильный или арильный остаток *:



Названия этих соединений образуют, прибавляя функциональное окончание *-сульфовая кислота* ** к названию соответствующего углеводорода. Их общая формула RSO_3H .

Бензолсульфокислота — важный промежуточный продукт в органическом синтезе. Какова ее формула?



(А). Вы правы. Продолжите работу, перейдя к следующему разделу.

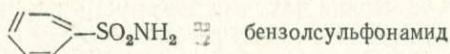
(Б). Неправильно. Формула не имеет нужной функциональной группы $-\text{SO}_3\text{H}$: это производное бензойной кислоты, карбоновая кислота. Вернитесь и выберите другой ответ.

* В оригинале к этой фразе сделано замечание: «хотя их этим путем не получают». Это явная ошибка: именно такая замена и происходит при реакции сульфирования. — *Прим. переводчика.*

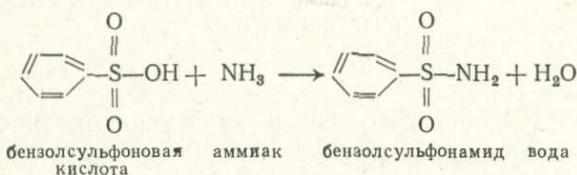
** В русской номенклатуре используют также и более сокращенную форму окончания: *-сульфокислота*. — *Прим. переводчика.*

(В). Вы ошибаетесь, это не формула сульфоновой кислоты, в ней нет нужной функциональной группы — SO_3H . Если вы еще раз прочтете с. 208, то увидите, что выбранная вами формула изображает дифенилсульфон, который в Chem. Abstr. индексируется как сульфонилбисбензол.

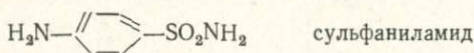
Сульфоновые кислоты образуют сложные эфиры и амиды. Например, амид бензолсульфокислоты имеет формулу и название:



Амид можно формально рассматривать как продукт реакции между гидроксильной группой кислоты и аммиаком, как показано ниже:



Сульфаниламид, один из первых лекарственных сульфамидных препаратов, является амидом другой ароматической сульфоновой кислоты:



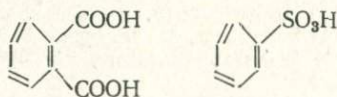
Формула сульфаниловой кислоты $\text{H}_2\text{N—C}_6\text{H}_4\text{—SO}_3\text{H}$. Каково ее систематическое название?

(А) 4-Аминобензолсульфовая кислота; (Б) аминокислота; (В) 4-аминофенилсульфовая кислота.

(А). Вы правы. Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы назвали сульфаниловую кислоту аминокислотой. Вы правы, однако не вполне. Не существует ли иных мест для размещения аминогруппы в ядре? Если таковые имеются, то надо уточнить ее положение. Вернитесь и выберите другой ответ.

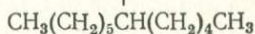
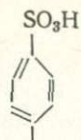
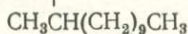
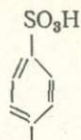
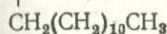
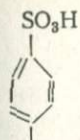
(В). Неправильно. Когда функциональная группа, такая как $\text{—SO}_3\text{H}$ или —COOH , стоит в качестве заместителя в бензольном ядре, название *бензол* сохраняется. Например, фталевая кислота — бензол-1,2-дикарбоновая; соответственно бензолсульфокислота:



Вернитесь и выберите другой ответ.

Соли алкилированных бензолсульфокислот находят применение как детергенты (моющие средства). Они могут быть как сме-

сями, так и индивидуальными веществами. Типичные формулы приводятся ниже:



Ароматическое ядро может стоять у любого из С-атомов двенадцатуглеродной цепи. Детергенты с кольцом вблизи конца цепи считаются наиболее эффективными.

ВНИМАНИЕ! КАК ИЗБЕЖАТЬ ЛОВУШЕК НОМЕНКЛАТУРЫ!

Номенклатура органических соединений постоянно развивается и совершенствуется. Вы уже замечали, что практика Chem. Abstr. часто отличается от правил IUPAC. Заслуживают внимания некоторые распространенные ошибки, которые возникают из-за неточного применения правил*.

Широко распространенная ошибка — использование названий, производимых частично от одной, частично от другой системы номенклатуры. Например, изопропиловый спирт — это правильное тривиальное название для пропанола-2, а название изопропанол — это нежелательная комбинация систематического и тривиального названий.

Выбор старшей функции для составления названия гетерофункционального соединения должен производиться в соответствии со старшинством, приводимым в приложении 3. Например, для структуры $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ правильное название 3-гидроксипропановая кислота, а не 2-карбоксивпропанол-1, потому что спирты уступают в старшинстве кислотам.

Необходимо также избегать разделения промежутками тех названий, которые этих промежутков не имеют. Как правило, соединение, полученное замещением атома водорода каким-либо другим атомом или группой называется следующим образом: к названию незамещенного соединения присоединяется без промежутка приставка, соответствующая заместителю. Метилбензол правильно писать слитно, потому что бензол — это название соединения, в котором метил присутствует как заместитель. С другой стороны, уксусная кислота пишется раздельно, потому что «кислота» это не название конкретного соединения.

Радикало-функциональные названия простых эфиров, ангидридов пишутся по-русски раздельно, в английском языке из двух слов состоят также названия кетонов, сульфидов и ряда других соединений: диэтилкетон по-русски, но diethyl ketone по-английски; уксусный ангидрид и acetic anhydride. Термин «амин» в названиях соединений никогда не пишется отдельно: верным является написание метиламин, а не метил амин.

Приставки, которые присоединяются к названию через дефис и часто выделяются курсивом, не должны писаться с заглавной буквы в начале предложения. Вот некоторые из этих приставок: *цис-*, *транс-*, *орто-*, *мета-*, *пара-*. То же самое справедливо и для таких сокращений, как *о-* *м-*, *п-*, *втор-*, *трет-*, *н-*. Правильно выделять заглавные буквы в начале предложения следующим

* В текст этого раздела при переводе пришлось внести много изменений, поскольку английские и русские способы написания названий во многих деталях различаются. — *Прим. переводчика.*

образом: *цис*-Бутен, но не «*Цис*-бутен», «*втор*-Бутиловый спирт», но не «*Втор*-бутиловый спирт».

Также обстоит дело и с приставками, которые представляют собой заглавную букву: «N-Метилацетамид», но не «N-метилацетамид».

Когда же все эти термины используются в качестве прилагательных, то все они пишутся в начале фраз с заглавной буквы, как например в начале следующей фразы: — «*Цис*-изомеры являются...»

Номенклатура органических соединений в химической литературе сегодня заметно упорядочена по сравнению с недавним прошлым. Тем не менее некоторые ошибки в номенклатуре еще встречаются и студент должен уметь распознавать их, чтобы потом избегать в своей работе.

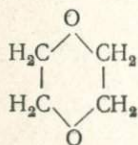
ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Любой атом или группа атомов, способных образовывать две или большее число ковалентных связей, могут стать звеньями гетероциклических колец. Наиболее часто в этой роли приходится встречать (наряду с углеродом) атомы азота, кислорода и серы. В последние годы возрастающее внимание привлекают к себе также гетероциклы, содержащие фосфор, кремний и бор.

В справочнике «Ring Index» (*Patterson A. M., Capell L. T., Walker D. F. The Ring Index. 2ed., Washington, Amer. chem. Society, 1960, 1425 p.*) перечислено более 15 тысяч карбоциклических и гетероциклических систем. Нет возможности изложить здесь систематическую номенклатуру всех этих систем: мы обсудим лишь основные правила и рассмотрим достаточное число примеров для того, чтобы вы были способны понимать названия наиболее распространенных гетероциклических систем.

Вы уже знакомы с тем, что тривиальные названия, к сожалению, занимают большое место в литературе и в повседневной практике химиков. Таково же положение и с гетероциклическими соединениями. Если существует принятое тривиальное название, мы будем приводить его в скобках после систематического названия. Chem. Abstr для своих целей провел ряд уточнений правил IUPAC; о некоторых из этих уточнений также будет сказано ниже.

Предлагаемые систематические названия будут ограничены моноциклическими системами. Названия такого рода соединений с 3—10 звеньями основаны на расширенной системе Ганча—Видмана. Каждое из названий по этой системе состоит из двух частей: одного или нескольких префиксов, обозначающих гетероатомы, за которыми следует основа названия, указывающая число атомов в кольце и зависящая от того, есть ли в кольце атом азота, является ли кольцо насыщенным или нет. Прежде чем познакомиться с деталями, рассмотрим один пример. Диоксан — распространенный растворитель и средство для удаления краски, по своему строению является 1,4-диоксаном. О чем говорит это название?



1,4-диокс(а)-ан

гетероатомы в положениях 1 и 4, оба гетероатома—кислороды, шестичленное кольцо, без азота, насыщенное

Обратите внимание на то, что буква «а» в суффиксе «окса» опускается, если основа названия начинается с *a* или другой гласной.

Две основных составных части для построения названий — списки префиксов и основ названий, приведены в табл. 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1. Префиксы заместительной номенклатуры в порядке падающего старшинства

Элемент	Группа периодической системы	Степень окисления	Префикс	Элемент	Группа периодической системы	Степень окисления	Префикс
Кислород	VIA	II	окса	Висмут	VA	III	висмута**
Сера	VIA	II	тиа	Кремний	IVA	IV	сила
Селен	VIA	II	селена	Германий	IVA	IV	герма***
Теллур	VIA	II	теллура	Олово	IVA	IV	станна
Азот	VA	III	аза	Свинец	IVA	IV	плюмба
Фосфор	VA	III	фосфа*	Бор	IIIA	III	бора
Мышьяк	VA	III	арса*	Ртуть	IIВ	II	меркура
Сурьма	VA	III	стиба*				

* Если за префиксом в названии непосредственно следует «ин», то вместо фосфа употребляют фосфор, вместо «арса» — «арсен», вместо «стиба» — «антимон».

** Chem. Abstr. в настоящее время употребляет «бисма», что ранее использовалось и в правилах IUPAC.

*** В Chem. Abstr. «герма» превращается в «герман», если непосредственно за префиксом в названии следует «ин».

Старшинство, данное в табл. 4.1, падает по мере уменьшения номера группы периодической системы и по мере возрастания атомного номера в пределах группы. Как вы видите, все элементы VI группы предшествуют элементам V группы и т. д. Внутри групп старшинство падает сверху вниз.

Теперь об основах названий в системе Ганча—Видмана. Они используются для моноциклических систем с числом звеньев от трех до десяти. Для выбора слогов, обозначающих кольца с 3, 4 и 7—10 звеньями, есть некоторые логические основания, которые показаны ниже:

Число звеньев	Слог	Его происхождение
3	ир (ir)	<u>tri</u>
4	ет (et)	<u>tetra</u>
7	еп (ep)	<u>hepta</u>
8	ок (oc)	<u>octa</u>
9	он (on)	<u>nona</u>
10	ец (ec)	<u>deca</u>

[* В общем виде можно было бы сказать, что для циклов с 4, 7, 9 и 10 звеньями основой названия служат вторая и третья буквы

Таблица 4.2. Основы названий по Ганчу—Видману

Число атомов в цикле	Азотсодержащие циклы		Циклы, не содержащие азот	
	ненасыщенные *	насыщенные	ненасыщенные *	насыщенные
3	-ирин	-иридин	-ирен	-иран
4	-ет	-етидин	-ет	-етан
5	-ол	-олидин	-ол	-олан
6	-ин **	***	-ин **	-ан ****
7	-епин	***	-епин	-епан
8	-оцин	***	-оцин	-оцан
9	-онин	***	-нин	-нан
10	-ецин	***	-ецин	-ецан

* Основы названий для соединений с максимальным числом некумулированных двойных связей при валентности гетероатомов, указанной в табл. 4.1.

** Особые правила для фосфора, мышьяка, сурьмы и германия — см. в примечаниях в табл. 4.1.

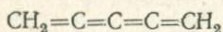
*** Называют с помощью префикса «пергидро», добавляемого к названию соответствующего ненасыщенного соединения. В практике Chem. Abstr. используются префиксы «тетрагидро», «гексагидро» и т. д.

**** Не применяется для кремния, германия, сурьмы и свинца: в этих случаях добавляют префикс «пергидро» к названию ненасыщенного соединения. В практике Chem. Abstr. употребляют тетрагидро, гексагидро и т. д. В практике Chem. Abstr. насыщенные шестичленные гетероциклы с бором или фосфором имеют основу названия -инан.

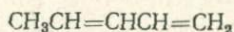
соответствующих греческих числительных; для 5- и 6-членных циклов — соответственно *ол* и *ин* (от наиболее распространенных гетероциклов: пиррол и пиридин); для 8-членного кольца — первые две буквы греческого числительного. — Прим. переводчика. *]^a

В табл. 4.2 подразумевается, что ненасыщенность означает наличие максимального числа некумулированных двойных связей при нормальной валентности (степени окисления) гетероатомов, приведенной в табл. 4.1. Рассмотрим это положение более внимательно.

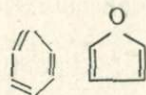
Кумулированными называют двойные связи, непосредственно примыкающие друг к другу (по меньшей мере три последовательных атома связаны двойными связями). Некумулированным является любое другое расположение двух или большего числа двойных связей в единой структуре.



кумулированная система связей



некумулированные системы связей



Использование основы названия, принятой для ненасыщенных соединений, предполагает наличие в называемой структуре максимально возможного числа некумулированных двойных связей.

(^a) В этом месте опущена фраза оригинала, поясняющая английскую запись названий, но не имеющая смысла в русском тексте. — Прим. переводчика.

Например, бензол удовлетворяет этому условию, циклогексадиен-1,3 не удовлетворяет:

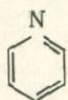


бензол



циклогексадиен-1,3

Ниже приводятся другие примеры циклических систем с максимально возможным числом некумулированных двойных связей с их названиями:

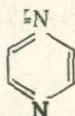


(IUPAC)
(CA)

азин
пиридин



оксол
фуран



1,4-дiazин
пиразин

Диазин не следует путать с *диазеном* $\text{HN}=\text{NH}$.

В Chem. Abstr. приводимое ниже соединение индексируется под тривиальным названием тиофен. Каково его название по системе Ганча—Видмана (см. табл. 4.1 и 4.2).



(A) Тиолан;

(Б) тиол;

(В) тиет

(А). Неправильно. Посмотрев еще раз на табл. 4.2, вы убедитесь, что *-олан*—это основа для насыщенного соединения. Ищите другой ответ.

(Б). Правильно. Тиофен по Ганчу—Видману получает название тиол*. Переходите к следующему разделу.

(В). Вы ошибаетесь. Еще раз посмотрите табл. 4.2. Основа *ет* используется для четырехчленного кольца, тиофен же имеет кольцо пятичленное. Составьте правильное название и посмотрите, есть ли оно среди приведенных выше вариантов ответов.

В некоторых случаях возможно существование нескольких структур с максимальным числом некумулированных двойных связей. Так, обе приводимые ниже структуры оксина имеют по две двойных связи:



(IUPAC)
(CA)

2H-оксин
2H-пирин



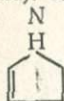
4H-оксин
4H-пирин

Различие между ними проводят, указывая локализацию «особого» водорода с помощью локанта и прописного Н. Этот символ

* Название этого гетероцикла по-английски пишется *thiole*, отличаясь от названия группы HS —*thiol*. В русском языке это различие пропадает и название «тиол» для тиофена в отечественной номенклатуре совершенно неприемлемо. — Прим. переводчика.

указывает положение насыщенного атома, необходимого для создания определенной устойчивой циклической структуры.

«Особый» водород необходим и для уточнения структуры азола (по СА пиррола). Ниже показан 1Н-азол. Какой еще изомер может существовать?



(А) 2Н-;

(Б) 2Н- и 3Н-;

(В) нужна помощь

(А). Вы частично правы, указав, что существуют изомерные 1Н- и 2Н-азолы



Однако возможно еще и существование 3Н-азола. Напишите его формулу и посмотрите, чем она отличается от первых двух. После этого прочтите ответ (Б).

(Б). Вы правы. Ниже показаны три изомерных азола:



Каждый из них представляет собой определенную устойчивую циклическую систему. Переходите к следующему разделу.

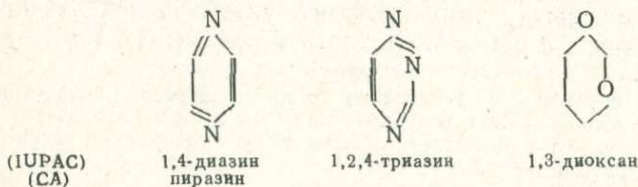
(В). Вы нуждаетесь в помощи. Посмотрите на циклическую структуру азола без двойных связей:



Поскольку кольцо пятичленное, в нем может быть не более двух некумулированных двойных связей. Вопрос заключается в том, сколько может существовать разных расположений этих двух некумулированных двойных связей? Как их можно отличить друг от друга? Ответом на второй вопрос служит отметка «особого» водорода для указания положения насыщенного атома, т. е. не участвующего в двойных связях. Найдите ответ на первый из заданных выше вопросов, затем вернитесь и выберите ответ.

Как вы должны догадаться, гетероатом получает локант 1.

Если в кольце присутствует несколько одинаковых гетероатомов, то используют соответствующий префикс, а нумерацию выбирают так, чтобы получить минимальный набор локантов. Например:



Если в цикле находятся два разных гетероатома, порядок перечисления следует понижающемуся номеру группы периодической системы и повышающемуся атомному номеру внутри групп (т. е. старшинству по табл. 4.1). Ниже приведены два примера:



1,2-оксатиолан



1,3-тиазол

Тривиальное название приводимой ниже структуры, используемое в Chem. Abstr., — фуразан. Каково систематическое название по Ганчу—Видману?



- (А) 1,2,5-Оксазол;
 (Б) 2,5-оксадиазол;
 (В) 1,2,5-оксадназол

(А). Вы ошибаетесь. В структуре три гетероатома — один кислород и два азота. В названии 1,2,5-оксазол указаны только два — один кислород, один азот. Выберите другой ответ.

(Б). Неправильно. В структуре три гетероатома, в выбранном же вами названии только два локанта. Для каждого гетероатома нужен локант. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Правильно. Систематическое название фуразана — 1,2,5-оксадназол. В нем указаны три гетероатома и положение каждого из них определено локантом. Переходите к следующему разделу.

Если число двойных связей меньше максимального, то для указания числа присоединенных атомов водорода к названию добавляют соответствующие префиксы. Число присоединенных Н-атомов всегда четное, поскольку для насыщения каждой двойной связи необходимы два атома водорода. Несколько примеров иллюстрируют сказанное:

Максимальная
ненасыщенность



(IUPAC)
(CA)

оксол
фуран

Частичное
насыщение



[2,3-дигидрооксол
2,3-дигидрофуран

Полное
насыщение



оксолан
тетрагидрофуран

Какая из приведенных ниже структур представляет собой 2,3-дигидроазин (название по СА; 2,3-дигидропиридин)?



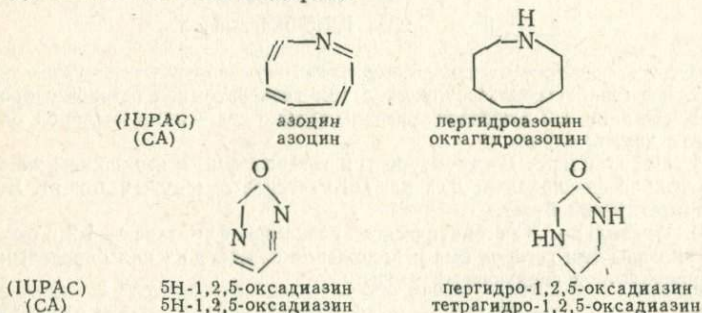
(А). Ошибочный ответ. Выбранная вами структура имеет три двойных связи — максимальное число некумулярированных двойных связей, которое может находиться в шестичленном кольце. Это структура азина (пиридина). Какая струк-

тура возникнет, если присоединить водород к двойной связи между углеродными атомами 2 и 3? Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Вы правы. Переходите к следующему разделу.

(В). Неправильно. Возможно вы забыли, что гетероатом получает номер 1. Выбранная вами структура — 3,4-дигидроазин. Вернитесь и выберите другой ответ.

Как видно из табл. 4.2 полностью насыщенные циклы с 6—10 звеньями, содержащие азот, по правилам IUPAC называют, прибавляя префикс *пергидро-* к названию ненасыщенного соединения. В зависимости и числа двойных связей в ненасыщенном кольце может присоединиться различное число атомов водорода. Chem. Abstr. стремится избегать неоднозначных терминов, поэтому здесь не используют префикс пергидро, а точно указывают число присоединенных атомов водорода.



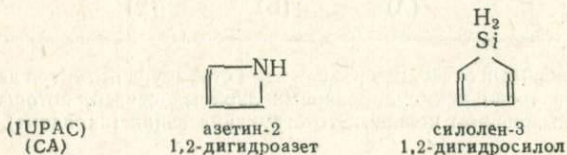
В правилах IUPAC для четырех- и пятичленных циклов с одной двойной связью используются особые термины как основа названий. Они приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3. Основы названий по Ганчу—Видману для частично гидрированных циклов

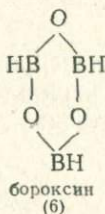
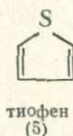
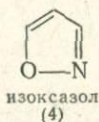
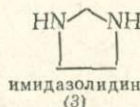
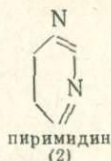
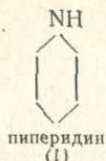
Число звеньев в цикле	Для циклов, содержащих азот	Для циклов, не содержащих азота
4	-етин	-етен
5	-олин	-олен

Положение двойной связи указывается, как обычно, с помощью локанта.

В Chem. Abstr. отказались от применения этих специальных окончаний и называют эти структуры как дигидропроизводные соответствующих ненасыщенных соединений. Ниже приведены два примера:



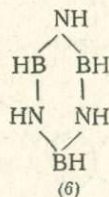
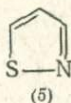
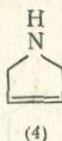
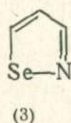
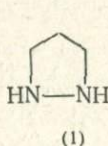
Пришло время попрактиковаться. Ниже приведены шесть гетероциклических структур, которые в Chem. Abstr. индексируются под своими тривиальными названиями. Составьте для них систематические названия и сверьте их с напечатанными ответами.



(1) по IUPAC: пергидроазин; (2) по IUPAC: 1,3-дiazин; (3) по IUPAC: 1,3-диазолидин; (4) по IUPAC: 1,2-оксазол; (5) по IUPAC: тиол*; (6) по IUPAC: 1,3,5-триокса-2,4,6-боринан (обратите внимание на окончание «инан», указывающее насыщение).

Ниже даны еще подюжны соединений, которые в Chem. Abstr. индексируются под своими тривиальными названиями. Напишите их структуры и сверьте с изображенными ниже.

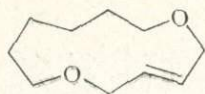
- (1) по IUPAC: 1,2-дiazолидин; по СА: пиразолидин
 (2) по IUPAC: пергидро-1,4-оксазин; по СА: морфолин
 (3) по IUPAC: 1,2-селеназол; по СА: изоселеназол
 (4) по IUPAC: 3-азолин; по СА: 3-пирролин
 (5) по IUPAC: 1,2-тиазол; по СА: изотиазол
 (6) по IUPAC: пергидро-1,3,5-триаза-2,4,6-триборин; по СА: боразин.]



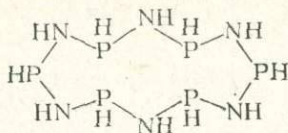
Гетероциклы, имеющие более десяти звеньев и не содержащие кремния, называют по заместительной номенклатуре на основе

* См. примечание к с. 217. — Прим. переводчика.

соответствующих карбоциклических соединений. Старшему гетероатому придают локант 1. Двойные и тройные связи обозначают, как обычно. Ниже для иллюстрации приведено два примера:



1,6-диоксациклодецен-3

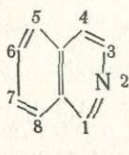


1,3,5,7,9,11-гексааза-2,4,6,8,10,12-гексафосфациклодекан

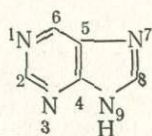
Многие конденсированные гетероциклические системы имеют тривиальные названия. Вот некоторые из них, с которыми вы можете встретиться:



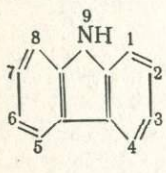
хинолин



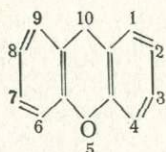
изохинолин



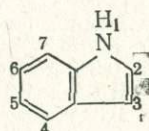
пурин
(несистематическая нумерация)



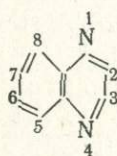
карбазол



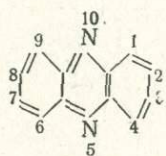
ксантен



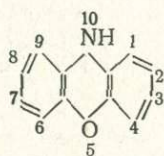
1H-индол
(существует также 3H-изомер)



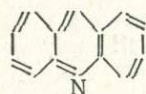
киноксалин



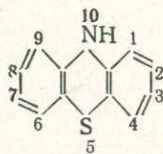
феназин



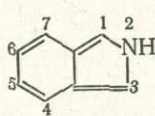
феноксазин



акридин



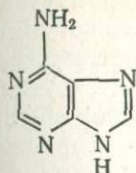
фенотиазин



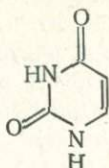
индолин

Шесть гетероциклических оснований встречаются в ДНК и РНК; они приведены ниже. В других книгах вы можете встре-

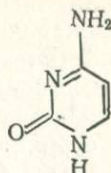
Тить формулы, которые отличаются расположением двойных связей и Н-атомов при азоте. (а)



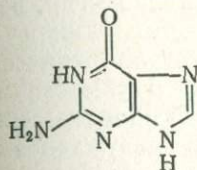
аденин
(6-амино-9Н-пурин)



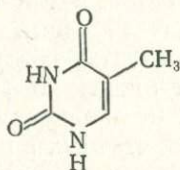
урацил
(1Н,3Н-пиримидиндион-2,4)



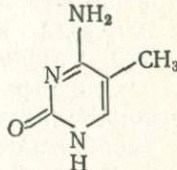
цитозин
(4-амино-1Н-пиримидин-2)



гуанин
(2-амино-1,9-дигидро-6Н-пуринон-6)



тимин
(5-метил-1Н,3Н-пиримидиндион-2,4)



5-метилцитозин
(4-амино-5-метил-1Н-пиримидин-2)

[* Эти вещества являются производными пурина и пиримидина, поэтому их называют пуриновыми и пиримидиновыми основаниями. Упомянутые выше в тексте структуры, различающиеся положением двойных связей и Н-атомов, являются таутомерными формами этих оснований. — Прим. переводчика (а)].

(а) В скобках указаны систематические названия, как они определены в оригинале. Более точно эти названия следующие:

Аденин—6-амино-9Н-пурин

Урацил—1Н,3Н-тетрагидропиримидиндион-2,4

Цитозин—4-амино-1Н-дигидропиримидин-2

Гуанин—2-амино-1,9Н-дигидропуринон-6

Тимин—5-метил-1Н,3Н-тетрагидропиримидиндион-2,4

5-Метилцитозин—4-амино-5-метил-1Н-дигидропиримидин-2

— Прим. переводчика.

Рано или поздно каждый серьезный студент, изучающий химию, захочет знать больше, чем то, что рассказывают об определенном соединении или классе веществ элементарные учебники. Иногда ему помогут в этом имеющиеся в библиотеке углубленные учебники и справочники, но чаще для этого потребуется обширный материал, собранный в Chem. Abstr.

Chem. Abstr. (CA) известен как «ключ к мировой химической литературе»: он содержит рефераты (на английском языке) статей из мировой литературы по химии и химической технологии, начиная с 1907 г., а также указатели к ним. В Chem. Abstr. включены журнальные публикации, патенты, обзорные статьи, технические доклады, монографии, материалы конференций и симпозиумов, диссертации и новые книги. Если взглянуть на его многочисленные тома, выставленные на библиотечных полках, то сразу становится заметен быстрый рост объема литературы в последние годы. В 1973 г. было зарегистрировано 356 549 документов! *

Из-за высокой стоимости годовой подписки (в 1974—75 гг. 2900 долларов) лишь немногие химики владеют собственными комплектами, остальные же полагаются на библиотеку.

Том СА в настоящее время охватывает полугодичный период, включая 26 еженедельных выпусков и указатели. Рефераты подразделяются на 80 тематических разделов. Разделы по биохимии (1—20) и органической химии (21—34) выходят 2 раза в месяц в нечетных номерах СА; разделы, посвященные химии высокомолекулярных соединений (35—46), прикладной химии и химической технологии (47—64), физической и аналитической химии (65—80) содержится в четных выпусках СА.

Расположение рефератов внутри каждого из 80 разделов следующее: первыми располагаются рефераты журнальных статей и материалов конференций, затем приводятся сведения о монографиях и рефераты патентов. Перекрестные ссылки в конце каждого раздела указывают рефераты из иных разделов, которые содержат также материал, полезный для данного раздела.

Каждый реферат СА содержит краткий конспект оригинального документа и представляет читателю ссылку, но не стремится заменить оригинал. Главной его целью является дать читателю информацию, на основе которой он мог бы решить, обращаться ли ему к оригиналу или нет. Первое предложение реферата обычно сосредоточивает внимание на открытиях и выводах, имеющихся в оригинале.

Каждый выпуск СА содержит четыре указателя: предметный указатель (указатель ключевых слов), патентный указатель, указатель соответствия патентов и авторский указатель. Построе-

* В 1980 г., по предварительным оценкам, их будет более 630 000. — Прим. переводчика.

ние указателей описывается в первом выпуске каждого тома. Эти указатели не могут заменить глубокого использования указателей ко всему тому, охватывающих полугодичный период.

Начиная с тома 66 (1967 г.) рефераты нумеруются непрерывно во всем шестимесячном томе. Буква, которая следует за каждым номером, — это выработанный ЭВМ шифр, позволяющий проверить с помощью ЭВМ правильность каждой ссылки на реферат в указателях. До тома 66 ссылки давались на номера колонок * с дополнительной буквой, уточняющей положение в колонке.

Первое обращение студента к Chem. Abstr. обычно связано с поиском информации в указателе тома или в сводном указателе, включающем период в 5 или 10 лет. Абсолютно необходимым для успешного использования СА является «Путеводитель к указателям» (Index Guide). Время, затраченное на прочтение «Index Guide», многократно окупит себя экономией времени при пользовании указателями. «Index Guide» разделен на 5 частей: введение, общее описание указателей СА, общепредметный указатель, выбор названий химических соединений. Часть, описывающая выбор названий — ценный материал для студента, содержащий подробную информацию о химической номенклатуре. Наиболее важная и самая большая часть «Index Guide» — алфавитный список перекрестных ссылок. Перед использованием указателей СА необходимо сравнить свой список объектов поиска с алфавитным списком перекрестных ссылок в «Index Guide» для того, чтобы убедиться, что выбраны термины, действительно имеющиеся на «входе» в указатель.

В сложном печатном указателе выбирается название, которое лучше всего отличает данное соединение от веществ с родственной структурой, причем однажды выбранное название должно последовательно применяться. Поскольку многие вещества имеют широко применяемые тривиальные названия, а также одно или несколько систематических названий, для читателя с помощью перекрестных ссылок необходимо дать информацию, какое из существующих названий принято для индексирования.

Например, предпочтительным названием для структуры $\text{CH}_3\text{COCCH}_2\text{CH}_3$ в указателе является 2-бутанон **. В литературе же для этого соединения встречаются иные названия: этилметилкетон, метилэтилкетон, МЕК, метилацетон, его можно было бы назвать 2-оксобутан, ацетилэтан. Число возможных названий быстро увеличивается с усложнением структуры соединения. Если читатель не нашел нужного ему названия, он должен проконсультироваться с правилами индексирования, обратившись к «Index Guide». Пояснения к слову «кетоны» объяснят принципы добавле-

* На каждой странице помещались две колонки, каждая из них имела свой текущий номер. — Прим. переводчика.

** В этом и других примерах из практики СА, учитывая работу именно с этим изданием, мы оставляем локанты на местах, принятых в СА. — Прим. переводчика.

ния суффикса *он* к названию скелета молекулы (в примере: бутан). Хотя на протяжении 70 лет существования СА употребляемые в указателях названия менялись даже для простых соединений, они сохраняются одинаковыми для каждого периода, охватываемого сводным указателем.

В настоящее время СА имеет семь указателей к каждому полугодовому тому: авторский указатель, указатель химических соединений, указатель циклических систем, общепредметный указатель, формульный указатель, патентный указатель, указатель соответствия патентов. Каждый из них описан в предшествующем указателю введении. Для обычного читателя наиболее ценны общепредметный указатель, указатель химических соединений и указатель циклических структур.

В указатель химических соединений включены все полностью охарактеризованные химические объекты: простые вещества, соединения, сплавы, минералы, смеси и полимеры, антибиотики, ферменты, гормоны, полисахариды, элементарные частицы; включены также условные и торговые названия. Все полностью охарактеризованные вещества, встречающиеся в этом указателе, учтены также в регистрационной системе Chemical Abstracts Service (CAS) и при каждом объекте, помещенном в указателе, приводится его регистрационный номер (см. с. 227).

Вещества приводятся в алфавитном порядке основ их названий. Например, *бензойная кислота* — это основа названий для целой группы веществ (родона начальная структура). В последние годы для каждого из соединений в указателях проводится систематизация ссылок по родственным темам. Это могут быть, например, такие вопросы, как анализ, биологические исследования, получение и т. д. Производные родона начальной структуры занесены в указатель под инвертированными названиями. Например, 4-ацетилбензойная кислота записана в указателе как «Бензойная кислота, 4-ацетил», так что она оказывается в указателе под общим «входом» — «Бензойная кислота».

Общепредметный указатель включает понятия, которые не являются названиями определенных химических веществ. В него включены: классы химических соединений, неполностью химически определенные материалы, применения веществ, их свойства, реакции, процессы и аппараты, обиходные и научные названия животных и растений. Если ссылки о бензойной кислоте, как уже было сказано выше, содержатся в указателе химических соединений, то ссылки о классе карбоновых кислот можно найти в общепредметном указателе.

Использование формульного указателя часто оказывается самым быстрым и наиболее прямым путем поиска названий, употребляемых в указателях СА для конкретных веществ, а также и рефератов о конкретном соединении, молекулярная формула которого известна. В этом указателе молекулярные формулы являются «входами» и располагаются по системе Хилла: а) Для

углеродсодержащих соединений в формуле записывают сначала С, затем Н (если водород присутствует), после этого символы остальных элементов в алфавитном порядке; б) для соединений, не содержащих углерода, символы всех элементов записывают строго в алфавитном порядке.

Составленные таким образом полные молекулярные формулы располагаются в алфавитном порядке, при котором символ каждого химического элемента и его численный индекс воспринимаются как единое целое. Это значит, что все соединения с H_4 предшествуют соединениям с H_5 ; все формулы, начинающиеся с CH , предшествуют формулам, начинающимся с CH_2 . Как пример приведем формулы, расположенные в соответствии с системой Хилла:

$Al_3Ca_5O_{14}$	CH_3Cl	C_2H_5DO
CCl_4	CO	$C_2H_7NO_3S$
$CHVgCl_2$	C_2Ca	CaO_3Ti
$CHCl_3$	$C_2H_2Cl_2O_2$	H_4Sn
$CHNO$	$C_2H_4O_2$	
CH_2O	$C_2H_5Cl_3Si$	

При каждой молекулярной формуле приведены использованные в указателе названия соответствующих соединений вместе с их регистрационными номерами, со ссылками на рефераты, либо с отсылками к указателю химических соединений.

Целью указателя циклических систем является предоставление читателю информации о принятых в указателе названиях незамещенных (родоначальных) циклических структур. После того, как по этому указателю найдено правильное название родоначальной структуры, — по этому названию с помощью «Index Guide» устанавливают структурную формулу и принятую нумерацию. Конкретные ссылки, касающиеся определенного соединения и его производных, могут быть по тому же названию найдены в указателе химических соединений. Для того чтобы правильно пользоваться указателем циклических систем, необходимо познакомиться с введением к нему.

Указатель циклических систем и их структурные формулы будут в будущем объединены в едином справочном издании. Этот справочник будет посвящен циклическим системам, включая их пространственное строение.

Регистр химических соединений CAS — это основанная на использовании ЭВМ система, которая идентифицирует введенные в нее химические вещества на базе их структуры и присваивает каждой определенной химической субстанции определенный номер, который представляет это вещество в ЭВМ. Например, D-аспарагиновая кислота имеет номер 1783-96-6, L-аспарагиновая 56-84-8, DL-аспарагиновая 617-45-8 и аспарагиновая кислота без уточнения стереохимии 6899-03-2; видно, что все пространственные формы имеют различные регистрационные номера. Регистрация началась

в 1965 г. и к концу 1973 г. было зарегистрировано около 2,7 млн. веществ, в том числе около 437 тысяч новых прибавилось за 1973 г. * Каждый регистрационный номер означает только одно вещество, охарактеризованное составом молекулы, строением и стереохимией.

Можно надеяться, что регистрационные номера, с соответствующими названиями или без них, смогут обеспечить продуктивные способы идентификации структуры в технических публикациях и в контактах между химиками. Их использование в научных статьях, патентах и т. д. сможет помочь в идентификации определенных химических веществ без применения сложной химической номенклатуры. Регистрационные номера приводятся после названий веществ в указателе химических соединений, а также в «Index Guide» и в формульном указателе. Несомненным преимуществом регистра является то, что изменения в правилах номенклатуры или в методе индексации в СА не затронут регистрационные номера. Недостатком же является то, что в настоящее время еще нет законченного списка регистрационных номеров. Пять частей CAS Registry Handbook, Number Section включают период с 1965 по 1971 гг. и содержат номера, молекулярные формулы и названия для регистрационных номеров от 35-66-5 от 26499-99-00.

В целом СА и его указатели являются хорошим инструментом для химика, ищущего в мировой химической литературе нужную ему информацию **.

* В настоящее время это число превысило 4,8 млн. — Прим. переводчика.

** Дополнительные сведения о системе регистрации химических соединений в СА можно найти во введении к предметному указателю к данной книге: он построен по правилам указателя химических соединений СА. — Прим. переводчика.

ПРИРОДНЫЕ ПРОДУКТЫ

Органические вещества, получаемые из растительных и животных организмов, называют природными продуктами. Выделено и идентифицировано бесчисленное множество таких соединений. По структурным признакам и химическим свойствам их можно разделить почти на дюжину классов. Три класса из числа рассматриваемых в данной книге представляют собой главные компоненты пищи: это углеводы, белки и жиры. Душистые вещества многих растений содержат карбоциклические углеводороды с молекулярной формулой $C_{10}H_{16}$. Эти, а также родственные соединения известны под названием терпенов. Стероидами называют соединения с конденсированными циклами, сходные по своему строению с холестерином. К этому классу относятся стеролы (стерины), желчные кислоты, половые гормоны, адренотропные гормоны, яды жаб, стероидные сапогенины.

Из-за сложного строения природные вещества имеют длинные систематические названия. Это обстоятельство, а также тот факт, что многие природные вещества были выделены и получили тривиальные названия давно, заставляет исследователей в повседневном обиходе широко использовать множество тривиальных названий. Специалисты в каждой области выработали краткие обозначения для удовлетворения своих нужд.

Вследствие подобной специализации номенклатуры, подход, используемый в данной главе, отличается от предыдущих. За исключением раздела по углеводам, где затронуты общезначимые для биохимии принципы, вы встретите в этой главе лишь немного вопросов и упражнений. Вместо этого будут рассмотрены лишь основные принципы и приведены немногочисленные примеры правил. Надеемся, что это будет достаточно для того, чтобы вы узнавали простые названия и структуры, а встретившись с более сложными, могли бы понять и их. Студент, серьезно интересующийся природными продуктами, может почерпнуть дополнительную информацию из литературы, приведенной в приложении.

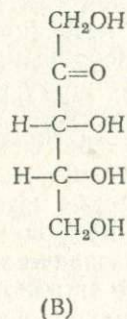
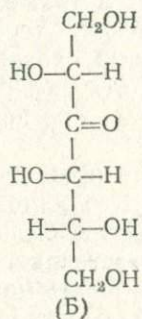
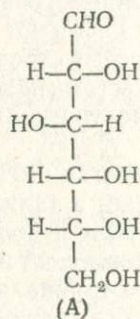
5.1. УГЛЕВОДЫ

Углеводы — это соединения, состоящие из углерода, водорода и кислорода, причем последние два элемента находятся в таком же соотношении, как в воде, 2 : 1. Этот факт и нашел отражение в названии углеводы. Многие углеводы имеют эмпирическую

формулу $C_nH_{2n}O_n$. Растения с помощью фотосинтеза строят углеводы из CO_2 и H_2O . Сахар, крахмал и целлюлоза — все это углеводы. Сахара, кроме своего пищевого значения, важны еще и своей ролью во всех живых организмах. Крахмал — главная составная часть зерна, семян; целлюлоза — главная составная часть древесины.

Структурно углеводы можно рассматривать как гидроксильированные альдегиды и кетоны. Те из них, которые содержат от трех до девяти атомов углерода, называют моносахаридами. При конденсации нескольких единиц с созданием между ними ацетальной связи возникают дисахариды (из двух моносахаридов), трисахариды и вообще полисахариды. Моносахариды подразделяются на альдозы и кетозы, в зависимости от наличия в их структуре альдегидной или кетонной групп (в явной или скрытой форме). По числу С-атомов моносахариды подразделяют на тетразы (4), пентозы (5), гексозы (6) и т. д.

Какая из приводимых ниже проекций по Фишеру изображает кетогексозу?



(А). Неправильно. Выбранная вами формула изображает гексозу, однако она является альдогексозой, а не кетогексозой; имеет группу — $\text{CH}=\text{O}$, но не

$\text{C}=\text{O}$. Вернитесь и выберите другой ответ.

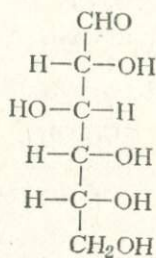
(Б). Правильно. Выбранная формула имеет шесть атомов углерода и кетонную группу $\text{C}=\text{O}$. Переходите к следующему разделу.

(В). Неправильно. Вы выбрали кетозу, однако не кетогексозу. В этой формуле лишь пять атомов углерода, это кетопентоза. Вернитесь и выберите другой ответ.

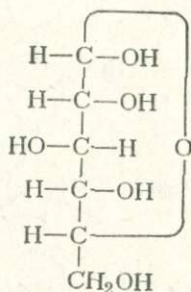
Ниже приводятся две проекционных формулы по Фишеру для простого углевода, D-глюкозы*. Первая формула изображает

* Обе формы находятся в таутомерном равновесии друг с другом. — Прим. переводчика.

ациклическую структуру, вторая — циклическую пиранозную (полуацетальную) форму.



D-глюкоза



α -*D*-глюкопираноза

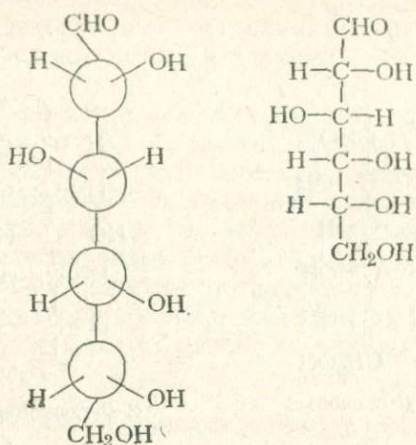
Правила IUPAC по номенклатуре углеводов выработаны для того, чтобы, во-первых, дать название родоначальному моносахариду в ациклической форме, представленной проекцией Фишера, затем назвать циклическую форму и производные. Тщательно изучите прежде всего ациклические формы. Поскольку все углеводы имеют по крайней мере один хиральный центр, совершенно необходимо правильно использовать проекционные формулы Фишера.

Глюкоза является альдогексозой и, поскольку ее нельзя гидролизом превратить в более простой углевод, — моносахаридом. Почти все моносахариды имеют три, четыре, пять или шесть атомов углерода.

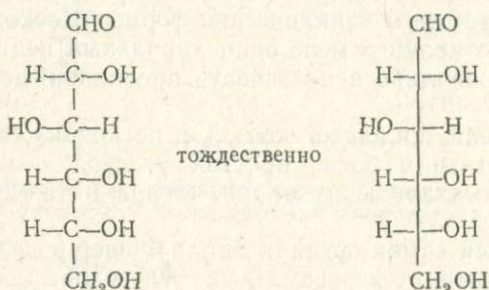
Выдающийся химик-органик Эмиль Фишер разработал правила для изображения стереоизомерных углеводов. Соответствующие формулы в его честь называют проекциями по Фишеру. Прежде всего следует написать углеродную цепь вертикально с группой CHO наверху. Если присутствует СО-группа (кетогруппа), то она должна быть написана как можно выше. После этого мысленно переверните находящуюся внизу группу CH₂OH позади цепи так, чтобы она коснулась верхней части молекулы. Если у вас есть набор молекулярных моделей с тетраэдрическими углами, нужным образом развернутая цепь автоматически образует кольцо.

Так вы получаете почти жесткое кольцо. Н-атомы и НО-группы каждого хирального центра окажутся направленными к наблюдателю и расположатся справа и слева от углеродной цепи: их и помещают в проекции Фишера справа и слева от С-атомов. Ниже

условно изображена шаро-стержневая модель и проекционная формула по Фишеру *D*-глюкозы:



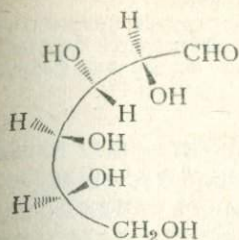
Некоторые авторы изображают фишеровские проекционные формулы по-другому: в них *C*-атомы надо представлять себе в перекрестьях вертикальной и горизонтальных линий:



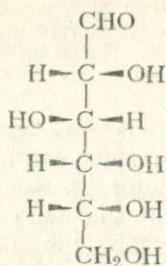
Помните, что горизонтальные связи приближаются к наблюдателю, вертикальные — удаляются от него. В правилах IUPAC для предотвращения каких-либо недоразумений используют проекции Фишера. Поскольку группы CHO и CH_2OH не являются хиральными центрами, их обычно пишут в строку, чтобы не спутать с хиральными центрами.

[* Построение и запись проекционных формул Фишера можно выполнить еще и по-другому. Прежде всего за счет вращения вокруг простых связей $\text{C}-\text{C}$ молекуле углевода придает заслоненную конформацию в виде буквы «С». Открытый конец этой «клевши» ориентируют так, чтобы он был удален от наблюдателя, и видимую

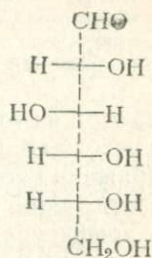
таким образом картину проектируют на плоскость, находящуюся за моделью:



D-глюкоза в «клетневидной»
заслоненной конформации



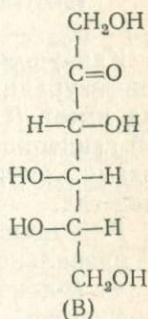
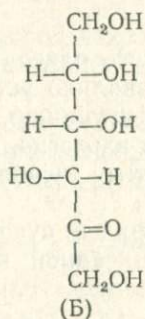
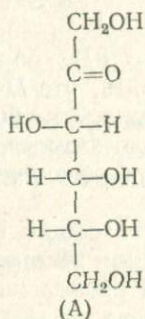
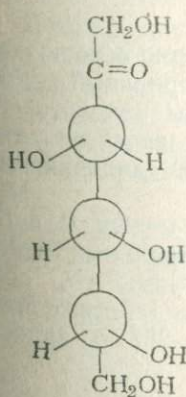
проекция на
плоскость



условная проекци-
онная формула

При этом целесообразно проекционную формулу записывать в том условном виде, как это показано выше: вертикальная линия пунктирна — это напоминает о том, что верхний и нижний заместители удалены от наблюдателя и находятся за плоскостью проекции; боковые заместители находятся перед этой плоскостью (линии сплошные), С-атомы — в плоскости проекции. Помимо того что такая запись постоянно напоминает о расположении группы относительно плоскости проекции, условная форма записи свидетельствует еще и о том, что изображена именно проекционная формула, а не простая структурная формула со случайной пространственной ориентацией заместителей. — *Прим. переводчика. **]

Посмотрим теперь, как вы усвоили сказанное. Какая из приведенных справа трех проекционных формул (А), (Б) или (В) правильно изображает структуру моносахарида, шаро-стержевая модель которого дана слева от (А) — (В)?



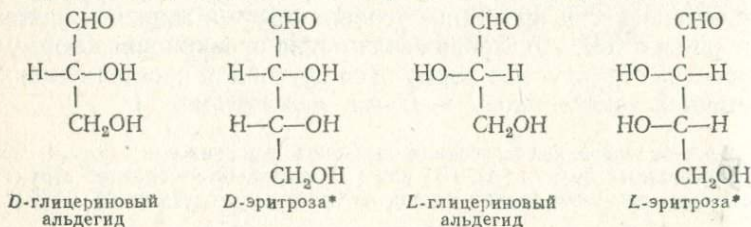
(А). Вы правы. Выбранная вами проекционная формула правильно отражает заданный моносахарид. Кетонная группа в ней ближе кверху формулы. Переходите к следующему разделу.

(Б). Неправильно. Выбранная вами проекция правильно отражает конфигурацию хиральных центров, однако кетонная группа в ней ближе к нижней части формулы. Вернитесь и выберите другую проекцию.

(В). Вы ошибаетесь. В выбранной проекции кетонная группа занимает правильное положение (ближе к верхней части), однако конфигурация хиральных центров изображена неправильно. Посмотрите еще раз на верхние формулы на с. 232 перед тем, как выберете другой ответ.

Несмотря на то, что *RS*-система является единственным точным общим методом описания конфигурации, в номенклатуре углеводов для выражения конфигурации нижнего хирального центра используют обозначения *D* и *L*. Обозначение *D* получает тот из стереоизомеров, конфигурация нижнего хирального центра которого соответствует конфигурации правовращающего глицеринового альдегида; *L*-конфигурация моносахарида соответствует конфигурации левовращающего изомера глицеринового альдегида. Эти изомеры первоначально обозначали буквами *d* и *l*, указывающими направление вращения. Из-за возможных недоразумений использования *d* и *l* следует избегать.

Обозначения *D* и *L* не связаны непосредственно со знаком оптического вращения: префиксы основаны исключительно на конфигурации. Для наших целей существенно следующее: если ОН-группа нижнего хирального центра написана справа, используют префикс *D*, если слева — префикс *L*. Например:

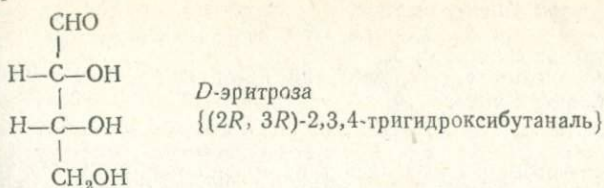


Как упоминалось ранее (см. с. 87), определение абсолютной конфигурации позволило установить, что *D*-глицериновый альдегид имеет *R*-конфигурацию. Правильнее было бы называть его (*R*)-глицериновый альдегид, однако химики, занимающиеся углеводами, по-прежнему используют обозначение *D*-глицериновый альдегид.

Для моносахаридов существует общая связь между *R* и *D*. В правильно написанной проекции Фишера хиральный центр имеет *R*-конфигурацию, если ОН расположен справа, и *L*-конфигурацию, если ОН лежит слева. Однако это действительно не для всех производных (см., например, с. 257 о винной кислоте).

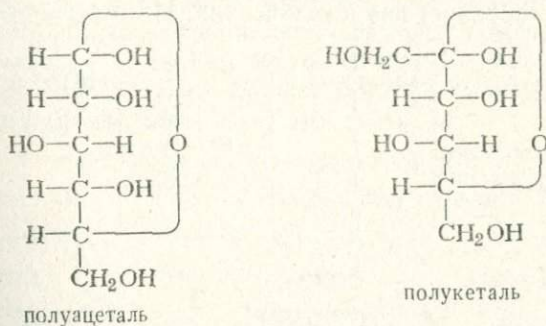
* Важно подчеркнуть, что в данном примере обозначения *D* и *L* относятся только к конфигурации нижнего асимметрического центра эритрозы. Конфигурация же верхнего центра обозначена самим названием эритрозы. — Прим. переводчика.

Например:



При нумерации моносахаридов карбонильная группа (или потенциальная карбонильная группа циклической формы) получает наименьший возможный локант. Если это СНО-группа, ясно, что это номер 1. Если это СО-группа, то нумерацию начинают с ближнего к ней конца цепи. Есть случаи, когда это правило нарушается, но мы пока оставим это в стороне.

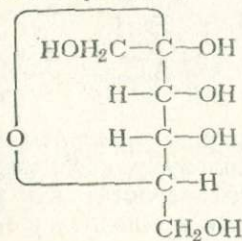
Поговорим теперь о *потенциальной* карбонильной группе. Моносахариды часто пишут в циклической форме. Она возникает в результате того, что карбонильная группа и один из гидроксильных реагируют друг с другом с образованием полуацетала (полукеталя):



Потенциальный карбонильный углерод находится рядом с циклическим кислородом. Однако какой из двух? Тот, который связан с группой —ОН.

Следующее и еще не последнее понятие, которое вы должны усвоить, — это углеродный атом, определяющий *D, L*-обозначения. Это хиральный центр, имеющий в углеродной цепи наибольший номер.

Рассмотрите приводимую ниже проекционную формулу Фишера. Какое из относящихся к ней высказываний правильно?



(А). Карбонильный углеродный атом имеет номер 1; *DL*-конфигурацию определяет углерод с номером 5.

(Б). Карбонильный углеродный атом имеет номер 2; *DL*-конфигурацию определяет углерод с номером 6.

(В). Карбонильный углеродный атом имеет номер 2; *DL*-конфигурацию определяет углерод с номером 5.

(А). Неправильно. Вы ошиблись в нумерации карбонильного углеродного атома, хотя правильно определили центр, по которому выбирается *DL*-обозначение. Посмотрите внимательнее, и вы увидите, что С-атом с номером 1 не является частью циклической структуры. Он не может быть углеродом потенциальной карбонильной группы. Выберите другой ответ.

(Б). Вы ошибаетесь. Правильно выбрав углеродный атом 2 как потенциальный карбонильный, вы ошиблись в указании центра, определяющего конфигурацию. Помните, что это *хиральный* центр, имеющий наибольший номер в молекуле. Вернитесь и выберите другой ответ.

(В). Правильно. Потенциальным карбонильным углеродом является С-2, а *DL*-конфигурация определяется по С-5.

Вы, по-видимому, заметили, что карбонильный углерод становится хиральным центром при образовании циклического полуацетала (полукетала). Следовательно, каждый ациклический стереоизомер образует два циклических. Их называют *аномерами*,

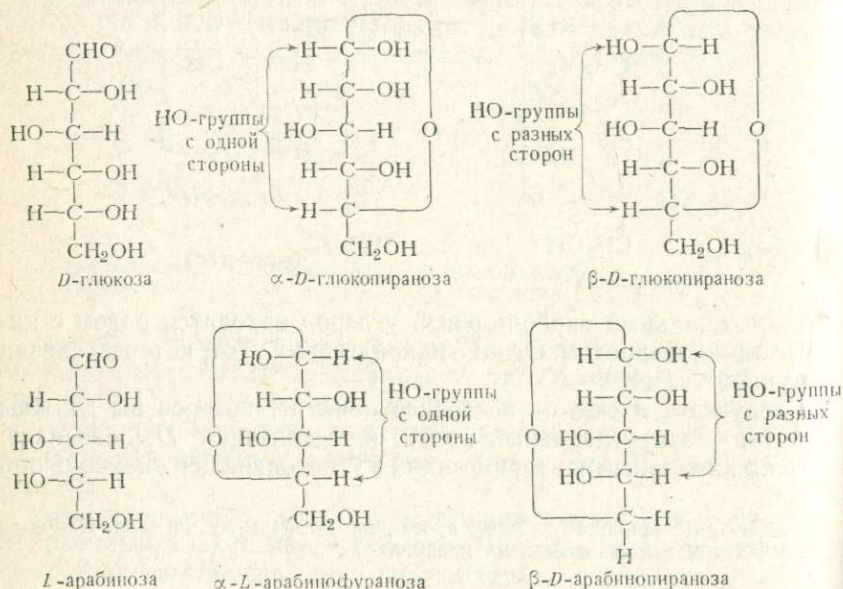


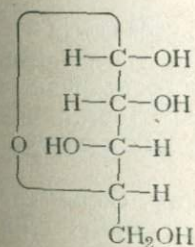
Рис. 5.1. Взаимоотношения D-глюкозы и D-арабинозы с их циклическими α - и β -аномерами.

а новый хиральный центр — *аномерным центром*. Для указания его конфигурации используют обозначения α и β , связанные с взаимной ориентацией заместителей у аномерного центра и у С-атома, определяющего принадлежность к *D*- или *L*-ряду.

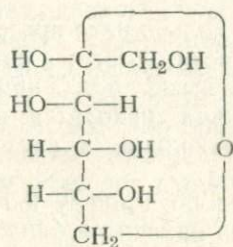
Обозначение α получает тот аномер, в котором НО-группы аномерного центра и С-атома, по которому определяется *DL*-конфигурация, находятся по одну и ту же сторону от углеродной цепи в проекционной формуле Фишера. Если же эти группы находятся на противоположных сторонах, то такой аномер получает обозначение β . Аномерные префиксы α , β используют только в сочетании с конфигурационными префиксами (*D*, *L*). Несколько примеров, иллюстрирующих сказанное, приводятся на рис. 5.1.

В циклических формах моносахаридов почти всегда имеются пяти- или шестичленные кольца (включая атом кислорода), очень редко — семичленные. Для указания размера колец есть две возможности. В первом варианте две последние буквы названия моносахарида («за») заменяют на окончание «фураноза» в случае пятичленного кольца, «пираноза» в случае шестичленного и «септаноза» в случае семичленного. Фуранозные циклы почти плоские, у пиранозных наиболее устойчива конформация кресла. Фуранозные и пиранозные кольца показаны на рис. 5.1.*

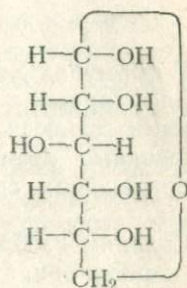
Во втором методе для указания размера цикла используются локанты. Они указывают номера двух атомов углерода, с которыми связан находящийся в цикле кислород. Первым ставят номер С-атома потенциальной карбонильной группы, номера разделяют запятой, помещают в скобки и располагают в конце названия ациклической формы. Ниже приводятся три примера для колец с разным числом звеньев:



β -*L*-арабинофураноза,
или
 β -*L*-арабиноза-(1,4)



β -*D*-фруктопираноза,
или
 β -*D*-фруктоза-(2,6)



α -*D*-глюкосептаноза,
или
 α -*D*-глюкоза-(1,6)

Стоит отметить, что разность между локантами составляет 3 для фураноз, 4 для пираноз и 5 для септаноз.

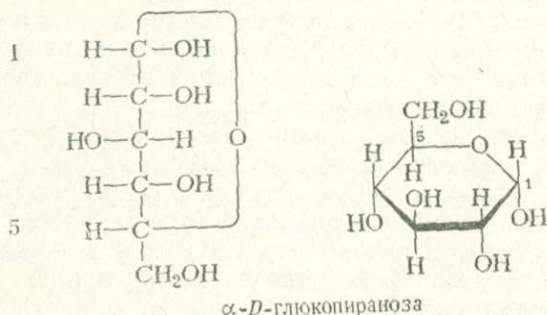
Как следует из рис. 5.1, циклические структуры передают проекционными формулами, изображая сначала ациклическую форму и затем конструируя кольцо. Кольцо изображают на той

* Однако пространственной формы колец этот рисунок не передает. Полезно также напомнить, что названия фураноза и пираноза происходят от соответствующих кислородных гетероциклов — пятичленного фурана и шестичленного пирана. — Прим. переводчика.

стороне, на которой находилась НО-группа, участвующая в циклообразовании.

Проекция Фишера очень удобна для установления связи между структурой и названиями моносахаридов и их производных, однако они не дают представления о действительной форме колец. Для этих целей получили распространение формулы Хеворта. В них углеродная цепь изображается горизонтальной, потенциальная карбонильная группа должна находиться справа. Углеродная цепь как бы находится перед плоскостью бумаги, кислородный мостик — за ней.

Ниже приводятся формулы Фишера и Хеворта для α -D-глюкопиранозы:

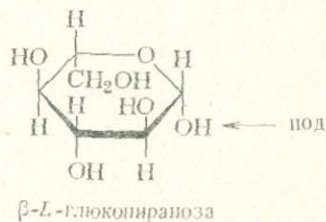
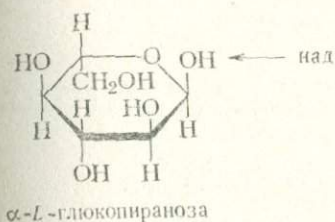
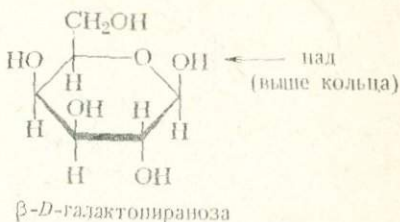
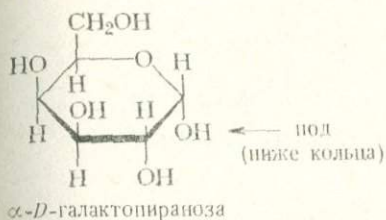


В формулах Хеворта кольцо надо представлять себе почти перпендикулярным к плоскости бумаги, а связанные с углеродными атомами заместители — выше или ниже плоскости кольца. Углеродные атомы кольца находятся на перекрестьях линий, изображающих связи в кольце, и связей, ведущих к заместителям.

Сравним изображения по Фишеру и по Хеворту. Запомните, что карбонильная группа находится ближе к верху формулы Фишера, а циклический кислород в формуле Хеворта — справа и за плоскостью чертежа. Значит, группы, стоящие справа в проекции Фишера, находятся в формуле Хеворта ниже кольца, за исключением заместителей у С-атома с наибольшим номером, связанного с циклическим кислородом (атом С-5 в приведенном выше примере). Для него группы, стоящие слева, оказываются внизу кольца.

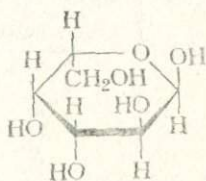
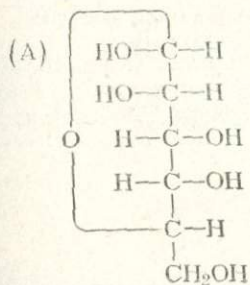
Существует простое правило для выбора α , β -обозначений по формулам Хеворта. Прежде всего убедитесь, что циклический кислород изображен в нужном месте. При этом аномерный центр будет находиться на правом конце формулы. Для моносахаридов α -ряда НО-группа аномерного центра D-конфигурации находится под кольцом, при β -конфигурации — над кольцом. Для моносахаридов L-ряда отношения обратные: НО-группа аномерного центра

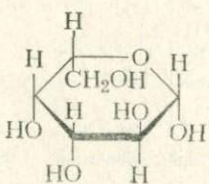
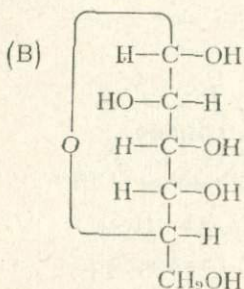
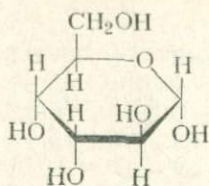
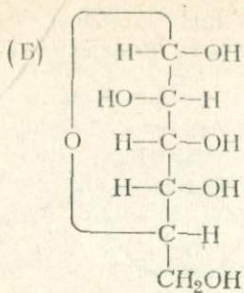
над кольцом отвечает α -аномеру, под кольцом — β -аномеру. Приведенные ниже проекции по Хеворту иллюстрируют сказанное.



Вы должны помнить, что энантиомерами являются молекулы, зеркальные друг относительно друга. Обратите внимание на то, что α -*D*- и α -*L*-формы являются энантиомерами, как и β -*D*- и β -*L*-формы. Это может показаться странным, если не вспомнить о том, что аномерные префиксы определяют взаимоотношение между конфигурацией двух С-атомов внутри молекулы. Обращение конфигурации всех хиральных центров при переходе от *D*-ряда к *L*-ряду (см. с. 245) не изменяет аномерных взаимоотношений.

Галактоза является альдогексозой. Какая из приводимых ниже пар проекционных формул может правильно изображать β -*L*-галактопиранозу?





(А). Вы неправы. Обе формулы изображают α -*L*-галактопиранозу. Обратите внимание на то, что в приведенной проекционной формуле Фишера HO -группы у аномерного центра и C -атома, определяющего *D*, *L*-конфигурацию, находятся по одну сторону углеродной цепи. У β -изомера они должны находиться на противоположных сторонах. Вернитесь и выберите другой ответ.

(Б). Ответ ошибочный. В проекции Фишера все хорошо, в формуле Хеворта — нет. Посмотрите на конфигурацию атома C -5: она *D*. В формуле Хеворта изображена, следовательно, α -*D*-галактопираноза. Выберите другой ответ.

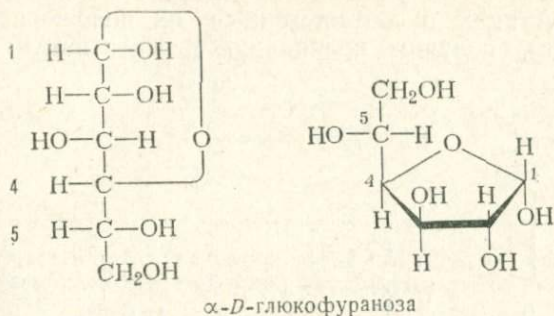
(В). Правильно. Обе формулы изображают β -*L*-галактопиранозу. Переходите к следующему разделу.

Для определения аномерных префиксов можно использовать также и правило последовательности, однако процедура несколько сложна. Вы знаете, что моносахариды *D*-ряда имеют *R*-конфигурацию у C -атома, определяющего принадлежность к *D*-ряду; соответственно *S*-конфигурация соотносится с *L*-рядом. Если *RS*-конфигурация аномерного центра совпадает с *RS*-конфигурацией «опорного» C -атома, то это β -аномер. Если упомянутые конфигурации противоположны — это α -аномер. Сказанное суммировано в табл. 5.1.

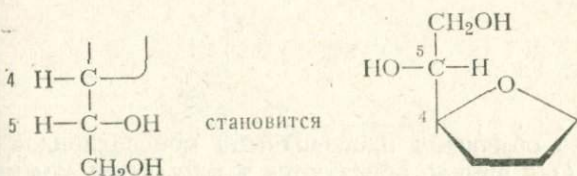
Таблица 5.1. Определение обозначений аномеров циклических форм моносахаридов

Конфигурационный префикс	Конфигурация «опорного» C -атома	Конфигурация аномерного центра	Аномерный префикс
<i>D</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	β
<i>D</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	α
<i>L</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	α
<i>L</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	β

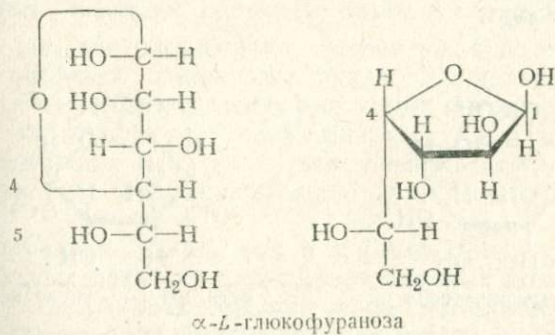
Небольшое осложнение возникает в формулах Хеворта для фуранозных форм гексоз при записи конфигурации атома С-4. Ниже приводятся формулы Фишера и Хеворта для α -D-глюкофуранозы:



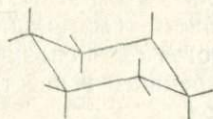
Для сохранения D-конфигурации при «опорном» С-атоме (номер 5) Н и ОН в формуле Хеворта следует поменять местами.



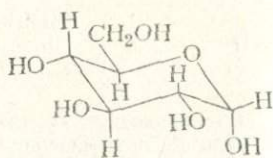
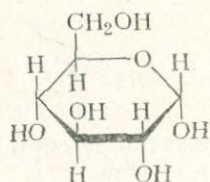
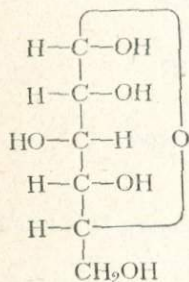
Описанная выше процедура дает правильный результат и в том случае, если атом С-4 имеет L-конфигурацию:



Учитывая большое значение формы молекул для химической и биологической активности, многие авторы изображают шестичленные кольца в перспективе примерно так:

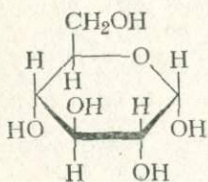


Это известное вам (см. с. 95) изображение циклогексана в виде кресла. Заменяв правый удаленный С-атом на кислород, расставив заместители у каждого С-атома кресловидной формы выше или ниже в соответствии с их положением в формуле Хеворта, получим правильную перспективную формулу. Например:

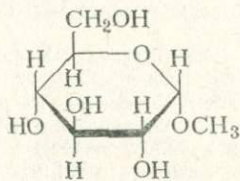


α -D-глюкопираноза

Наиболее обычными производными моносахаридов являются гликозиды. Они обычно образуются в результате замены H-атома аномерного гидроксила на заместитель, производимый от спирта или фенола. Гликозиды называют, ставя название замещающей группы перед названием моносахарида, в котором окончание «а» заменяют на «ид».



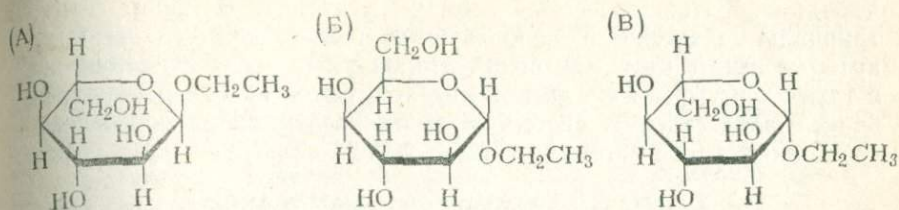
α -D-глюкопираноза



метил- α -D-глюкопиранозид

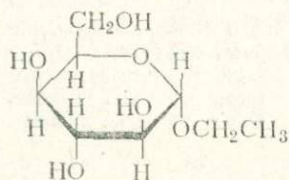
Гликозиды с пятичленным кольцом называют фуранозидами, с шестичленным кольцом — пиранозидами. Углеводную часть гликозида называют гликоном, спиртовую (вообще не-углеводную) часть — агликоном. В приведенном выше примере гликоном является D-глюкоза, агликоном — метанол. Звенья, образующие олиго- и полисахариды, могут быть связаны друг с другом гликозидными связями рассмотренного выше типа, причем роль агликаона также играет углевод.

Какая из приводимых ниже формул Хеворта могла бы изображать этил-β-L-галактопиранозид?



(A). Неправильно. Конфигурация «опорного» С-атома действительно L, однако аномерный центр в выбранной вами формуле — α. Выберите другой ответ.

(Б). Вы ошибаетесь. Имеет значение конфигурация двух атомов. «Опорный» углерод должен иметь конфигурацию L, аномерный центр — β. В выбранной вами проекции это не так. Внимательно рассмотрите ее и затем выберите другой ответ.



этил-α-D-галактопиранозид

(B). Правильно. Вы правильно узнали L-конфигурацию «опорного» С-атома и β-конфигурацию аномерного центра. Переходите к следующему разделу.

До сих пор мы рассмотрели конфигурационные префиксы, аномерные префиксы и величину цикла. Вы должны были бы удивиться, почему об определенной проекции мы говорим, что она изображает глюкопиранозу, галактопиранозу или что-то иное. Это наш следующий шаг: научиться узнавать основу названия моносахарида. В последующих абзацах мы и будем обсуждать этот вопрос.

Как в правилах IUPAC, так и в Chem. Abstr. допускается ряд тривиальных названий для стереоизомерных моносахаридов. В названных источниках имеются лишь некоторые небольшие различия в образовании систематических названий. Эти различия мы в нужных местах отметим.

Когда мы начнем более детально рассматривать названия альдоз, вы узнаете много тривиальных названий, которые применяются с давних пор.

Термины альдозы и кетозы используют для обозначения моносахаридов, в которых карбонильная группа (или потенциальная карбонильная) стоит соответственно на конце или внутри углеродной цепи. Карбонильный углерод получает номер 1 в альдозах и наименьший из возможных номеров в кетозах.

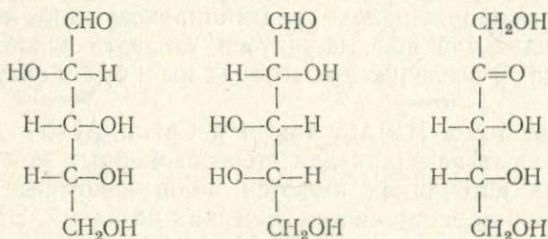
В правилах IUPAC тривиальным названиям отдается предпочтение перед систематическими для ациклических альдоз с тремя, четырьмя, пятью и шестью атомами углерода. В Chem. Abstr. тривиальные названия используются только для тех из них, которые имеют пять или шесть атомов углерода, соединения же с тремя и четырьмя С-атомами индексируются как гидроксильированные альдегиды. В систематических названиях альдоз основу составляют в соответствии с табл. 5.2.

Таблица 5.2. Систематические названия альдоз

Число С-атомов	Общие названия	Предпочтительные названия	
		(IUPAC)	(CA)
3	Триоза	Глицериновый альдегид	2,3-Дигидроксипропаль
4	Тетроза	Эритроза, треоза	2,3,4-Тригидроксипропаль
5	Пентоза	Арабиноза, ликсоза, рибоза, ксилоза	Как в IUPAC
6	Гексоза	Аллоза, альтроза, галактоза, глюкоза, гулоза, идоза, манноза, талоза	Как в IUPAC
7	Гептоза		
8	Октоза и т. д.		

Выбор основных тривиальных названий зависит от конфигурации хиральных центров. Мы скоро подойдем к этому.

Какая из приводимых ниже проекционных формул Фишера могла бы изображать *D*-арабинозу? Отвечая, следует иметь в виду, что арабиноза относится к альдопентозам.



(А). Правильно. Проекционная формула изображает *D*-альдозу с пятью С-атомами, а именно арабинозу*. Переходите к следующему разделу.

(Б). Неправильно. Выбранная вами проекционная формула действительно изображает альдопентозу, однако *L*-конфигурации. Вернитесь и выберите другой ответ.

* Тот факт, что это именно арабиноза, а не другая альдопентоза, зашифрован в самом тривиальном названии, подразумевающим определенную, зафиксированную в проекционной формуле конфигурацию. — Прим. переводчика.

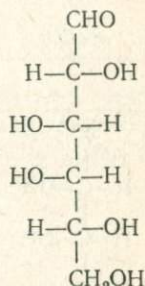
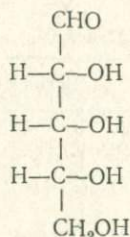
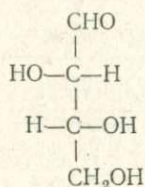
(В). Вы неправы. *D*-Арабиноза является альдопентозой, вы же выбрали формулу кетопентозы. Вернитесь и тщательно выберите другой ответ.

Конфигурацию от одной до четырех последовательно расположенных СНОН-групп (или ее аналогов, как то СНОСН₃, СННН₂) обозначают при помощи приводимых ниже конфигурационных префиксов, которые (за исключением глицеро-) произведены от тривиальных названий, перечисленных в табл. 5.2. При построении систематических названий префиксы пишут со строчной буквы, курсивом и отделяют от основы названия дефисом. Как мы увидим, в одном названии может быть и несколько таких префиксов.

Проекции Фишера для *D*-префиксов приведены в табл. 5.3, где X означает группу с С-атомом, получившим при нумерации меньший номер (см. с. 246).

Систематическое название альдозы образуется из конфигурационного префикса, соответствующей основы (из табл. 5.3) и окончания «-оза»: Для наглядности далее будут изображаться ациклические формы; циклические же, как обычно, должны иметь окончания -фураноза, -пираноза, -септаноза и т. д.

Ниже в качестве примера приведено по одной тетрОзе, пентОзе и гексОзе:



Тривиальное название
(предпочтительное):
Систематическое
название:

D-треОза
D-треО-тетрОза

D-рибОза
D-рибО-пентОза

D-галактОза
D-галактО-гексОза

Члены *L*-ряда имеют обратные конфигурации у *каждого* хирального центра (группы СНОН). Сравните две маннозы:

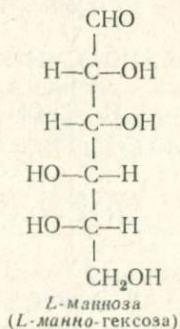
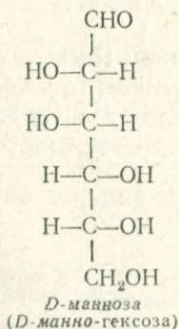
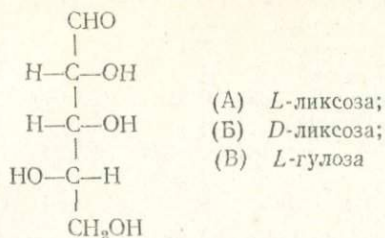


Таблица 5.3. Конфигурации альдоз D-ряда

Одна группа >СНОН		Две группы >СНОН	
$\begin{array}{c} X \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	
<i>D-глицеро-</i>	<i>D-эритро-</i>	<i>D-трео-</i>	
Три группы >СНОН			
$\begin{array}{c} X \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ HO-C-H \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ H-C-OH \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$
<i>D-арабино-</i>	<i>D-ликси-</i>	<i>D-рибо-</i>	<i>D-ксило-</i>
Четыре группы >СНОН			
$\begin{array}{c} X \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ H-C-OH \\ \\ HO-C-H \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ H-C-OH \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$
<i>D-алло-</i>	<i>D-альтро-</i>	<i>D-галакто-</i>	<i>D-глюко-</i>
$\begin{array}{c} X \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ HO-C-H \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$	$\begin{array}{c} X \\ \\ HO-C-H \\ \\ HO-C-H \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ Y \end{array}$
<i>D-гуло-</i>	<i>D-идо-</i>	<i>D-манно-</i>	<i>D-тало-</i>

Усвоили ли вы все сказанное? Каково тривиальное название следующей альдозы?

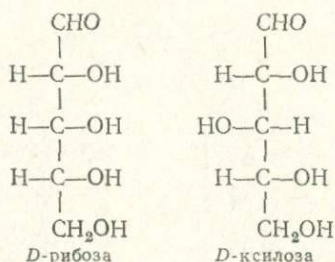


(А). Правильно. Конфигурация всех трех хиральных центров противоположна данной в табл. 5.3 для *D*-ликсозы. Проекция правильно изображает *L*-ликсозу. Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы ошибаетесь. Еще раз посмотрите на формулу. Вы видите, что опорный С-атом (номер 4) имеет *L*-конфигурацию. Сравнение с формулами, приведенными в табл. 5.3, показывает, что приведенная в задании формула по всем хиральным центрам имеет конфигурацию, противоположную *D*-ликсозе. Если уверены, что поняли это пояснение — переходите к следующему разделу.

(В). Неправильно. Проекционная формула изображает альдозу с тремя группами CHOH . В соответствии с табл. 5.3 *L*-гулоза имеет четыре таких группы. Найдите другой ответ.

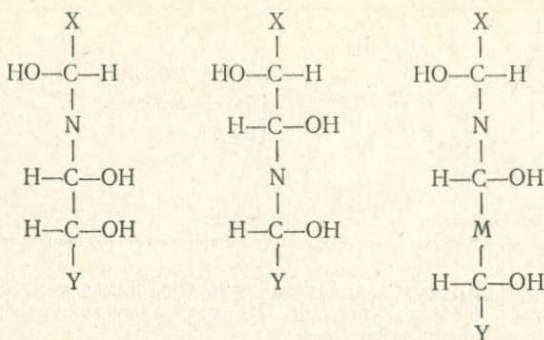
Стереизомеры, отличающиеся конфигурацией только одного хирального центра, называют *эпимерами**. Например, *D*-рибоза и *D*-ксилоза — эпимеры, так как они отличаются лишь конфигурацией С-3.



Конечно, эпимерами являются также *L*-рибоза и *L*-ксилоза. Начиная с 1952 г., номенклатурная практика в США и Великобритании использовала иной подход к образованию основ названий. Они образуются в результате рассмотрения последовательных, но не обязательно прилегающих друг к другу групп CHOH .

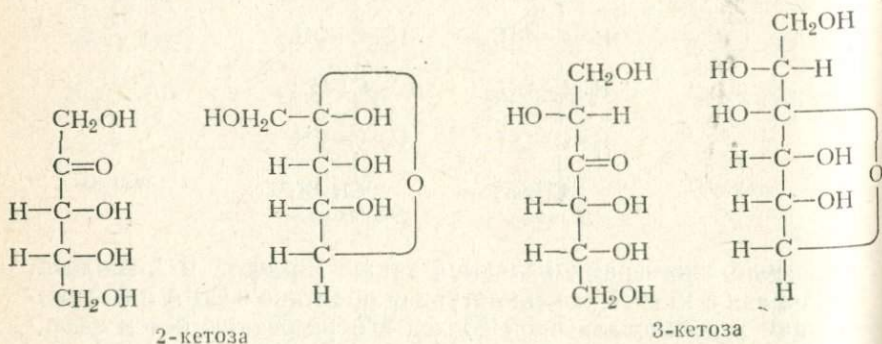
* Понятие эпимеры чаще употребляют в более узком смысле, считая эпимерами структуры, отличающиеся только конфигурацией при С-2. — Прим. переводчика.

Например: все три приводимые ниже проекционные формулы относятся к типу *D-арабино-*:



В этих формулах N и M — отдельные нехиральные атомы углерода или последовательности таких атомов. Так, N и M могут представлять собой группы CH_2 в дезоксисоединениях или группу $\text{C}=\text{O}$ в кетозе. Названия, образованные по этому принципу, будут приведены позднее. Пока же обратимся к кетозам.

Для вас не должно быть неожиданностью, что моносахариды с группой $\text{C}=\text{O}$ называют *кетозами*. Их подразделяют далее на 2-кетозы, 3-кетозы и т. д. в зависимости от положения карбонильной группы (или потенциальной карбонильной группы в циклической форме).



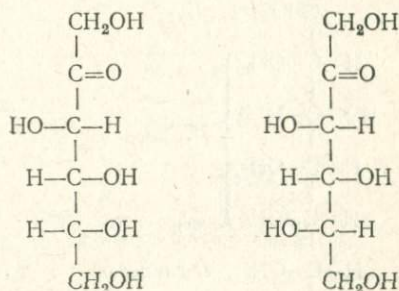
Напомним о том, что потенциальной карбонильной группой является C-атом, несущий гидроксильную группу и при том находящийся рядом с циклическим кислородом. Если это не может вызвать недоразумений, допустимо опускать локант 2 в названиях 2-кетоз, однако лучше его сохранять.

Ниже даны основы названий для ациклических форм кетоз:

Число C-атомов	Основа названия
4	Тетрулоза
5	Пентулоза
6	Гексулоза
7	Гептулоза
8	Октулоза
9	Нонулоза
10	Декулоза

и т. д.

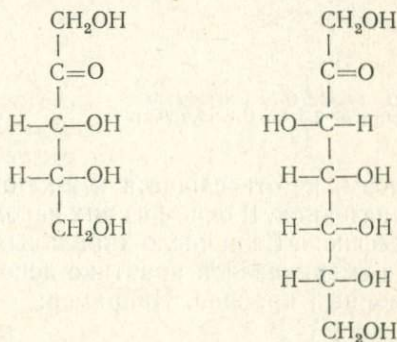
Несколько тривиальных названий столь укоренилось, что их и используют предпочтительно. Четыре из таких названий приведены ниже:



Тривиальное название:
Систематическое название:

D-арабино-2-гексулоза

L-ксило-2-гексулоза



Тривиальное название:
Систематическое название:

D-эритро-2-пентулоза

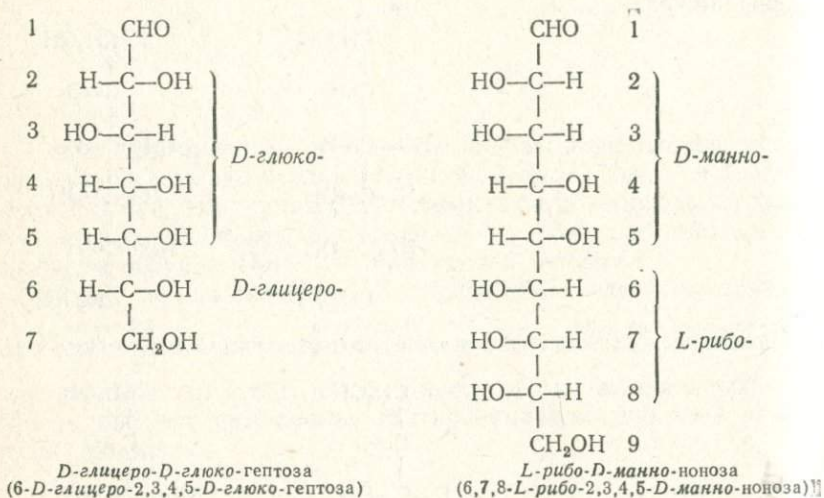
D-альтро-2-гептулоза

Наиболее распространенной кетозой является *D*-фруктоза. Она находится в меде, фруктовых соках. *L*-Сорбоза, хотя и не встречается в природе, однако является важным промежуточным продуктом при промышленном синтезе витамина С. *D*-Рибулоза и *D*-седогептулоза участвуют в процессе синтеза углеводов в растениях из диоксида углерода и воды.

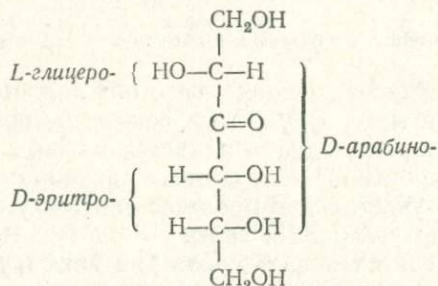
Иногда приходится использовать два конфигурационных префикса для альдоз, кетоз (не являющихся 2-кетозами) и diketоз. Они могут иметь как больше, так и меньше четырех хиральных

центров. Используют уже известные нам конфигурационные префиксы.

Рассмотрим сначала альдозу более чем с четырьмя хиральными центрами. Начиная от хирального центра, соседнего с СНО-группой, углеродную цепь разделяют на нужное число групп по четыре С-атома, возможно с остатком. Каждую из таких групп обозначают префиксом по табл. 5.3. Префиксы перечисляют в названии, начиная с самого дальнего от СНО-группы. В случае необходимости добавляют локанты. В таких случаях их ставят непосредственно перед конфигурационным префиксом. Ниже приводятся два примера, непосредственно взятые из правил IUPAC:

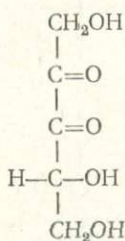


Кетозы, не относящиеся к 2-кетозам, могут иметь два приемлемых названия. В одном из них используются два конфигурационных префикса. Если число хиральных центров четыре или меньше, в англо-американской практике используется только один конфигурационный префикс. Например:

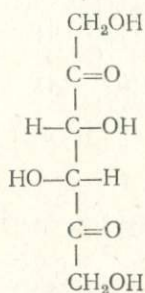


Систематическое название: *D-эритро-L-глицеро-3-гексулоза*
 Англо-американское название: *D-арабино-3-гексулоза*

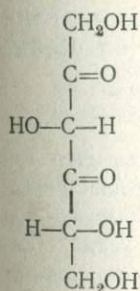
Дикетозы или их производные, содержащие два кетонных карбонила (действительных или потенциальных) называют, заменяя окончание *улоза* на *одиулоза*. Выбирают наименьшие из возможных локантов, помещая их с дефисом между конфигурационным префиксом и основой названия. Используемый конфигурационный префикс зависит от того, являются ли карбонильные группы смежными, а также и от того, какой из национальных вариантов используется. Ниже приводятся несколько примеров:



D-глицеро-2,3-пентодиулоза
(простой случай)

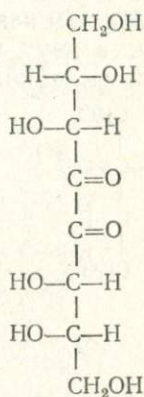


L-трео-2,5-гексодиулоза
(нумерация может быть
начата с любого конца цепи)



(Помните, что конфигурационные префиксы перечисляют в названии, начиная с конца, удаленного от атома C-1)

Систематическое название:
D-глицеро-*L*-глицеро-2,4-гексодиулоза
Англо-американское название:
D-трео-2,4-гексодиулоза

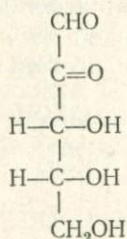


Систематическое название:
L-трео-*L*-эритро-4,5-октодиулоза
Англо-американское название:
L-альтро-4,5-октодиулоза

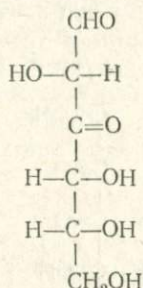
Для последней структуры (*L*-трео-*L*-эритро-4,5-октодиулозы) подходящим может показаться также название *L*-эритро-*L*-трео-4,5-октодиулоза. Оно имеет тот же самый набор локантов. Однако в правильном названии префиксы должны быть (при равных наборах локантов) перечислены в алфавитном порядке*.

* В английском и русском варианте алфавитный порядок перечисления приводит к разным названиям. — Прим. переводчика.

Альдокетозы и их производные одновременно имеют группы $-\text{CH}=\text{O}$ и $>\text{C}=\text{O}$ (действительные или потенциальные). Их называют подобно дикетозам, используя окончание *-озулоза*. Группа СНО всегда получает номер 1; локант в название не входит. Если локант СО-группы 2, то его тоже опускают. Примеры:

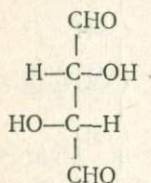


D-эритро-2-пентозулоза

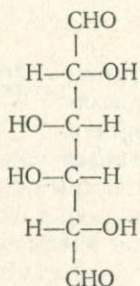


D-эритро-L-глицеро-3-гексозулоза
(англо-американское название:
D-арабино-3-гексозулоза)

Наконец, о диальдозах. Это моносахариды и их производные, имеющие две СНО-группы (реальные или потенциальные). Названия образуют, как для дикетоз, пользуясь окончанием *-диальдоза*. Локанты для СНО-групп не нужны, так как эти группы обязательно должны находиться на концах цепи. Ниже приводятся три примера, в двух из них следует обратить внимание на особые аспекты названий:

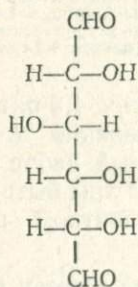


L-трео-тетродиальдоза



*мезо-галакто-гексо-
диальдоза*

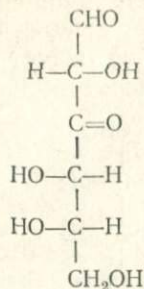
(Конфигурация описывается как *D-галакто-* при нумерации с одного конца и как *L-галакто-* при нумерации с другого конца. Соединение имеет плоскость симметрии; для выражения этого используют префикс *мезо-*)



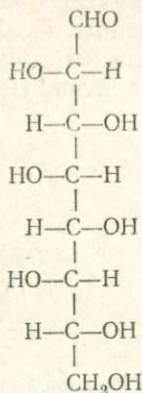
D-глюко-гексодиальдоза

(При нумерации сверху название было бы *L-гуло-гексодиальдоза*. Выбрано приведенное название, поскольку *глюко-* предшествует *гуло-* по алфавиту)

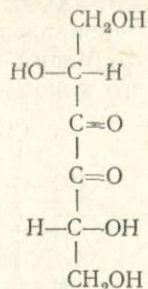
Настало время потренировать вашу сообразительность. Ниже приводятся три проекции Фишера и три названия. Составьте для проекций названия, а для названий — формулы. Результаты сверьте с приведенными ответами.



(1)



(2)



(3)

(4) *L*-рибо-3-Гексулоза (англо-американское название), или *L*-эритро-*L*-глицеро-3-гексулоза

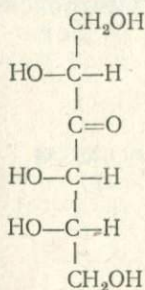
(5) *D*-алло-Гексоза, или *D*-аллоза (тривиальное название)

(6) *L*-глицеро-*D*-гуло-Диальдоза

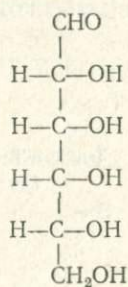
(1) *L*-эритро-*D*-глицеро-3-Гексозулоза, или *L*-арабино-3-гексозулоза (англо-американское название)

(2) *трео*-*D*-идо-Октоза; или 6,7-*D*-*трео*-2,3,4,5-*D*-идо-октоза

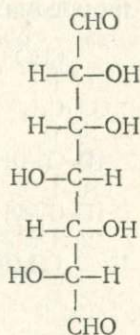
(3) *D*-глицеро-*L*-глицеро-3, 4-Гексодиулоза, или *D*-*трео*-3,4-гексодиулоза (англо-американское название)



(4)



(5)



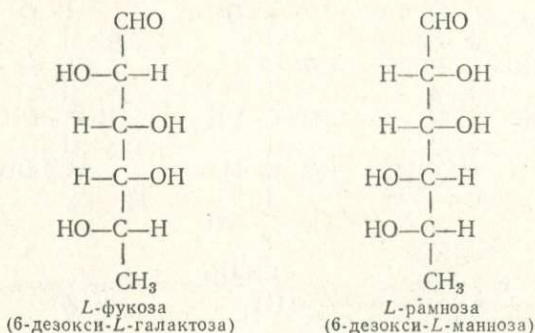
(6)

Ряд производных углеводов важны в биохимическом отношении. Таким производным будет посвящен последующий текст. Обсуждение не преследует цели дать исчерпывающие сведения; его задача — лишь познакомить вас с некоторыми примерами.

Отсутствие спиртовой ОН-группы в моносахариде или его производном указывают с помощью префикса *дезокс* *. Префиксу

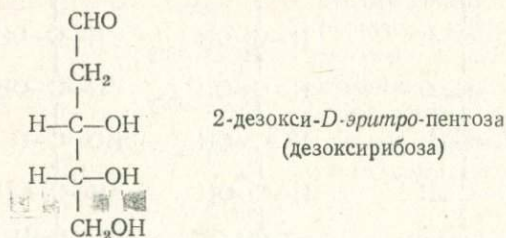
* Английский термин — deoxy. — Прим. переводчика.

предшествует цифра — локант, затем ставится дефис и следует систематическое или тривиальное название. Систематические названия составляют из соответствующего конфигурационного префикса и основы. Тривиальные названия используют лишь в тех случаях, когда трансформация в дезоксисоединение не меняет конфигурации ни одного хирального центра. Например:



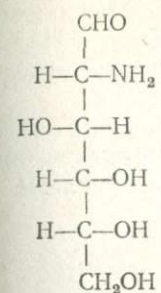
L-Рамноза — наиболее распространенный из природных дезоксисахаров. *L*-Фукоза является одним из продуктов гидролиза клеточных стенок морских водорослей и некоторых углеводов животного происхождения.

Специальное тривиальное название дано также 2-дезоксид-*D*-эритро-пентозе: это дезоксирибоза. Она является продуктом гидролиза дезоксирибонуклеиновых кислот (ДНК), которые присутствуют в хромосомах. Ее называют также 2-дезоксид-*D*-рибозой.

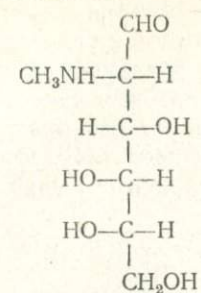


При замене спиртовой гидроксильной группы на аминогруппу образуются аминомоносахариды (аминосахара). Для номенклатурных целей эти соединения рассматриваются как продукты замещения соответствующего Н-атома в дезоксисоединениях на аминогруппу. Соответствующий С-атом сохраняется как хиральный центр и включается в конфигурационный префикс. *D*-Глюкозамин и *L*-галактозамин являются составными частями полисахаридов гликозидов мозга, гликопротеидов. Другие аminosахара изолированы из продуктов гидролиза метаболитов грибов и бактерий, часто обладающих антибиотическими свойствами. *N*-Метил-*L*-

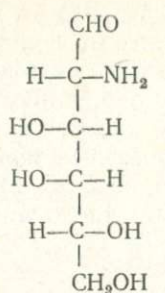
глюкозамин получен из стрептомицина, а 3-амино-3-дезоксид-рибоза — из пурамицина.



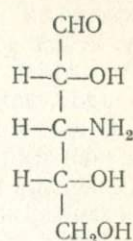
D-глюкозамин
(2-амино-2-дезоксид-*D*-глюкоза)



N-метил-*L*-глюкозамин
[2-дезоксид-2-(метил-амино)-*L*-глюкоза]



D-галактозамин
(2-амино-2-дезоксид-*D*-галактоза)

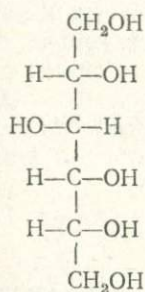


3-амино-3-дезоксид-*D*-рибоза

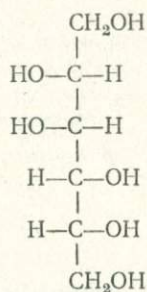
При биохимических превращениях углеводы часто подвергаются окислению и восстановлению. Ниже мы рассмотрим некоторые из образующихся при этом соединений.

Восстановление карбонильной группы альдозы или кетозы приводит к многоатомным спиртам, имеющим общее название *альдитолы*. Их названия производят от названий моносахаридов, заменяя окончание *оза* на *ит* *. Если один и тот же альдитол может быть произведен из двух альдоз, то предпочтительным является название, раньше появляющееся в алфавитном порядке.

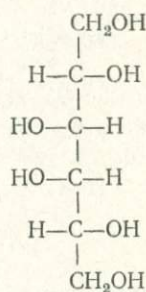
D-Глюцит (его тривиальное название *D*-сорбит **) найден во многих растениях от водорослей до высших растений. *D*-Маннит встречается во многих растениях и (в отличие от *D*-глюцита) находится также в выделениях растений — манне. Галактит также встречается во многих растениях и в их выделениях.



D-глюцит
(*D*-сорбит)



D-маннит



галактит

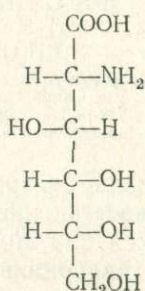
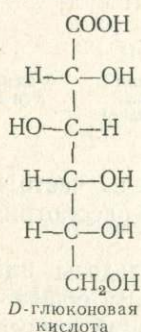
Для большей ясности галактит, имеющий плоскость симметрии, следовало бы называть *мезо*-галактитом.

* В английской номенклатуре окончание *итол*. — Прим. переводчика.

** В английской номенклатуре sorbitol (сорбитол). — Прим. переводчика.

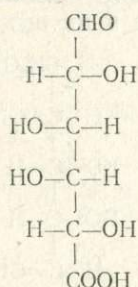
Окисление СНО-группы альдозы в СООН-группу приводит к *альдоновым кислотам*. Эти кислоты называют также *гликоновыми кислотами* и подразделяют на альдотрионовые, альдотетроновые и т. д. в зависимости от числа С-атомов в углеродной цепи. Названия индивидуальных соединений образуют из названий моносахаридов, заменяя окончание *-оза* на *-овая кислота*.

D-глюконовую кислоту используют для предотвращения пенообразования в щелочных моющих средствах. Общепринятое биохимическое название 2-амино-2-дезоксид-*D*-глюконовой кислоты — *D*-глюкозаминовая кислота.



2-амино-2-дезоксид-*D*-глюконовая кислота
(*D*-глюкозаминовая кислота)

Окисление конечной группы СН₂ОН переводит альдозы в *уроновые кислоты*, называемые также гликуроновыми кислотами. Их названия образуют, заменяя окончание *-оза* на *-уроновая кислота*. Номер 1 получает С-атом альдегидной, а не карбоксильной группы. *D*-Галактуроновая кислота находится в пектиновых веществах фруктов и ягод.

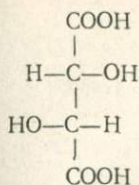


D-галактуроновая кислота

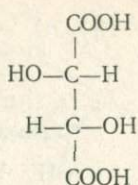
Дикарбоновые кислоты, возникающие при окислении обоих концевых групп альдоз, называют *альдаровыми кислотами*. Ранее их называли гликарновыми кислотами. Индивидуальные названия образуют, заменяя окончание *-оза* на *-аровая кислота*. Так, к альдаровым кислотам относится винная кислота*. Тривиальные

* Английское название: tartaric acid; отсюда *-аровые кислоты*. — Прим. переводчика.

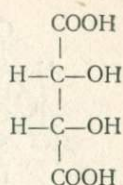
названия трех ее форм в обиходе предпочитают систематическим.*



(+)-винная кислота
(L-треаровая кислота)
(R,R-винная кислота)



(-)-винная кислота
(D-треаровая кислота)
(S,S-винная кислота)



мезо-винная кислота
(эритраровая кислота)
(R,S-винная кислота)

Олигосахариды и полисахариды являются полимерами (поликонденсатами), в которых моносахаридные звенья соединены гликозидными связями, чаще всего по положениям 1,4 или 1,6. Олигосахариды при гидролизе дают несколько молекул моносахаридов, полисахариды — множество таких молекул. Обычно мономерным звеном в природных полимерах служат остатки D-глюкозы. Большинство других олиго- и полисахаридов, находимых в природе, также построены из моносахаридов D-ряда. Хотя для несложных олигосахаридов можно построить систематические названия, однако обычно используют тривиальные.

По химическим свойствам олигосахариды можно разделить на две группы: невосстанавливающие и восстанавливающие. Как мы увидим, невосстанавливающие сахара не имеют HO-группы ни при одном аномерном центре, восстанавливающие — имеют свободную HO-группу при аномерном центре. По мере роста числа мономерных звеньев в олигосахаридах общее влияние трех свободных HO-групп уменьшается**.

Невосстанавливающие сахара называют гликозил-гликозидами; восстанавливающие — гликозил-гликозами***.

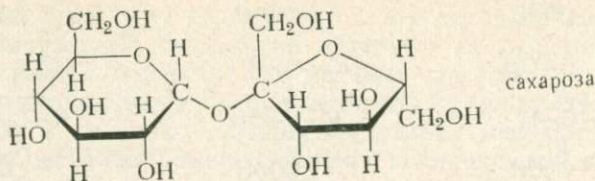
Сахароза — обычный пищевой сахар, является невосстанавливающим дисахаридом. Это значит, что в соединении нет свободных HO-групп при аномерном центре и что при гидролизе сахарозы

* Автор дает винным кислотам обозначения по «нижнему» хиральному центру. Более принято обозначать их по «верхнему» центру: тогда (+)-винная кислота оказывается D-винной. — Прим. переводчика.

** Это утверждение автора основано на недоразумении: ведь с каждым новым моносахаридным звеном прибавляются и три свободных HO-группы. Истинная причина различий, очевидно, в наличии водородных связей в полимерах. — Прим. переводчика.

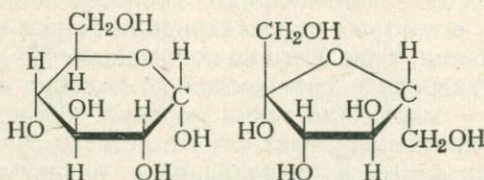
*** В английском языке оба названия различаются также написанием: glycosyl glycosides (два слова) и glycosylglycoses (одно слово). — Прим. переводчика.

образуются две молекулы моносахарида. Ниже приведена формула Хеворта для сахарозы:

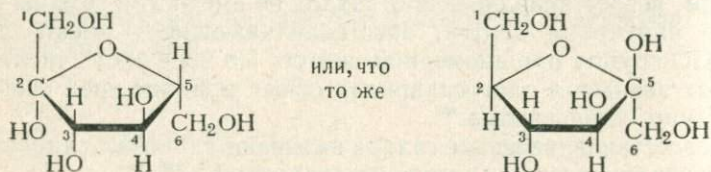


В этой и ряде последующих формул для наглядности будут выделены находящиеся в циклах С-атомы аномерных центров.

Расщепление гликозидной связи между двумя циклами дает следующие две структуры:



Написанную слева формулу легко идентифицировать как α -D-глюкопиранозу. Другую надо переориентировать так, чтобы аномерный центр был справа, что облегчит распознавание:

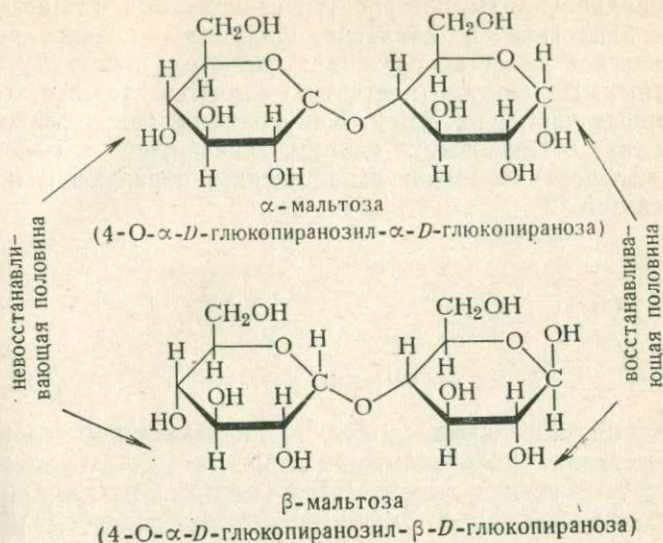


Теперь видно, что это β -D-фруктофуранозид. Поскольку в алфавите *глюко-* предшествует *фрукто-*, систематическое название сахарозы α -D-глюкопиранозил- β -D-фруктозид*.

Мальтоза — восстанавливающий дисахарид, образующийся при ферментативном гидролизе крахмала. Гидролиз мальтозы показывает, что она состоит из двух остатков D-глюкозы. Другими исследованиями показано, что в образовании связи участвуют атом С-1 невосстанавливающей половины и атом С-4 восстанавливающей половины молекулы. Эти данные позволяют построить формулы α - и β -мальтозы (которые отличаются лишь конфигура-

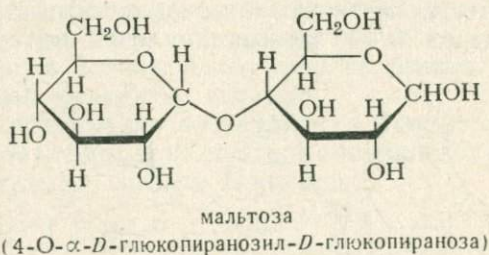
* По-английски соблюдение алфавитного порядка приводит к названию β -D-fructofuranosyl- α -D-glucopyranoside. — Прим. переводчика.

цией у аномерного центра восстанавливающей половины молекулы):



Систематические названия более информативны, так как они указывают места соединения и величину циклов, стереохимическое семейство, конфигурацию каждой составной части. В Chem. Abstr. при индексировании используют систематические названия.

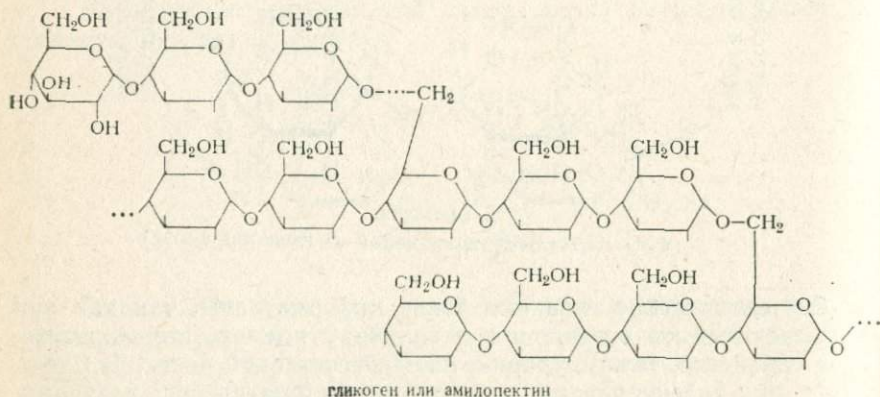
Вследствие того что различие между обоими изомерами невелико, мальтозу часто изображают, как показано ниже, подразумевая, что существует как α-, так и β-изомер, в зависимости от конфигурации аномерного центра в правой части молекулы:



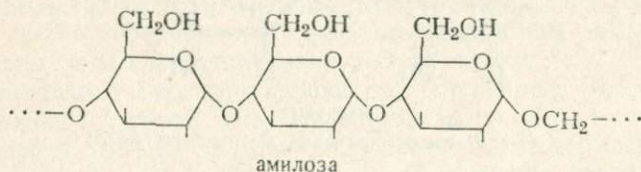
Полисахариды — углеводы с большой молекулярной массой, от 30 тысяч до 400 миллионов. Поскольку даже очищенные препараты не обладают полной однородностью, им не дают систематических названий. При построении из остатков одного моносахарида говорят о гомополисахаридах, при построении из двух или нескольких мономерных звеньев разного типа — о гетерополисахаридах. Многие полисахариды имеют хорошо известные тривиальные наз-

вания. Другим дают названия с окончанием *-ан* *, их генетическое название *гликаны*.

Гомополисахариды, построенные из остатков *D*-глюкозы, имеют большое биологическое значение. Крахмал — главное резервное энергетическое вещество растений; гликоген играет ту же роль у животных. Целлюлоза (клетчатка) является главным компонентом опорных частей растений. Как крахмал, так и гликоген, построены из *D*-глюкозных единиц, связанных α -1→4-связями (как в мальтозе), и имеют разветвления, образующиеся за счет α -1→6-связей **.



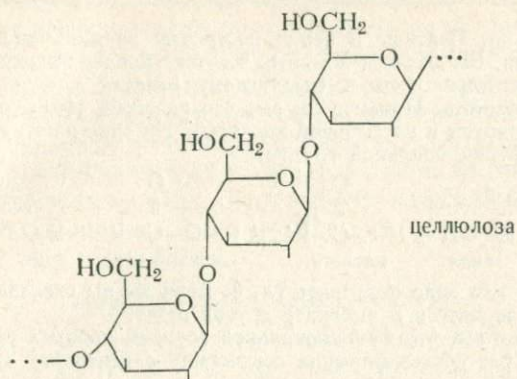
Крахмал и гликоген различаются числом разветвлений. Гликоген имеет разветвление в каждом 8—10 звене, в крахмале же имеются структуры почти линейные (амилоза) и структуры с разветвлениями через 20—30 звеньев (амилопектин).



* В английской номенклатуре *-ан*, в отличие от *ане* для алканов. — Прим. переводчика.

** Точнее — такое строение имеет одна из двух составных частей крахмала — амилопектин. Вторая составная часть — амилоза, имеет подобно целлюлозе линейное строение. — Прим. переводчика.

Целлюлоза представляет собой линейный полимер, составленный из единиц *D*-глюкозы, которые связаны β -1 \rightarrow 4-связями.

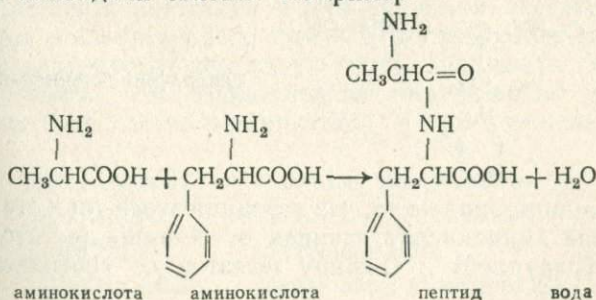


Различия в конфигурации между амилозой и целлюлозой (α -1 \rightarrow 4-связи и β -1 \rightarrow 4-связи соответственно) ответственны за резко выраженные различия в физических свойствах и еще более удивительные различия в химических свойствах. Крахмал является почти универсальным продуктом питания, целлюлоза же перерабатывается лишь некоторыми микроорганизмами. Даже лесные термиты зависят от живущих в их пищеварительном тракте микроорганизмов, поставляющих ферменты, необходимые для расщепления β -1 \rightarrow 4-связи.

5.2. ПЕПТИДЫ И БЕЛКИ

Белки (протеины) представляют собой наиболее важную составную часть живых организмов. Все клетки, все вирусы содержат белки; когда доказано присутствие живой системы — несомненно, что в ней имеются белки. Мышечные волокна, кожа, нервы, кровь — состоят в значительной мере из белков. Белками являются гормоны, ферменты, антитела.

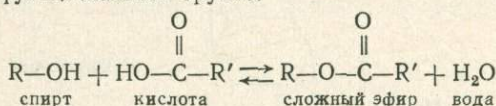
Белки по своему строению являются полимерами (поликонденсатами), составленными из остатков аминокислот (см. разд. 3.9), связанных пептидной связью. Например:



Этот тип связи вы встречали ранее. Что это такое?
(А) Амид; (Б) сложный эфир; (В) простой эфир.

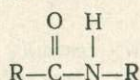
(А). Правильно. Пептиды и белки построены из аминокислот, связанных амидными связями. Вы должны помнить, что текстильное волокно нейлон имеет такую же связь. Переходите к следующему разделу.

(Б). Вы ошибаетесь. Помните ли вы, что сложные эфиры образуются при реакции между спиртом и карбоновой кислотой? Ни одно из этих веществ не содержит азота в функциональной группе.



По-видимому вам надо повторить гл. 3. Если же вы сделали ошибку лишь по-небрежности, вернитесь и выберите другой ответ.

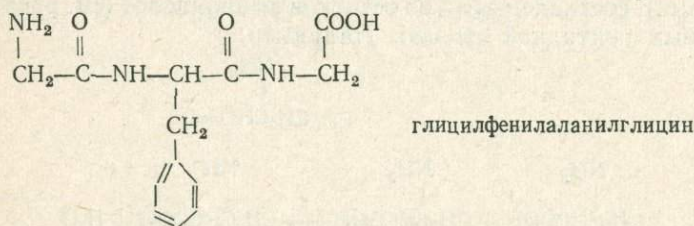
В. Помните ли вы, что функциональной группой простых эфиров является —О—? Вот еще раз общая формула соединений с пептидной связью:



Функциональной группой здесь является $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ || \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$
Такая группа образуется в результате реакции между амином и карбоновой кислотой. Освежает ли это напоминание вашу память? Если нет, необходимо повторить главу 3. Если поняли, вернитесь и выберите другой ответ.

Члены этого класса соединений называют также *пептидами* или *полипептидами*, причем не существует общепринятого различия между этими терминами и названием *протеин* (белок). Белками обычно называют природные полипептиды с молекулярной массой порядка тысяч и более. В составе белков иногда находятся и неаминокислотные компоненты.

Ученые, исследующие явления жизни, имеют свою терминологию, однако есть и ряд общепринятых норм. В Chem. Abstr. при индексировании используют систематические названия полипептидов, в обиходе же употребительны названия, в которых перечисляется последовательность аминокислот. Например:



Обратите внимание на то, что названия этого типа строятся как перечисление аминокислот начиная от N-конца (остаток со свободной NH₂-группой) к C-концу (остаток со свободной COOH-группой).

Вместо названий и формул аминокислот часто используют специальные символы. Существуют две системы таких символов. В первой из них, обычно используемой для формул-последовательностей, каждая аминокислота обозначается трехбуквенным сокращением (обычно это три первых буквы тривиального названия аминокислоты). Первую букву пишут или печатают прописной, остальные две — строчными. Подразумевается, что аминокислоты имеют *L*-конфигурацию, если не приводят иных указаний. Во второй системе каждая аминокислота обозначается одной заглавной буквой. Как можно убедиться из табл. 5.4, символы из одной буквы меньше напоминают о названиях.

Таблица 5.4. Обычные аминокислоты

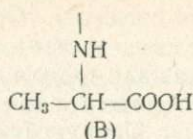
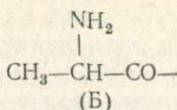
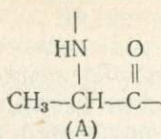
Название	Трёхбуквенный латинский символ			Название	Трёхбуквенный латинский символ		
	Трёхбуквенный латинский символ	Трёхбуквенный русский символ*	Однбуквенный символ		Трёхбуквенный латинский символ	Трёхбуквенный русский символ*	Однбуквенный символ
Аланин	Ala	Ала	A	Изолейцин	Ile	Иле	I
Аргинин	Arg	Арг	R	Лейцин	Leu	Лей	L
Аспарагин	Asn	Асн	N	Лизин	Lys	Лиз	K
Аспарагиновая кислота	Asp	Асп	D	Метионин	Met	Мет	M
Валин	Val	Вал	V	Пролин	Pro	Про	P
Гистидин	His	Гис	H	Серин	Ser	Сер	S
Глицин	Gly	Гли	G	Тирозин	Tyr	Тир	Y
Глутамин	Gln	Глн	Q	Треонин	Thr	Тре	T
Глутаминовая кислота	Glu	Глу	E	Триптофан	Trp	Три	W
				Фенилаланин	Phe	Фен	F
				Цистеин	Cys	Цис	C

* В отечественной практике больше используются латинские трехбуквенные символы, однако мы все же сочли возможным привести также и употреблявшиеся ранее русские трехбуквенные символы. — *Прим. переводчика.*

Для облегчения печатания и для экономии места в качестве стандартного соединительного символа используется дефис, обозначающий по существу пептидную связь. Используя глицин как пример, покажем, что аминокислота определенной структуры может входить в состав полипептида в трех разных формах:

$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	свободная аминокислота
$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CO-}$	левая часть (N-концевая)
$\text{-NHCH}_2\text{CO-}$	внутреннее звено
$\text{-NHCH}_2\text{COOH}$	правая часть (C-концевая)

Какой из приводимых ниже структурных формул отвечает обозначение Ala-?

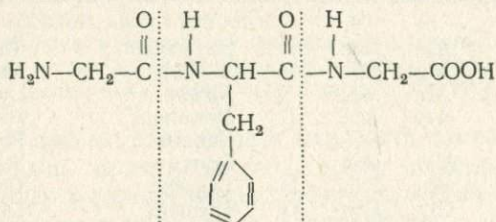


(А). Неправильно. Как вы можете видеть по символу Ala-, имеется лишь одна свободная валентность, изображается левая часть. Выбранная же вами структурная формула имеет две свободных валентности: это внутреннее звено. Вернитесь и выберите другой ответ.

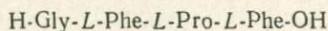
(Б). Вы правы. Символ Ala- изображает левую часть аминокислоты с сохранившейся NH₂-группой и свободной валентностью в группе —CO—. Переходите к следующему разделу.

(В). Вы ошибаетесь. Символ Ala- изображает левую часть молекулы. Она должна иметь неизмененную NH₂-группу. Выбранная вами формула имеет группу —NH— и является правой частью. Вернитесь и выберите другой ответ.

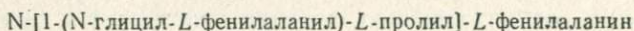
Хотя формула Gly-Phe-Gly правильно изображает строение трипептида, формула которого приведена ниже, однако обычно ее записывают H-Gly-Phe-Cly-OH, чтобы яснее подчеркнуть левую (N-концевую) и правую (С-концевую) часть молекулы.



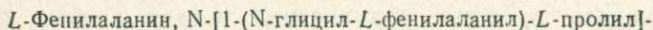
В практике Chem. Abstr. линейные пептиды из 2—12 звеньев индексируются по «пептидным систематическим названиям». «Входом» при этом служит *правая* часть (С-концевая аминокислота). Указывают также конфигурации с помощью префиксов *D* и *L*. Следует помнить, что глицин не требует такого префикса, так как не имеет хирального центра. Например



имеет название:

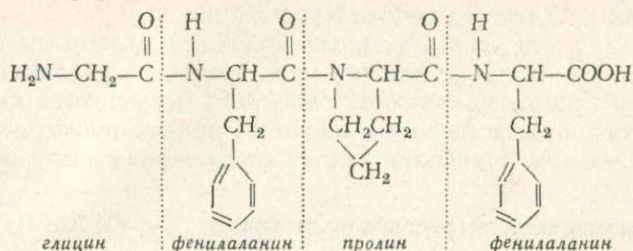


В указателе это название предстанет в такой форме:



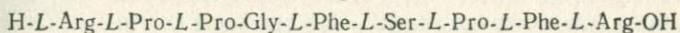
Внимательно рассмотрите это название. Обратите внимание на то, что три звена, заключенные в квадратные скобки, присоединены к азоту концевой остатка фенилаланина. Два остатка, заключенные в круглые скобки, связаны с положением I пролинового кольца. Остаток глицина связан с азотом неконцевого остатка

фенилаланина. Ниже для сравнения и изучения вами приводится структурная формула этого пептида:

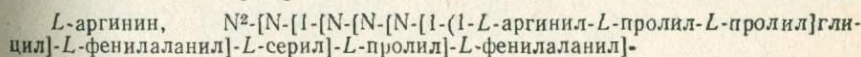


Линейные пептиды, состоящие из 13 и большего числа остатков, индексируются по сокращенным названиям, выражающим последовательность аминокислот и похожим на систематические названия пептидов, но без знаков выделения и локантов.

Природные биологически активные пептиды, состоящие из пяти или меньшего числа аминокислотных остатков, индексируются по пептидным систематическим названиям. Подобные пептиды с 6—50 остатками помещаются под тривиальными названиями, обычно употребляемыми в литературе, с отсылкой к названию-последовательности. Ниже приводится пример, взятый из «Index Guide» Chem. Abstr. Пептид строения



индексируется под тривиальным названием брадикинин. От систематического инвертированного названия



дается ссылка к тривиальному названию. Посмотрев на такое название, легко понять, почему исследователи, работающие в данной области, предпочитают использовать тривиальные названия.

В Chem. Abstr. произвольно принято считать белками природные полипептиды, содержащие более 50 аминокислотных остатков. Белок, для которого известна аминокислотная последовательность, индексируется как химическое соединение под своим тривиальным названием с дополнительной информацией, как то помещаемым в скобках названием биологического вида.

5.3. ЖИРЫ И МАСЛА

Жиры и масла составляют третий большой класс продуктов питания человека. Они являются сложными эфирами высших жирных (алифатических) кислот и пропантриола-1,2,3. Для последнего в правилах IUPAC принято тривиальное название глицерин (glycerol) в то время как в Chem. Abstr. используется систематическое название. Различие между жирами и маслами заклю-

чается в том, что первые являются твердыми или мазеобразными при температуре, обычной для страны их нахождения, в то время как масла при той же температуре жидки.

Поскольку все жиры и масла являются сложными эфирами глицерина, их различие должно проистекать из различий в природе кислот, этерифицирующих глицерин. Встречаются как насыщенные, так и ненасыщенные кислоты, причем последние преобладают в маслах. Наиболее важны следующие насыщенные кислоты:

Додекановая кислота (лауриновая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
Тетрадекановая кислота (миристиновая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
Гексадекановая кислота (пальмитиновая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
Октадекановая кислота (стеариновая кислота)	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$

Вы должны были заметить, что все они имеют четное число атомов углерода.

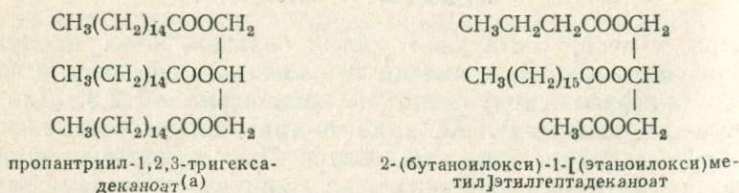
Все важнейшие непредельные кислоты жиров имеют 18 атомов углерода и одну двойную связь в центре молекулы, между атомами 9,10. Если присутствуют еще и другие двойные связи, то они располагаются в удаленной от карбоксильной группы части молекулы. Ниже приводятся линейные формулы трех таких кислот с их тривиальными названиями. Все двойные связи имеют *Z*-(*цис*-) конфигурацию. Каковы их систематические названия?

Олеиновая кислота	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Линолевая кислота	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Линоленовая кислота	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

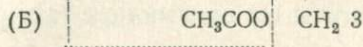
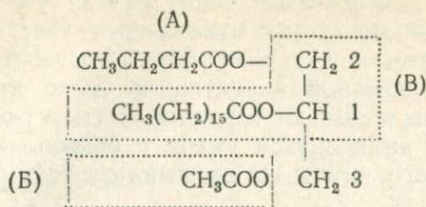
Их систематические названия:

Олеиновая кислота:	(<i>Z</i>)-октадецен-9-овая кислота
Линолевая кислота:	(<i>Z,Z</i>)-октадекадиен-9,12-овая кислота
Линоленовая кислота:	(<i>Z,Z,Z</i>)-октадекатриен-9,12,15-овая кислота

Сложные эфиры глицерина обычно называют глицеридами. Их названия образуют таким же путем, как и названия других сложных эфиров, например ^(a) (см. подстрочное примечание на с. 267):



[* Название строится следующим образом:



Часть (А): 2-бутаноилокси. Часть (Б): 1-(этанойлокси) и прибавляется метил от атома С-3 глицерина — 1-[(этанойлокси)метил]. Часть (В): этилгептадеканойат. В итоге и получаем приведенное выше название: 2-(бутаноилокси)-1-[(этанойлокси)метил]-этилгептадеканойат. — Прим. переводчика *

В указателях Chem. Abstr. триэфиры индексируются при соответствующих кислотах, например: Гексадекановая кислота, эфиры. Смешанные эфиры упоминаются под названием каждой из кислот.

Поскольку жиры и масла являются смешанными глицеридами и в общем случае не имеют постоянного состава, их обычно именуют тривиальными названиями, отражающими происхождение. Наиболее часто в природе встречаются пальмитиновая и олеиновая кислоты.

Кроме жиров и масел также и некоторые другие природные вещества образуют при гидролизе жирные кислоты. Это воска, фосфатиды, эфиры холестерина (см. с. 273). Биохимики объединяют жирные кислоты, содержащие их вещества и другие жирорастворимые продукты под общим названием липидов.

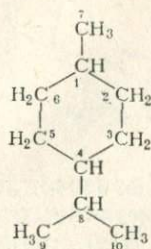
5.4. ТЕРПЕНЫ

В широком смысле термин терпены охватывает все выделяемые из эфирных масел растений соединения, углеродный скелет которых может быть мысленно разделен на изопентановые (изо-С₅) единицы. В более узком смысле к терпенам относят только соединения, содержащие два подобных изо-С₅-остатка. Весь класс терпенов в широком смысле включает тогда гемитерпены (полутерпены) С₅, терпены С₁₀, сесквитерпены С₁₅, дитерпены С₂₀ и т. д. Изопентановые единицы соединены обычно по типу «голова к хвосту».

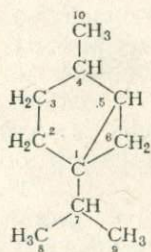
Формулы, с помощью которых изображают терпены и их производные, обычно записывают в условном «скелетном» виде. Углеродные атомы при этом представляют себе находящимися не только в местах пересечения двух или большего числа линий, но

(а) Широко используются названия типа 1,2,3-тристеарат глицерина (тристеарин) и т. д. — Прим. переводчика.

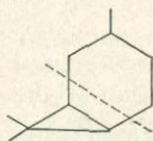
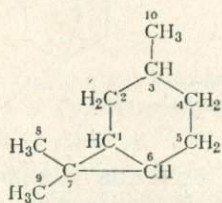
ными правилами IUPAC тривиальными названиями и используемыми в указателях Chem. Abstr. систематическими названиями (перекрестные отсылки от названий по правилам IUPAC даны в «Index Guide»):



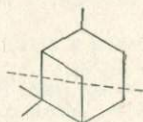
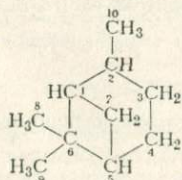
ментан (*l*-изомер)
1-метил-4-(1-метилэтил)циклогексан



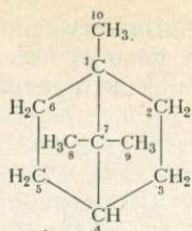
туян
4-метил-1-(1-метилэтил)бицикло[3.1.0]гексан



каран
3,7,7-триметилбицикло[4.1.0]гептан



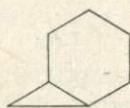
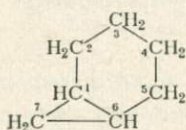
пинан
2,6,6-триметилбицикло[3.1.1]гептан



борнан

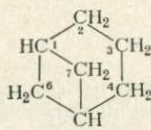
1,7,7-триметилбисцикло[2.2.1]гептан

В названиях терпенов префикс *nor* означает полную замену всех стоящих у циклической структуры метильных групп на атомы водорода. Такая замена приводит еще к трем структурным типам:



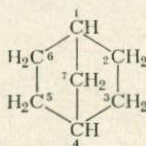
норкаран

бисцикло[4.1.0]гептан



норпинан

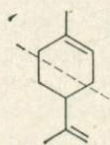
бисцикло[3.1.1]гептан



норборнан

бисцикло[2.2.1]гептан

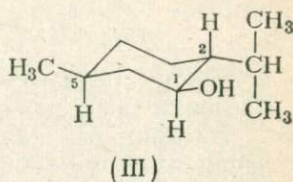
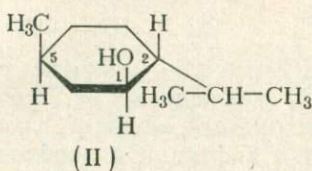
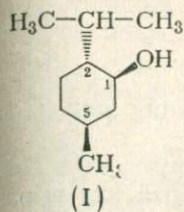
Большинство моноциклических терпенов являются производными *n*-ментана. Лимонен — главный терпеновый компонент лимонного, апельсинового, тминного, укропного и других масел. Он имеет хиральный центр; оба стереоизомера встречаются в природе.



лимонен

1-метил-4-(1-метилэтенил)циклогексен

Ментол является кислородным производным *n*-ментана *. Он имеет три хиральных центра; известны все восемь оптических изомеров. Ниже приводятся три способа изображения одного из этих изомеров:

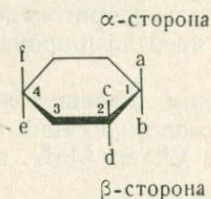


(+)-ментол

[1*S*-(1 α ,2 β ,5 α)]-5-метил-2-(1-метилэтил)циклогексанол

В формуле (I) кольцо находится в плоскости бумаги. Связи, идущие к группам над этой плоскостью (к наблюдателю), показаны черными сплошными клиньями; связи идущие за плоскость, — пунктирным клином. В формуле (II) плоскость кольца перпендикулярна к бумаге, как в формулах Хеворта для углеводов **. Перспективная формула (III) изображает устойчивую конформацию кресла ***.

Обозначения α - и β -используются для указания положения заместителей в циклических соединениях при индексации в Chem. Abstr. Их применение иллюстрирует схема ****:



Старшие (опорные) группы у каждого хирального центра определяются по правилу последовательности; допустим, что в данном примере это группы а, с, е. Если «а» это функциональная группа (например, OH), определяющая начало нумерации, то α -стороной считается та, на которой находится опорный заместитель у хирального центра с наименьшим номером. В данном примере α -сто-

* В оригинале — «производным лимонена». Однако в действительности ментол структурно, конечно, ближе к ментану, а не к лимонену. — Прим. переводчика.

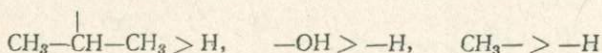
** Заместители располагаются при этом выше и ниже кольца. — Прим. переводчика.

*** Устойчивость этой конформации связана с тем, что в ней все три заместителя занимают выгодное экваториальное положение. — Прим. переводчика.

**** Полезно предупредить, что это пока произвольный пример, не имеющий отношения к рассматриваемой конфигурации ментола (I). — Прим. переводчика.

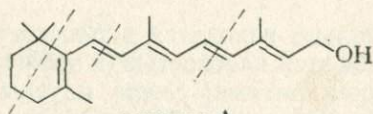
рону определяет заместитель «а»; заместитель «с» лежит на той же стороне и получает обозначение α ; заместитель «е» лежит на противоположной стороне и обозначается β . В целом получается $1\alpha, 2\alpha, 4\beta$.

Прилагая этот принцип к (+)-ментолу, имеем



α -Сторону определяет НО-группа — опорная группа при С-1. Следовательно, получается обозначение $1\alpha, 2\beta, 5\alpha$.

Витамин A_1 , жирорастворимый витамин, участвующий в создании невосприимчивости к инфекции и необходимый для выработки зрительного пурпура (родопсина), является моноциклическим дитерпеном*.



витамин A_1

Название в указателе СА: (полностью-*транс*) ретинол.
Систематическое название: (полностью *E*)-3,7-диметил-9-(2,6,6-триметилциклогексен-1-ил-1)нонатетраен-2,4,6,8-ол-1

Витамин A_1 является физиологически активным веществом, а не просто неким химическим соединением. Литература о витамине А в Chem. Abstr. индексируется по химическому признаку при каротинах, ретиноле, дидегидроретиноле и т. д. Образцы, выделенные как витамин A_1 , идентифицированы как ретинол с полной *транс*-конфигурацией.

Важным бициклическим терпеном является α -пинен — главная составная часть соснового скипидара. По правилам IUPAC его называют пинен-2, в Chem. Abstr. индексируют под систематическим названием.



пинен-2
2,6,6-триметилбицикло[3.1.1]гептен-2

Как вы видите, сложность терпенов и их производных приводит к усложненным названиям. В правилах IUPAC принят ряд тривиальных названий, однако для индексации в Chem. Abstr. используют систематические названия, если только в структуре не содержится более четырех циклов, или не слишком сложна ее стереохимия. Единственное рассмотренное в данном разделе вещество, индексируемое под тривиальным названием в Chem. Abstr., это ретинол.

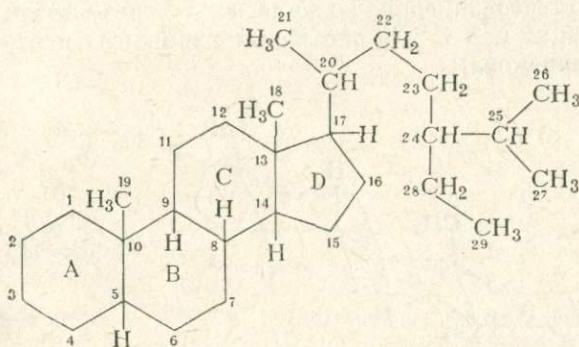
* Обозначение *all-trans* указывает на *транс*-конфигурацию по всем двойным связям. — Прим. переводчика.

5.5. СТЕРОИДЫ

Стероиды — соединения, содержащие циклическую систему, родственную имеющейся в холестерине. Эта группа включает стерины, желчные кислоты, сердечные агликоны, половые гормоны, адреностероиды, яды жаб, стероидные сапогенины.

С точки зрения номенклатуры стероиды являются производными циклопентано[а]фенантрена. Символ [а] указывает здесь порядок сочленения циклопентановой и фенантреновой циклических систем. Вследствие существования большого числа стероидов и сложности их стереохимии для этих соединений разработана обширная специализированная номенклатура. В данном разделе будут рассмотрены основы этой номенклатуры и приведены примеры конкретных соединений.

Кольца в стероидах обозначают латинскими буквами, а атомы нумеруют в соответствии с приводимой ниже схемой:

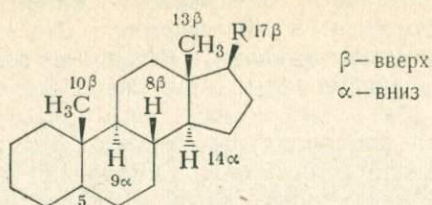


При использовании стероидных названий приведенная нумерация сохраняется и в тех случаях, когда один или несколько С-атомов в приведенной формуле отсутствуют*.

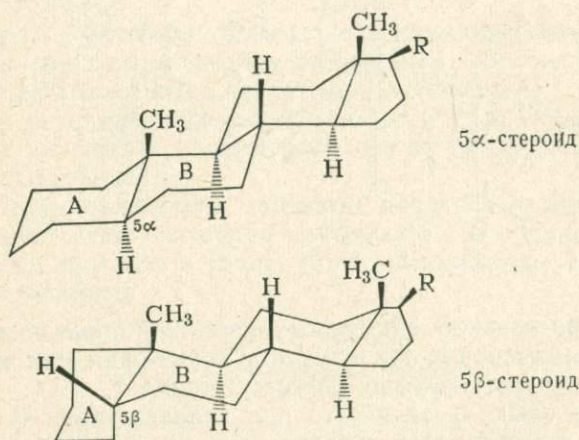
Если нет иных указаний, то при использовании стероидных названий ориентация заместителей при узловых атомах 8, 9, 10, 13 и 14 отвечает приводимой ниже схеме. Углеродная цепь, связанная с атомом С-17, считается ориентированной над кольцом. При подобной записи формул связи, идущие вверх от плоскости бумаги, изображают жирно, а идущие вниз — пунктирно. Первые из них (идущие вверх) обозначают β, вторые (идущие вниз) — α.

* Отсутствие указывают приставкой *nor* с соответствующим локантом. —
Прим. переводчика.

Таким образом, если нет иных указаний, подразумеваются конфигурации $8\beta, 9\alpha, 10\beta, 13\beta, 14\alpha, 17\beta$.



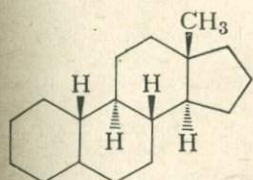
Если известна конфигурация водорода или заместителя у узлового атома С-5, то ее обозначают добавлением символа α или β к цифре 5 с постановкой этого локанта и символа перед основной названию. Хотя стероиды вообще могут иметь много стереоизомеров, конфигурация при С-5 определяет геометрию сочленения колец А и В, что имеет большое значение для биологических и химических свойств веществ. Ниже приведены перспективные формулы двух стереоизомеров, возникающих в результате различия в конфигурации при С-5 (у остальных хиральных центров конфигурация одинакова):



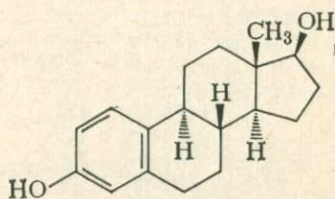
Для стероидных производных, имеющих тривиальные названия, употребляют взятые из систематической номенклатуры суффиксы, сохраняющие свой обычный смысл. Так, например, эстрадиол имеет две гидроксильных группы, тестостерон—кетонную группу и т. д. Даже те стероиды, которые имеют широко известные тривиальные названия, индексируются в настоящее время в Chem. Abstr. под их систематическими названиями. Эти названия основаны на родоначальных стероидных структурах, через «Index

Guide» они связаны перекрестными ссылками с тривиальными названиями. В «Index Guide» имеются также структурные формулы каждой родоначальной структуры.

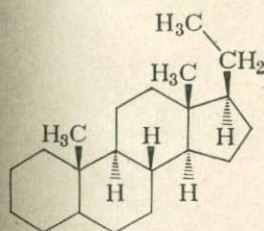
Ниже приводятся пять пар формул стероидов и их производных. Первой в каждой паре дана родоначальная структура с ее тривиальным названием. Вторая формула — производное данной структуры с систематическим названием, используемым в Chem. Abstr., и тривиальным названием, употребляемым большинством авторов*.



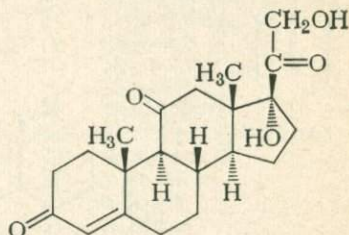
эстран



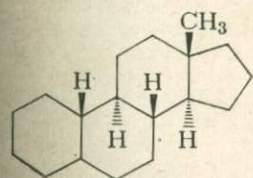
эстратриен-1,3,5(10)диол-3,17,
эстрадиол, женский половой гормон



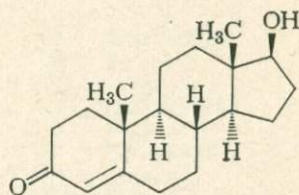
прегнан



17,21-дигидроксипрегнен-4-трион-3,11,20,
кортизон, адреногормон

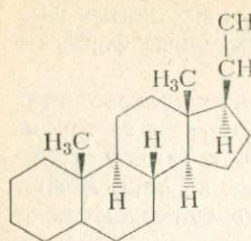


андростан

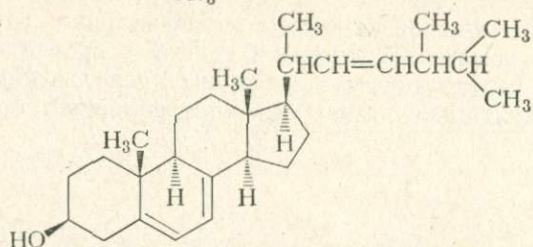


(17β)17-гидроксиандростен-4-он-3,
тестостерон, мужской половой гормон

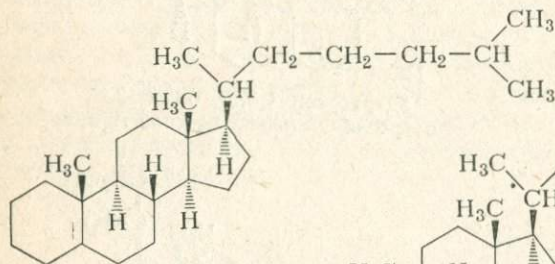
* В английской номенклатуре стерины, и в частности эргостерин и холестерин, называют sterols (ergosterol, cholesterol). — Прим. переводчика.



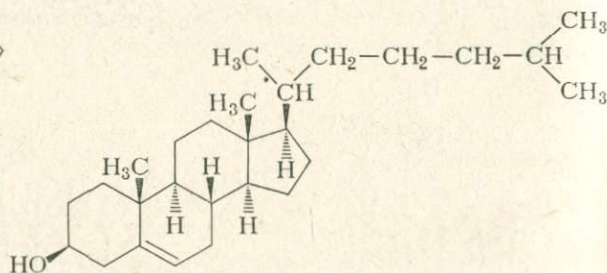
эргостан



(3β)-эргостатриен-5,7,22-ол-3,
эргостерин, растительный стероид



холестан



(3β)-холестен-5-ол-3,
холестерин, животный стероид

**Приложение 1. Старшинство некоторых
распространенных групп по правилу
последовательности**

А. Алфавитный список (большой номер означает большее старшинство)*

10	Аллил	45	Метиламино
43	Амино	71	Метилсульфинил
44	Аммонии H_3N^+	66	Метилсульфинилокси
36	Ацетил	72	Метилсульфонил
48	Ацетиламино	67	Метилсульфонилокси
21	Ацетиленил	70	Метилтио
64	Ацетокси	58	Метокси
13	Бензил	39	Метоксикарбонил
60	Бензилокси	11	Неопентил
41	Бензилоксикарбонил	56	Нитро
50	Бензоилоксикарбониламино	55	Нитрозо
37	Бензоил	27	<i>m</i> -Нитрофенил
49	Бензоиламино	33	<i>o</i> -Нитрофенил
65	Бензоилокси	24	<i>p</i> -Нитрофенил
75	Бром	6	<i>n</i> -Пентил
16	<i>втор</i> -Бутил	18	Пропенил
5	<i>n</i> -Бутил	4	Пропил
19	<i>трет</i> -Бутил	29	Пропинил-1
42	<i>трет</i> -Бутоксикарбонил	12	Пропинил-2
15	Винил	73	Сульфо
1	Водород	25	<i>m</i> -Толил
7	<i>n</i> -Гексил	30	<i>o</i> -Толил
57	Гидроксил	23	<i>p</i> -Толил
62	Гликозилокси	53	Триметиламмонио
51	Диметиламино	32	Тритил
34	2,4-Динитрофенил	22	Фенил
28	3,5-Динитрофенил	54	Фенилазо
52	Диэтиламино	47	Фениламино
9	Изобутил	61	Феноксил
8	Изопентил	35	Формил
20	Изопропенил	63	Формилокси
14	Изопропил	68	Фтор
76	Иод	74	Хлор
38	Карбоксил	17	Циклогексил
31	2,6-Ксиллил	3	Этил
26	3,5-Ксиллил	46	Этиламино
69	Меркапто	59	Этокси
2	Метил	40	Этоксикарбонил

* Из временных правил IUPAC 1968, раздел E, основы стереохимии; J. Org. Chem. 1970, v. 35, p. 2866.

Необходимо иметь в виду, что изменение структуры, замещение и т. д. может изменить порядок старшинства.

Б. Возрастание старшинства по правилу последовательности

1	Водород	39	Метоксикарбонил *
2	Метил	40	Этоксикарбонил *
3	Этил	41	Бензилоксикарбонил *
4	<i>n</i> -Пропил	42	<i>трет</i> -Бутоксикарбонил *
5	<i>n</i> -Бутил	43	Амино
6	<i>n</i> -Пентил	44	Аммоний H_3N^+
7	<i>n</i> -Гексил	45	Метиламино
8	Изопентил	46	Этиламино
9	Изобутил	47	Фениламино
10	Аллил	48	Ацетиламино
11	Неопентил	49	Бензоиламино
12	Пропинил-2	50	Бензилоксикарбониламино
13	Бензил	51	Диметиламино
14	Изопропил	52	Диэтиламино
15	Винил	53	Триметиламмоний
16	<i>втор</i> -Бутил	54	Фенилазо
17	Циклогексил	55	Нитрозо
18	Пропенил-1	56	Нитро
19	<i>трет</i> -Бутил	57	Гидроксильный
20	Изопропенил	58	Метоксильный
21	Ацетиленил	59	Этоксильный
22	Фенил	60	Бензилоксильный
23	<i>n</i> -Толил	61	Феноксильный
24	<i>n</i> -Нитрофенил	62	Гликозилоксильный
25	<i>m</i> -Толил	63	Формилоксильный
26	3,5-Ксилил	64	Ацетоксильный
27	<i>m</i> -Нитрофенил	65	Бензилоксильный
28	3,5-Динитрофенил	66	Метилсульфинилоксильный
29	Пропинил-1	67	Метилсульфонилоксильный
30	<i>o</i> -Толил	68	Фтор
31	2,6-Ксилил	69	Меркапто $HS-$
32	Тритил	70	Метилтио CH_3S-
33	<i>o</i> -Нитрофенил	71	Метилсульфинил
34	2,4-Динитрофенил	72	Метилсульфонил
35	Формил	73	Сульфо HO_2S-
36	Ацетил	74	Хлор
37	Бензоил	75	Бром
38	Карбоксильный	76	Иод

* Эти группы имеют строение $RO-\overset{\parallel}{C}-$
 O

Приложение 2. Заместительные названия функциональных групп

Перечисляемые ниже группы приводятся в названиях только в префиксе. Порядок их перечисления в приводимой ниже таблице не имеет значения при употреблении в названиях, где они расставляются по алфавиту.

Формула	Название в префиксе	Формула	Название в префиксе
—Br	бром	—OOH	гидроперокси *
—Cl	хлор	—OR **	R-окси
—F	фтор	—OOR	R-диокси
—I	иод	—SR	R-тио
=N ₂	диазо	—SOR	R-сульфинил
—N ₃	азидо	—SO ₂ R	R-сульфонил
—NO	нитрозо	—SSR	R-дитио
—NO ₂	нитро		

* В русской номенклатуре группу —OOR называют в префиксе *перокси*. Группа —OOH может помещаться также в суффиксе в виде *гидропероксид*. Это допускается и правилами IUPAC. — *Прим. переводчика.*

** Здесь и далее R обозначает алкильную группу или арильную группу. Например, —OCH₃ метокси, —SO₂C₆H₅ фенилсульфонил и т. д.

Приводимые ниже группы могут называться как в префиксе *, так и в суффиксе. Они перечисляются здесь в порядке падающего старшинства, определяющего перенос в суффикс. Жирная буква «С» в названии показывает, что обозначенный так С-атом не входит в обозначение соответствующей функции **.

Формула	Названия	
	в суффиксе	в префиксе
Катионы	-оний	-онно
Анионы	-ат, -ид	-ато, -идо
—COOH	-овая кислота	—
—COOH	-карбоновая кислота	карбокси
—SO ₃ OH	-сульфовая кислота	сульфо
—COX	-онилгалогенид	—
—COX	-карбонилгалогенид	галоформил
—CONH ₂	-амид	—
—CONH ₂	-карбоксамид	карбамоил
—CONHCO—	-имид	—
—CONHCO—	-дикарбоксамид	иминодикарбонил
—C≡N	-нитрил	—
—C≡N	-карбонитрил	циано
—CHO	-аль	оксо
—CHO	-карбальдегид	формил
CO	-он	оксо
C=S	-тион	тиоксо
—OH	-ол	гидрокси (a)
—SH	-тиол	меркапто
—NH ₂	-амин	амино
=NH	-имин	имино

(a) В русской номенклатуре ранее было принято «окси», что, однако, представляется нецелесообразным. — *Прим. переводчика.*

* При наличии в соединении старшей функции, название которой помещено в суффиксе. — *Прим. переводчика.*

** То есть считается составной частью углеродной цепи — основы названия. — *Прим. переводчика.*

Приложение 3. Порядок старшинства классов соединений

Ниже приводится сокращенный список классов по падающему старшинству, используемому в Chem. Abstr. (начиная с 9-го периода сводного указателя, с 1972 г.).

Свободные радикалы
Катионные соединения: органические (аммониевые) катионы
Анионные соединения: карбанионы из кислот, спиртов, аминов
Кислоты
Галогенангидриды кислот
Амиды
Нитрилы
Альдегиды
Кетоны
Спирты и фенолы (имеют одинаковый ранг), тиолы
Гидропероксиды
Амины
Имины
Соединения азота
Соединения кислорода
Соединения серы
Соединения углерода, включая карбоциклические, ациклические углеводороды

Приложение 4. Линейное кодирование формул по Висвессеру

Цель как названий, так и различного рода формул — давать информацию о химических соединениях. С ростом числа соединений возрастала и сложность номенклатурных систем, предназначенных для того, чтобы каждому соединению дать единственное название. Эта книга посвящена ознакомлению с систематическими названиями органических соединений.

Наряду с ростом химических знаний происходили глубокие изменения и в других областях, как то в выработке способов различного рода сокращенных обозначений как средства справиться с информационным взрывом. Свидетельством таких изменений является, например, превращение телефонного номера Pennsylvania 6-5000 в 736-5000 и широкое распространение сокращенных названий организаций, как то: ACS, AMA, EPA, DOT, FDA, HUD, NASA, TVA и т. д.

Химики с давних времен понимали экономичность и удобство записи формул химических соединений в одну строку, например $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Великий Иенс Якоб Берцелиус, которого часто называют «организатором химии», утверждал, что «в качестве химических символов следует использовать буквы, поскольку их легче писать, чем другие символы, и они не «безобразят» напечатанную

книгу»*. Развитие современных устройств для автоматической обработки данных поставило еще более строгие ограничения для выбора обозначений из-за ограниченного числа применяемых букв, отсутствия подстрочных и надстрочных знаков.

В 1950 г. Висвессер предложил способ линейной записи формул, совместимый с устройствами автоматической обработки данных. После основополагающих работ Висвессера, Э. Г. Смит и другие начали составлять обширные списки соединений, закодированных по системе линейного кодирования формул Висвессера (WLN—Wiswesser Line-Formula Notation). В настоящее время работа по развитию WLN находится в руках Ассоциации Химических Обозначений (Chemical Notation Association) — международной группы, в составе которой более ста членов.

Система WLN принята в информационных службах большого числа академических, промышленных и административных организаций. Можно ожидать, что большинство обучающихся в настоящее время химиков будут в какой-то мере использовать WLN в своей работе.

Система WLN стремится дать каждой химической структуре однозначное, определенное обозначение, используя простой набор из 42-х символов, включающий 26 заглавных латинских букв от A до Z, десять цифр от 0 (ноль) до 9, пять знаков пунктуации [знак «энд» ^(a) ((англ.), —, /, *, ·)] и шпацию (пробел).

Полное изложение системы WLN выходит за пределы задач настоящей книги. Наше обсуждение символов и некоторых правил должно лишь показать полезность WLN для упрощения обозначений соединений и для экономии места. Точно так же, как на иностранном языке легче читать, чем писать, — легче декодировать WLN-обозначения, превращая их в структурную формулу, чем закодировать структурную формулу, превратив ее в линейную запись по Висвессеру.

Приводимые ниже обозначения достаточны для расшифровки или кодирования структуры неразветвленных углеводородов, спиртов, альдегидов, карбоновых кислот и кетонов:

Q обозначает OH

H обозначает H

V обозначает $\begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{C}=\text{O}$

Цифры 1, 2 и т. д. обозначают число C-атомов в неразветвленной алкильной цепи

* Цитируется по A. J. Ihde «The Development of Modern Chemistry», New York, Harper & Row Publ., 1964, p. 114.

^(a) В дальнейшем этот знак условно обозначается α . — Прим. переводчица.

Легко в WLN-записи узнать следующие знакомые соединения:

!H	CH ₄	метан
Q1	CH ₃ OH	метанол
Q2	CH ₃ CH ₂ OH	этанол
	O	
IV1	CH ₃ CCH ₃	ацетон (CA : 2-пропанон)
VH1	CH ₃ CHO	ацетальдегид
QV1	CH ₃ COOH	уксусная кислота
QH	H ₂ O	вода

Вы должны быть способны закодировать CH₃CH₂CH₂OH как

O

||

Q3, CH₃CH₂CCH₃ как 2V1 и т. д. Если вы внимательны, то должны задать себе вопрос, почему не используются коды 3Q или IV2? Порядок расположения символов определяется правилами системы WLN. Прежде чем рассмотреть эти правила, познакомимся со всеми специальными символами WLN и их значением.

Для атомов используются их интернациональные химические символы. Исключение составляют 7 элементов, поскольку буквы K, U, V, W и Y используются в системе для других целей — пять элементов, обычно обозначаемых одной буквой, имеют в WLN двухбуквенные обозначения, это: KA (калий), UR (уран), VA (ванадий), WO (вольфрам), YT (иттербий). Часто встречающиеся символы элементов Cl и Br заменяют соответственно на G и E. Двухбуквенные символы элементов выделяются дефисами, например -CR- это хром.

Ниже приводятся значения однобуквенных символов:

C — атом углерода, связанный не более чем с двумя другими атомами и либо связанный кратной связью по крайней мере с одним неуглеродным атомом, либо связанный двойной связью с каждым из двух других C-атомов*.

E бром

F фтор

G хлор

H водород (если нужно показать его присутствие)

I иод

J галоген вообще

K группировка $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{N}^+ \\ \diagdown \end{array}$ — (без водородов и положительно заряженная)

M группа NH

N группы —N— или —N= или N≡ (без водорода и без положительного заряда)

O кислород

Q гидроксил

R бензольное ядро

U двойная связь (UU означает тройную связь)

V карбонильная группа

W группировка O₂

X C-атом, связанный с четырьмя атомами, иными, чем водород

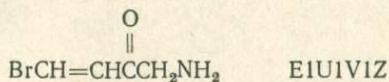
* В последнем случае—аленовая структура.—Прим. переводчика.

У С-атом в группировках $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{—CH} \\ \diagdown \end{array}$ или $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{—C=} \\ \diagdown \end{array}$ (связан с тремя атомами, иными, чем водород)

Z первичная аминогруппа NH₂

Арабские цифры указывают длину алкильных углеродных цепей.

Первым шагом при кодировании любой структурной формулы является ее запись символами WLN, например:

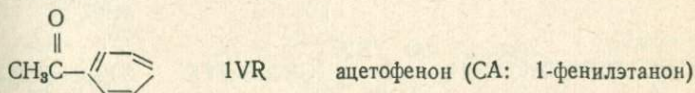


Все структурные единицы перечисляются символ за символом в том порядке, как они связаны, начиная с того конца, который *позднее* встречается в приводимом ниже списке:

• α - / 0 1 2 3...9 10 11 и т. д. ABC... и т. д. XYZ*

Правильный код WLN для приведенной выше структуры поэтому будет Z1V1U1E. Точно так же, как мы часто можем понять смысл плохо выговоренных слов, обозначение было бы понятным в виде E1U1V1Z. Однако при такой записи код не занял бы своего места в упорядоченном алфавитном списке веществ.

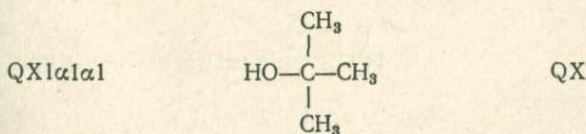
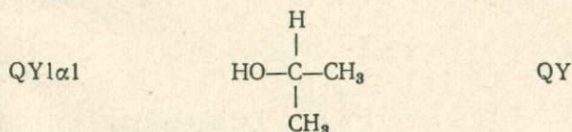
Символы H и R исключены из общего порядка перечисления, так как они встречаются очень часто. R подчинен всем другим символам, включая α. Например:



* До 1975 г. символы K, X и Y обозначали метильные разветвления (если не давалось дополнительных указаний). Иногда эту практику можно встретить и сегодня. Вот два примера:

Правильное WLN-название

Устарелое обозначение



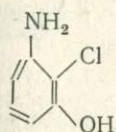
Строчная формула	Ее изображение знаками WLN	Код WLN	Название
CHCl_3	G G Y G	GYGG	Хлороформ (CA: трихлорметан)
CCl_4	G G X G G	GXGGG	Четыреххлористый углерод (тетрахлорметан)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{OHCH}_2\text{CH}_3$	2 1 X Q 2	QX2 α 2 α 1	3-Метилпентанол-3
$\text{Cl}_2\text{CHCH}_2\text{OH}$	G 1Q Y G	Q1YGG	2,2-Дихлорэтанол
$\text{C}_6\text{H}_5\text{CHBrCOOH}$	E VQ Y R	QVYER	2-Бром-2-фенилуксусная кислота (CA: α -bromobenzenacetic acid)
$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(\text{CH}_3)\text{NH}_2\text{COOH}$	R 1 X Z VQ	QVXZ1 α R	2-Амино-2-метил-2-фенилуксусная кислота (CA: α -bromo- α -methylbenzenacetic acid)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CHBrF})\text{OHCH}_2\text{CH}_3$	Q YEF X 3 2	QX3 α 2 α YFE	3-(Бромфторметил)-гексанол-3
$(\text{CH}_3)_3\text{CCH}(\text{CH}_3)\text{NH}_2$	1 1 1 X YZ 1	ZY1 α X1 α 1 α 1	1,2,2-Триметилпропанамин
$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{CCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	1VYVY1 1 1	1Y1 α VY1 α V1	3,5-Диметилгександион-2,4
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{C}-\text{CCH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	1 1 1 X X 1 1 1	1X1 α 1X1 α 1 α 1	2,2,3,3-Тетраметилбутан
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CHCH}_3 \end{array}$	1 1 1Y1Y1	1Y1 α 1Y1 α 1	2,4-Диметилпентан

Символ водорода H, если он не включен как составная часть в другой символ *, записывается сразу вслед за символом группы, с которой он связан, и не влияет на порядок перечисления других символов. Ниже приводятся несколько примеров расположения символов R и H:

Строчная формула	Код	Название
HBr	EH	Бромистый водород
CH ₃ CH ₃	2H	Этан
CH ₃ SH	SHI	Метантиол
CH ₃ CHO	VHI	Ацетальдегид
C ₆ H ₅ OH	QR	Фенол
C ₆ H ₅ CH ₃	IR	Метилбензол
C ₆ H ₅ Cl	GR	Хлорбензол

Для того чтобы избежать недоразумений при обозначении разветвленных цепей и замещенных циклов, необходимы символы для указания конца цепи, а для циклов нужны локанты. Знаком α обозначают разветвленную цепь, которая не заканчивается одним из строго конечных символов E, F, G, H, I, Q, W, Z.

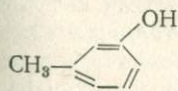
При наличии нескольких заместителей в бензольном ядре их положение обозначают буквами, которым предшествует пробел (английский термин для таких букв — «lower case» letters, т. е. букву, перед которой стоит пробел, считают малой, строчной). Эти буквы выполняют ту же роль, что локанты в систематическом названии, причем буквой «a» обозначается положение группы, символ которой находится последним в списке обозначений WLN. Например:



ZR CQ BG

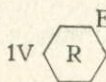
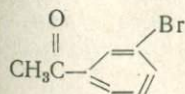
3-Амино-2-хлор-
фенол

В приведенном выше примере локант «a» придан символу Z, поскольку он появляется в списке символов позднее G или Q. Другие локанты даются, как обычно, так, чтобы они были минимальны. В записи, однако, Q предшествует G, хотя Q имеет более «поздний» локант. Вот еще несколько примеров:



1 QR CI

3-Метилфенол



1V ER CVI

3-Бромацетофенон
[CA: 1-(3-бромфенил)этанон]

* Например, OH, COOH. — Прим. переводчика.

		2R CM1	N-(3-Этилфенил)метанамин
		GR CG EE B1E	5-Бром-2-(бром-метил)-1,3-дихлорбензол
		1R C1	1,3-Диметилбензол
		QR B1	2-Метилфенол
		10R B1	2-Метилметокси-бензол
		WNR C1	3-Метилнитро-бензол

Рассмотренные до сих пор символы и принципы позволяют описывать в WLN алифатические соединения и производные бензола. Для описания даже простейших представителей других типов соединений иногда требуется более длинная запись. Причина в том, что в этих типах имеется несколько независимых переменных: карбоциклическое или гетероциклическое строение, ароматическое или содержащее одиночный насыщенный С-атом, насыщенное или частично ненасыщенное. Со всеми этими ситуациями можно совладать, однако необходимы дополнительные символы.

Прежде всего существует необходимость обозначать границы при индексировании циклов. Для карбоциклов начальный символ L, конечный J; для гетероциклов соответственно T и также J. Вслед за начальным символом идет цифра, указывающая число атомов в кольце. При этом считается, что цикл максимально ненасыщен.

Гетероатомы, символ V и иногда X или Y (либо оба), располагаются по возрастающему алфавитному порядку их локантов, указывающих положение в кольце. В моноциклических гетеро-

циклах место локанта «а» очевидно, символ гетероатома непосредственно следует поэтому за цифрой, указывающей число звеньев.



T5OJ

Оксол (CA: фуран)

Отметим, что кольцо имеет максимальную ненасыщенность, возможную без кумулированных двойных связей.

Локанты для других частей кольца опускают, если они непосредственно связаны с предшествующей частью; в противном случае локанты приводят:



T6OSJ

1,2-Оксатинн



T6N CNJ

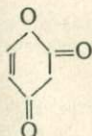
1,3-Диазин (CA: пиримидин)

Вопреки принятому для бензола, локант «а» придается символу, который появляется в списке обозначений первым, если возможны два одинаковых в других отношениях минимальных набора локантов. Так, в коде T6OSJ минимальный набор локантов «а, в», независимо от того получает ли обозначение «а» кислород или сера. Однако кислород предшествует сере в списке обозначений, и поэтому именно кислород получает локант «а». Циклы, максимально дегидрогенизированные, но все же содержащие один насыщенный атом углерода («особый водород»), обозначают с добавлением символа Н, всегда с локантом.



L5 ANJ

Циклопентадиен-1,3






T6OV DV CNJ


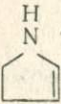

2Н-Пирандион-2,4(3Н)

Полностью насыщенные циклы обозначаются символом Т, помещаемым непосредственно перед конечным символом J. Все подобные обозначения описывают циклы с более чем одним насы-



ценным атомом углерода и без насыщенности между С,С-атомами:

	L3TJ	Циклопропан
	T5OTJ	Оксолан (СА: тетрагидрофуран)
	L5V CVTJ	Циклопентандион-1,3

Обычный символ «U» используется для обозначения локальной ненасыщенности в циклических соединениях. За исключением простых циклоалкенов и циклоалкинов, требуется также локант.

	L5UTJ	Циклопентен
	T5M BUTJ	2,3-Дигидроазол (СА: 2,3-дигидро-1Н-пиррол)
	T5N CO AUTJ	4,5-Дигидроксазол

Такие заместители, как тио-, имино- или другие с экзоциклической группировкой $\begin{array}{l} \diagup \\ \text{C}=\text{X} \\ \diagdown \end{array}$ создают другой тип ненасыщенных циклов. В этих случаях вместо символа V используют символ Y, а необходимый символ ненасыщенности U появляется за пределами границ обозначения цикла.

	L5YTJ AUM	Циклопентанимин
	LGY DYJ AUI DU1	1,4-Диметиленцикло- гексадиен-2,5

Многие предлагавшиеся номенклатуры и системы обозначений терпели при известных обстоятельствах неудачу на полициклических соединениях, где встречались по-видимости непреодолимые осложнения. Однако с помощью WLN Э. Г. Смит и Т. Эббе закодировали весь Ring Index. Уже одно это достижение показывает возможности WLN. Читателей, желающих более глубоко позна-

комиться с этой системой, мы отсылаем к книге Смита, приведенной в списке литературы в конце нашей книги.

Две самых важных особенности WLN это компактность и легкость, с которой структуры могут быть получены из записи. В наиболее длинных записях структуры передаются в среднем 20—25 символами, а 98% записей имеет менее 50 символов.

С помощью ЭВМ и соответствующей программы можно легко проводить поиск конкретных структур и их составных частей, представленных комбинацией символов. Подобный поиск особенно важен при установлении связи между структурой и биологической активностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Barker R.*, Organic Chemistry of Biological Compounds, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1971. Краткое изложение химии и номенклатуры биологически активных органических соединений.
2. *Cahn R. S.* An Introduction to Chemical Nomenclature, 3-rd edition, Plenum Press, New York, 1968; *Cahn R. C.*, *Dermer O. C.* Introduction to Chemical Nomenclature, 5-th Edition. Butterworths. Sydney e. a. Краткое рассмотрение неорганической и органической номенклатуры. Полезно для сравнения американской и британской практики.
3. Chemical Abstracts Service, «Naming and Indexing of Chemical Substances for Chemical Abstracts during the Ninth Collective Period (1972—1976)», Marketing Department, Chemical. Abstracts Service, Columbus, Ohio, 1973. Введение с ключем и обсуждением, по названиям химических соединений для индексирования в Chem. Abstr. Включает представительную библиографию по химической номенклатуре
4. *Dean J. A.* ed, Lange's Handbook of Chemistry, 11 th edit., McGraw-Hill, New York, 1973. Справочник, содержащий физические константы органических соединений с перекрестными ссылками, связывающими тривиальные и систематические названия. Содержит также перечень циклических систем.
5. *Fletcher J. H.* et al., Nomenclature of Organic Compounds, Principles and Practice, Amer. Ch. Soc., Washington D. C., 1974. Принципы органической химической номенклатуры с обсуждением различий между практикой IUPAC и Chem Abstr.
6. IUPAC Comission on the Nomenclature of Organic Chemistry, Nomenclature of Organic Chemistry, Sections A, B, C, Butterworth's, London, 1971. Правила IUPAC, разделы А, В и С, посвященные номенклатуре углеводов, гетероциклов, функциональных групп, содержащих углерод, кислород, азот, галогены, серу, селен, теллур.
7. IUPAC Comission on the Nomenclature of Organic Chemistry, IUPAC 1968 Tentative Rules, Section E, Fundamental Stereochemistry, J. Org. Chem., 1970, v. 35, p. 2849. Определения типов изомерии, хиральности и правила последовательности, конформации и стереоформул. Копии можно получить от Chemical Abstracts Service, Columbus, Ohio.
8. The Merck Index of Chemicals and Drugs, 8 th edition, Merck a. Comp., Rahway New Jersey, 1968. Обширный перечень органических и неорганических соединений, используемых в медицине и фармации. Очень хорошая сводка фирменных названий и генетических названий.
9. *Smith E. G.* The Wiswesser Line-Formula Chemical Notation, McGraw-Hill New York, 1968. Полное рассмотрение системы линейного кодирования формул по Висвессеру, много примеров.
10. *Ternay A. L.* Contemporary Organic Chemistry, W. B. Saunders Co., Philadelphia, 1976. Учебник органической химии с особым вниманием к соединениям, имеющим биохимический и медицинский интерес.
11. *Терентьев А. П.*, *Кост А. Н.*, *Цукерман А. М.*, *Потапов В. М.* Номенклатура органических соединений. М., изд-во АН СССР, 1955, 302 с. Критический обзор с обширной литературой, развернутые предложения по систематической номенклатуре, перевод Женевских и Льежских правил.
12. Справочник химика, под ред. Б. П. Никольского, дополнительный том, Ленинград, изд-во Химия, 1968, 507 с. Перевод Женевских и Льежских

правил и правил IUPAC (разделы А, В, С), номенклатура аминокислот, стероидов, углеводов.

13. Номенклатурные правила IUPAC по химии. Том 2. Органическая химия. М., изд. ВИНТИ (Национ. комитет советских химиков), 896 с. (два полутома), 1979. Параллельная публикация английского и русского текста правил IUPAC по номенклатуре органических соединений, разделы А, В, С (по изданию 1971 г.).
14. Nomenclature of Organic Chemistry, Sections A, B, C, D, E, F, H, 1979 Edition, Pergamon Press, Oxford—New York—Toronto—Sydney—Paris—Frankfurt, 1979, 559 p. Новое издание правил IUPAC, охватывающее номенклатуру углеводородов, гетероциклических ядер; функциональных групп, содержащих углерод, водород, кислород, азот, галогены, серу, селен, теллур; координационных соединений, металлоорганических соединений, органических соединений фосфора, мышьяка, висмута, кремния, бора. Включены также правила стереохимической номенклатуры, общие принципы номенклатуры природных соединений, веществ с изотопным замещением.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ПОЯСНЕНИЯ К УКАЗАТЕЛЮ

Замечание относительно инвертированных названий соединений. Расположение в указателе основано на родоначальной части названия, вынесенной вперед и служащей «входом»; за этой частью после запятой («запятая инверсии») следуют заместители в алфавитном порядке, при необходимости добавляется стереохимическая информация. Например, запись в указателе:

Бутан, 2,3-дихлор-, (Z)-

представляет инвертированное название

(Z)-2,3-Дихлорбутан

Дефис на конце набора заместителей в инвертированной части названия, по которой проводится индексирование, означает, что при возвращении к обычной (неинвертированной) форме в данном месте название записывается без промежутка (шпация). Отсутствие дефиса после заместителей означает, что в неинвертированном названии в этом месте шпация. Например:

Уксусная кислота, хлор- записывается в неинвертированном виде: Хлоруксусная кислота;

Кислота, уксусная записывается: Уксусная кислота.

[* Указатель к данной книге построен по принципам, используемым в указателе химических соединений Chem. Abstr., поэтому приводимая здесь информация важна и для использования читателем Chem. Abstr. Для пользования указателем полезно напомнить, что по правилам IUPAC префиксы расставляются в названиях по алфавиту *без учета* умножающих приставок (ди-, три- и т. д.), но в указателе СА (и в указателе данной книги) названия расставляются по алфавиту полных названий, т. е. *с учетом* умножающих приставок. Например:

Нафталин,	1,6-динитро- ...
	нитро- ...
	тетрахлор- ...
	2,5,8-трибром-1,6-динитро-3-хлор-2-хлор-2-этил
	— Прим. переводчика *]

- Агликон 242
 Аденин 223
 Адипиновая кислота см.
 Гександиовая кислота
 Адреналин 189
 Адренотропные гормоны 229, 273, 275
 аза- 215
 Азан 204
 Азанол 204
 Азет, дигидро- 220
 азидо- 279
 азо- 201
 Азобензол см. Диазен, дифенил-
 Азокси- 202
 Азоксibenзол 202
 Азоксисоединения 202
 Азол см. Пиррол
 Азометан см. Диазен, диметил-
 Азосоединения 201, 202, 205
 Азоцин 220
 Акридин 222
 Аксиальные связи 96, 132
 Аланин 189, 196, 263
 Алифатические соединения 25
 Алициклические соединения 93
 Алканола см. Спирты алифатические
 Алканы 26 сл.
 нормальные 30, 34, 56
 разветвленные 30, 34
 Алкенильные группы 65
 Алкены 59 сл.
 тривиальные названия 63
 Алкильные группы 39, 56
 разветвленные 54—56
 тривиальные названия 55
 Алкинильные группы 69
 Алкины 68—70
 Алкокси- 151, 186
 Аллил- см. Пропен-2-ил-
 Аллилхлорид см. Пропен, 3-хлор-
 алло- 246
 Аллоза 244
 -аль 153, 158, 159, 279
 Альдаровые кислоты 256
 Альдегиды 153 сл., 280
 Альдитолы 255
 Альдозы 230, 243
 Альдокетозы 251, 252
 Альдоновые кислоты 256
 альтро- 246
 Альтроза 244
 -амид 196, 279
 Амиды 191 сл., 280
 Амилоза 260, 261
 Амилопектин 260
 -амин 279
 -аминий 121
 Аминил- 119
 амино- 279
 Аминокислоты 189, 196—199
 незаменимые 198
 символы 263
 Аминосахара 254, 255
 Аминоспирты 187
 Аминоуксусная кислота см. Глицин
 Амины 185—191, 194, 195, 280
 Аммиак 204
 Аммоний- 121
 -ан 39, 57
 Ангидриды карбоновых кислот
 167, 176
 ангидро-
 Андристан 275
 Анетол см. Бензол,
 1-метокси-4-(пропен-1-ил)-
 Анизидины 188, 195
 Анизол см. Бензол, метокси-
 аний 121
 Анилин 188, 194
 метилпроизводные 188
 Анион-радикалы 123
 Анионы органические 122, 123, 280
 «а»-Номенклатура см. Заменительная
 номенклатура
 Аномерные префиксы 237
 Аномеры 236, 237
 Ансамбли циклов 104
 антимоно- 215
 Антрацен 118
 арабино- 246, 247
 Арабиноза 244
 Аргинин 263
 Арены см. Углеводороды
 ароматические
 Арилокси- 185

Арильные группы 111
-аровая кислота 256
арса- 215
арсен- 215
Асимметрический центр 82
Аспарагин 263
Аспарагиновая кислота 198, 263
-ат 279
-ато 279
Ахиральные
молекулы 81, 82
центры 82
Ацетальдегид 153—155, 282, 284
Ацетамид 192
N-фенил- 193
Ацетанилид см. Ацетамид,
N-фенил-
Ацетил- 169
Ацетилхлорид 168
Ацетон см. Пропанон-2
Ацетонитрил 200
Ацетофенон см. Этанон, 1-фенил-
Ациклические соединения 25
Ацилгалогениды 168, 176
Ацилокси-
Ацильная группа 171, 175

Белки 261, 262
Бензальдегид 155
4-гидрокси-3-метокси- 155
Бензамид 192
Бензгидрил- 116
Бензен 8, 110
Бензил- 116, 119
Бензилхлорид 168, 169
Бензойная кислота 166, 169
2-гидрокси- 167
эферы 172, 174
Бензол 8, 110, 111, 134, 217
диметил- 112—114, 286
1,2-диметокси- 184
2,4-динитро-1-фтор- 130
метил- 111, 112, 114, 212, 295
метил (1-метилэтил)- 114
2-метил-1,3,5-тринитро- 131, 132
(1-метилэтил)- 112, 114
1-метил-4-этил- 112, 113
метокси- 184
1-метокси-4-(пропен-1-ил)- 184
нитропроизводные 130, 131
сульфонилбис- 210
1,3,5-триметил- 114
1-хлор-2-хлорметил- 114
1-хлор-2-(хлорпропил)- 114
этинил- 184
этокси- 184
Бензол-1,2-дикарбоновая кислота 166
Бензол-1,3-дикарбоновая кислота 166

Бензол-1,4-дикарбоновая кислота 166
Бензолкарбоновая кислота см.
Бензойная кислота
Бензолсульфонамид 210
Бензолсульфовая кислота 209
амид 210
4-амино- 210
Бензолтиол 206
Бензонитрил 200
Бензофенон см. Метанон, дифенил-
би- 109, 129
бис- 129
бисма- 215
Бифенил 110, 116
Бициклические соединения 107, 108
бицикло- 107
Бицикло [1.1.0] бутан 117
Бицикло [2.2.1] гептан см. Норборнан
1,3,3-триметил- см. Норборнан
1,7,7-триметил- см. Борнан
Бицикло [3.1.1] гептан см. Норпинан
2,6,6-триметил- см. Пинан
Бицикло [4.1.0] гептан см. Норкаран
3,7,7-триметил- см. Каран
Бицикло [3.2.1] октан 107, 108
6-метил- 134
1,1'-Бициклопропан 110, 134
1,1'-Бициклопропил 110, 134
Бицикло [4.3.2] ундекан 108
бора- 215
Боразин 221
Борнан 270
Бороксан 221
Брадикинин 264
Бутадиен-1,3 61
2-метил- 63, 64
2-хлор 136
Бутадиен-1,3-ил- 65
Бутан 31, 32, 39, 56, 96
2,3-дихлор- 124
2-метил- 36, 38, 39, 43, 70
Бутандиамин-1,4 190
Бутандиовая кислота 165
гидрокси- 165
2,3-дигидрокси- 88—90, 257
Бутандиол-1,2 90
Бутанимид 193
Бутановая кислота 161, 164
Бутанол-1 143, 146, 147, 151
Бутанол-2 146, 147
3-бром- 90
Бутанон-2 138, 157, 225
3-метил- 157
Бутен-1 60, 63
2-метил- 67
Бутен-2 60, 63, 71, 76
Бутен-2-ил- 65
Бутил- 40
3-метил- 40, 55
втор-Бутил- 55

- трет*-Бутил- 55
 Бутилены см. Бутен-1 и -2
втор-Бутиловый спирт см. Бутанол-2
н-Бутиловый спирт см. Бутанол-1
трет-Бутиловый спирт см.
 Пропанол-2,2-метил-
 Бутирил- см. 1-Оксобутил-
 Бутокси- 151
- Валериановая кислота см. Пентановая
 кислота
 Валерил- см. 1-Оксопентил-
 Валин 199, 263
 Ванилин см. Бензальдегид,
 4-гидрокси-3-метокси-
 Ванны конформация 94, 95
 Вератрол см. Бензол, 1,2-диметокси-
 Винил- см. Этенил-
 Винилхлорид см. Этен, хлор-
 Винные кислоты см. Бутандиовая
 кислота, 2,3-дигидрокси-
 Висвессера система кодирования
 280 сл.
 висма- 215
 Витамин А₂ 272
 Вода, код 282
 Вторичные 191
 амиды 191
 амины 185—187, 195
 С-атом 41
 спирты 146, 151
- Галактит 255
 галакто- 246
 Галактоза 239, 244, 245
 Галактозамин 254, 255
 Галогенангидриды карбоновых
 кислот 167, 176
 Галогениды 124 сл.
 Галокарбонь 126
 Галотан 124
 Ганча-Видмана система 214 сл.
 Гваякол см. Фенол, 2-метокси-
 Гексадекан 31
 Гексадекановая кислота 164, 266
 Гексадецен-9-овая кислота 164
 Гексадецен-2-ол-1, 3,7,11,15-тет-
 раметил- 268
 Гексадиен-2,3 61
 Гексан 31, 56
 2-метил- 37, 54
 Гександиамин-1,6 190, 194
 Гександиовая кислота 165, 194
 Гександиол, 2-этил- 148
 Гексановая кислота 164
 Гексанол- см. 1-Оксогексил-
- Гексанол-3 144
 Гексарен см. Бензол
 Гексил-, 5-метил- 41, 56
 Гентетраконтан 31
 Гентриаконтан 31
 Генэйкозан 31
 Гептан 31, 56
 Гептен-3 61
 герма- 215
 герман- 215
 Гетероатомы 139
 Гетероацклические соединения 26
 Гетерофункциональные соединения 143
 Гетероциклические соединения 214 сл.
 Гидразин 204
 фенил- 204
 гидразино- 204
 гидразо- 204, 205
 Гидразосоединения 204, 205
 гидрокси- 8, 143, 152, 279
 Гидроксиламин 204
 Гидроксилизин 198
 гидроперокси- 279
 Гидропероксиды 184, 279, 280
 Гистидин 263
 Гласных опущение 139, 215
 Гликаны 260
 Гликардовые кислоты см. Альдаровые
 кислоты
 Гликоген 260
 Гликозиды 242
 Гликоли 147
 Гликон 242
 Гликоновые кислоты см. Альдоновые
 кислоты
 Гликуроновые кислоты см. Уроновые
 кислоты
 Глим см. Этан, 1,2-диметокси-
 Глипериды 266, 267
 Глицерин см. Пропантриол-1,2,3
 Глицериновый альдегид см. Пропаналь,
 2,3-дигидрокси-
 глицеро- 246
 Глицерол см. Пропантриол-1,2,3
 Глицин 189, 196, 263
 Глутамин 263
 Глутаминовая кислота 198, 263
 Глутаровая кислота см. Пентандиовая
 кислота
 глюко-
 Глюкоза 230 сл., 244
 D-Глюкозамин 254, 255
 Глюкозаминовая кислота 256
 Глюконовая кислота 256
 D-Глюцит 255
 Гомологические ряды 31 сл.
 Горчинный газ 207
 Гаунин 223
 гуло- 252
 Гулоза 244

2,4-Д см. Уксусная кислота,
(2,4-дихлорфенокси)-
Дакрон 166
Дансилхлорид см. Нафталин-1-суль-
фонилхлорид, 5-диметиламино-
ДДД см. Этан, 1,1-дихлор-2,2-бис
(4-хлорфенил)-
ДДТ см. Этан, 1,1,1-трихлор-2,2-бис
(4-хлорфенил)-
дегидро- 138
дезокси- 138, 253
Дезоксирибоза 254
Дезоксисахара 254
Декалин 107
Декан 31, 34, 56
Декановая кислота 164
Детергенты 210, 211
Дефис в номенклатуре 48, 50, 140, 263
деци- 129
Диазан 204, 205
Диазен 201 сл., 217
 диметил- 201
 дифенил- 201
1,4-Диазин см. Пиразин
диазо- 203, 279
Диазония соединения 121, 122
Диазосоединения 203, 205
Диальдозы 252, 253
Диастереомеры 72
Диацетамид 193
Диглим, см. Этан, 1,1'-оксибис
(2-метокси)-дикарбоксамид 279
Дикетозы 251
Диметиламин 185
Диметилсульфид 207
Диметилсульфоксид см. Метан,
 сульфинилбис-
1,3-Диоксан 218
1,4-Диоксан 214
диокси- 279
Дисульфиды 207
дитио- 279
Дитриаконтан 301
Дифенилсульфон см. Бензол,
 сульфонилбис-
Диэтаноламин 189
Диэтиловый эфир см. 1,1'-Оксибис-
 этан
ДМСО см. Метан, сульфинилбис-
ДНК 222
ДНФБ см. Бензол,
 2,4-динитро-1-фтор-
Додекан 31
Додекановая кислота 194, 266
Доказан 31

-ен 59, 61
Енолизация 158

Желчные кислоты 229, 273
Женевская номенклатура 24
Жирные кислоты 160
Жиры 265—267

Заменятельная номенклатура 137, 183,
 190, 208, 215
Заместители, определение 8, 137
Заместительная номенклатура 137, 139
Запятая в номенклатуре 48, 50, 140
Заслоненные конформации 20
Заторможенные конформации 20
Зеркальные структуры см. Энантио-
 меры

-ид 122, 279

-идил 123

-идо 279

Идоза 244

изо- 37

Изобензофурандион-1,3 167

Изобутан см. Пропан, 2-метил-

Изобутил- см. Пропил-, 2-метил-

Изобутилен см. Пропен, метил-

Изоексан см. Пентан, 2-метил-

Изоексил- см. Пентил-, 4-метил-

Изогептан см. Гексан, 2-метил-

Изогептил- см. Гексил-, 5-метил-

Изоиндол 222

Изоксазол 221

Изолейцин 199, 263

Изомеры

 в азосоединениях 201

 — циклоалкенах 102

 — циклогексанах 96 сл.

 кето-енольные 158

 конфигурационные 71

 конформационные 19 сл.

 определение 13, 56

 стерео 70, 71

 структурные 56, 70

 цис/транс- 72 сл., 102, 201

 Z, E- 72 сл.

Изооктан см. Пентан, 2,2,4-триметил-

Изопентан см. Бутан, 2-метил-

Изопентил- см. Бутил-, 3-метил-

Изопрен см. Бутадиен-1,3, 2-метил-

Изопропанол см. Пропанол-2

Изопропил- см. Этил-, 1-метил-

Изопропиловый спирт см. Пропанол-2

Изоселеназол 221

Изотиазол 221

Изофталева кислота см.

 Бензол-1,3-дикарбоновая кислота

Изохинолин

-ил 39

Изохинолин
-илид 123
-имид 195, 297
Имидазолдин 221
Имиды 193, 195
-имин 195, 297
-иминил 119
-имино 297
-иминодикарбонил 279
Имины 191, 195, 280
-ин 68, 70, 216
Инден 117
Индол 222
Интермедиаты реакций 119
Ион-радикалы 122
Ионы 118 сл.
Иприт 207
-иумил 122, 123
-ит 255

Кадаверин см. Пентадiamiн-1,5
Кана—Ингольда—Прелога правило
74 сл.
Каприловая кислота см. Октановая
кислота
Каприновая кислота см. Декановая
кислота
Капроновая кислота см. Гексановая
кислота
Караз 269
Карбазол 222
-карбальдегид 155, 159, 279
Карбанионы 118
Карбен см. Метилен
Карбениевые ионы 121
Карбокатионы 118
-карбоксамид 279
-карбоксальдегид 155, 159
карбокси- (карбоксил-) 160, 176, 279
Карбоксилат-ионы 174
Карболовая кислота 149
Карбонил- 153, 159
 потенциальный 239
-карбонилгалогенид 279
-карбонитрил 279
-карбоновая кислота 279
Карбоновые кислоты 160 сл.
Катион-радикалы 122
Катионы органические 120 сл., 280
Каучук 63
кватер- 110, 129
квинки- 129
Кетозы 230, 243
Кетоны 153, 156—160, 280
кис- 129, 195
Кодирование линейное по Висвессеру
280 сл.
Конденсированные системы 104
 ароматические 117, 118

Конфигурация 71
 абсолютная 87, 234
 альдоз 246
 аминокислот 196
 относительная 87
 стероидов 274
 углеводов 234 сл.
 энантимеров 83
Конформации 18 сл., 94, 98
Кортизон 275
Крезолы см. Фенол, метил-
Крахмал 230, 260
Кресла конформация 94, 95
Ксантен 222
Ксилолы см. Бензол, диметил-
Ксилидины 188, 195
Ксиллил-
 ксило- 246
Ксилоза 244, 247
Кубан 109
Кумил- 115
Кумол 112, 114
Кумулированные двойные связи 216
Курсив в номенклатуре 139

Лавсан 156
Лауринная кислота см. Додекановая
кислота
Лейцин 199, 263
Лизин 199, 263
ликсо- 246
Ликсоза 244, 247
Лимонен 270
Линолевая кислота см. Октадека-
диен-9, 12-овая кислота
Линоленовая кислота см. Октадека-
триен-9, 12, 15-овая кислота
Липиды 267
Локанты 8, 48, 51

Малоновая кислота см. Пропандиновая
кислота
Мальтоза 258, 259
D-Маннит 255
Манноза 244, 245
Масла 265—267
Масляная кислота см. Бутановая
кислота
Мезидин 188
Мезитил- 155
Мезитилен 114
Мезовинная кислота 88, 89
Мезо-формы 90
n-Ментан 269
Ментол 271, 272
-меркаптан 206, 279

Ментол
ртукура- 215
меха- 113
Металлилхлорид см. Пропен,
2-метил-3-хлор-
Метан 14, 15, 31, 56, 282
нитро- 130
нитротрилхлор- 136
сульфинилбис 208, 209
тетрахлор- 284
трихлор- 284
Метаналь см. Формальдегид
Метанамин 185
Метановая кислота 161
эфиры 171, 172, 174
Метанол 138, 143, 147, 151, 282
Метанон, дифенил- 158
Метантиол 285
Метил- 39, 42, 122
Метиламин см. Метанамин
Метилацетат 171
Метилен 41, 42, 119, 120
Метилендибромид 138
Метилиден- 41
Метилловый спирт см. Метанол
Метилловый эфир см. Оксисметан
Метилэтилкетон см. Бутанон-2
Метилэтиловый эфир см. Метоксиэтан
Метин- 41
Метионин 199, 207, 263
Метокси- 151
4-Метоксифенол 181
Метоксиглор 151
Метоксиэтан 177
Миристиновая кислота см. Тетрадек-
ановая кислота
Молочная кислота см. Пропановая
кислота, 2-гидрокси-
Моносахариды 230
Моноэтаноламин 189
Морфолин 221
Муравьиная кислота см. Метановая
кислота
Муравьиный альдегид см. Формаль-
дегид

Найлон 66 190, 194
Насыщенные соединения 26
Нафталин 117, 118
Нафталиназобензол 202
Нафталин-1-сульфонилхлорид
5-(диметиламино)- 209
Нафтацен 108
Неопентан см. Пропан, 2,2-диметил-
Неопентил- 180
-нитрил 199, 200, 279
нитрило- 195, 199
Нитрилы 199—201, 280

Нитро- 130, 279
Нитрозо- 279
Нитросоединения 130—132
Номенклатуры системы (см. также
конкретные системы) 24, 137—141
Chem. Abstr. 25, 224—228
IUPAC 24, 25, 46, 47
Нонан 31, 45
нони- 129
нор- 270, 273
Норборан 107, 108, 270
Норктран 270
Нормальные
алканы 30, 34
спирты 144
Норпинан 270
Нумерация
в азосоединениях 202
— алканах 44
— алкенах 60
— алкинах 69
— альдегидах 154, 158, 159
— амидах 192
— аминах 186, 194
— аренах 112 сл., 134
— гетероциклах 218, 219
— гидразинах 204
— карбоновых кислотах 162
— кетонах 156, 159
— мостиковых системах 108,
132—134
— нитрилах 200
— полициклах 104 сл., 132, 134
— спирах 104—106, 132, 133
— спиртах 145, 151
— стероидах 273, 274
— углеводах 235, 237, 243, 248,
252, 254
— циклоалканах, -енах, -инах 101,
102, 132
— эфирах простых 180
— эфирах сложных 173
Ньюмена проекции 19 сл., 33

-оат-нон 161, 279
-овая кислота 160, 176, 279
-оциальдоза 252
-оциулоза 251
-оца 245
-оциулоза 251
окса- 183, 215
Оксадиазины 220
1,2,5-Оксадиазол см. Фуразан
1,2-Оксатиолан 219
окси- 8, 150, 182, 185, 272
Оксисметан 177
1,1'-Оксисметан 177
-оксид 122

- Оксин см. Пиран
Оксиран
 2,3-диметил- 182
 2-хлорметил- 182
оксо- 162, 279
1-Оксобутил- 169
1-Оксогексил- 169
Оксол см. Фуран
Оксолан см. Фуран, тетрагидро-
1-Оксопентил- 169
1-Оксопропил- 169
Октадекаднен-9,12-овая кислота 163,
164, 266
Октадекановая кислота 164, 266
Октадекатриен-9,12,15-овая кислота
266
Октадецен-9-овая кислота 163, 164, 266
Октан 31, 34, 56—58
Октановая кислота 164
окти- 129
-ол 142, 147, 152, 279
-олат 122
Олеиновая кислота см.
 Октадецен-9-овая кислота
Омыление 174
-он 156, 279
-оний 121, 279
орто- 113
- Пальмитиновая кислота. см. Гекса-
декановая кислота
Пальмитоолеиновая кислота см.
 Гексадецен-9-овая кислота
пара- 113
Пентадиган 31
Пентадиен-1,3, 2-метил- 61
Пентадиен-1,4 61
 3-метил- 64
Пентан 31, 70
 2-метил- 37, 41, 44, 56
 3-метил- 44, 45
 2,2,4-триметил- 48, 57, 58
Пентадиамин 1,5 190
Пентадиовая кислота 165
Пентановая кислота 161
Пентанол-1 151
Пентанон-2 156, 158
Пентанон-3 158
Пентен-1
 2-метил- 61
 3-метил- 64, 64
 2-этил- 62
 3-этил- 65
Пентен-2, 2-этил- 63
Пентил-, 4-метил- 41, 55, 56
Пентил-2 56
трет-Пентил- см. Пропил,
 1,1-диметил-
- Пентидная связь 194, 262
Пептиды 194, 263
Первичные
 амиды 191
 амины 185—187, 195
 С-атомы 41
 спирты 146, 151
пергидро- 220
перокси- 279
Пероксиды 184
Перспективные проекции 20
Пирамид 188
Пикриновая кислота см. Фенол,
 2,4,6-тринитро-
Пинан 109, 269
Пинен-2 272
Пиперидин 221
Пиразин 217, 218
Пиразолидин 221
Пиран 217
-пираноза 237
Пирен 118
Пиридин 217
 2,3-дигидро- 219
Пиримидин 221
Пиримидиновые основания 223
Пиррол 218
Половые гормоны 229, 273, 275, 276
плюмба- 215
Полипептиды 262
Полисахариды 257, 259—261
Полифункциональные соединения 143
Полиэфиры 182, 183
Последовательности правило 74 сл.
Прегнан 275
Призман 109
Природные вещества 229 сл.
Присоединительная номенклатура 137,
138
Пролин 263
Пропан 31, 32, 41, 56
2-метил- 35
2,2-диметил- 36, 38, 42, 43, 54, 70
Пропаналь 153, 155, 156
 2,3-дигидрокси- 80, 87, 234
Пропандиовая кислота 165
Пропандиол-1,2 148
Пропановая кислота 148, 161
 ангидрид 168
 2-гидрокси- 162
Пропанол-1 143, 144, 147, 151
Пропанол-2 144, 147, 212
 2-метил- 146, 147
Пропанон-2 157, 282
Пропантриол-1,2,3 147, 148, 265
Пропелленты 126
Пропен 60, 63
 метил- 63
 2-метил-3-хлор- 125
 3-хлор- 125

- Пропен-1-ил- 65
 Пропен-2-ил- 65, 66, 69
 Пропил- 39, 41, 120
 1,1-диметил- 55
 2-метил- 40, 55
 Пропилен см. Пропен
 Пропиленгликоль см. Пропандиол-1,2
 Пропиловый спирт см. Пропанол-1
 Пропионил- см. 1-Окспропил-
 Пропионовая кислота см. Пропановая кислота
 Пропионовый альдегид см. Пропаналь
 Пропокси- 151
 Протенны 263
 Пурин 222
 Пуриновые основания 223
 Радикал-ионы 122
 Радикало-функциональная номенклатура 137, 138
 Радикалы 39
 свободные 39, 118, сл., 280
 Разветвленные алканы 30, 34
 L-Рамноза 254
 Рацематы 82, 90
 Релелленты 148
 Ретинол 272
 Рибоза 244, 245, 247
 Рибулоза 249
 РНК 222
- Салициловая кислота см. Бензойная кислота, 2-гидрокси-
 Сапогенины 229, 273
 Сахароза 90, 257, 258
 Свободные радикалы 39, 118 сл., 280
 Седогеупулоза 249
 селена- 215
 секси- 129
 -септаноза 237
 септи- 129
 Серин 87, 197, 263
 Серы соединения 206—211, 280
 сила- 215, сл.
 Силол, дигидро- 220
 Систематическая номенклатура 137—141
 Скобки в номенклатуре 104, 107, 140, 141
 Скошенные конформации 19
 D-Сорбит см. D-Глюцит
 Спиро [2.3] гексан 104
 Спиро [2.4] гептан, 1,4-диметил- 105, 133
 Спиро [3.3] гептан, 2-метил- 105
 Спиро [4.5] декадиен-1,9 106
 Спиро [4.5] декан, 2,6-диметил- 105
 Спиро [4.4] нонан 106
 Спиро [3.4] октан 104
- Спиросоединения 104—106, 133
 Спирты алифатические 142, сл., 280
 Старшинство групп 277, 278
 заменятельных префиксов гетероатомов 8, 215
 классов соединений 280
 по правилу последовательности 74 сл.
 функциональных групп 178—180, 277, 278
 Стеариновая кислота см. Октадекановая кислота
 Стереои́зомерия 70 сл.
 Стереопределители
 D, L 87, 234, 236
 E, Z 74
 R, S 83, 87
 α , β 271, 274
 Стерины 229, 273
 Стероиды 229, 273—276
 стиба- 215
 Стирил- 116
 Стирол 112, 114
 Субтрактивная номенклатура 137, 138
 Сульфаниловая кислота см. Бензол-сульфоновая кислота, 4-амино-
 Сульфиды 207
 сульфинил- 209, 279
 сульфинильные соединения 208, 209
 сульфо- 279
 -сульфокислота 209
 Сульфоксиды 208
 Сульфонамиды 210
 сульфонил- 209, 279
 Сульфонильные соединения 208, 209
 -сульфоновая кислота 209, 279
 Сульфоновые кислоты 209
 Сульфоны 208
- Талоза 244
 Таутомерия 158
 Твист-конформация 94, 95
 теллура- 215
 тер- 110, 129
 Терфталевая кислота см. Бензол-1,4-дикарбоновая кислота
 Терпены 229, 267—272
 Терциклогексан 110
 Тестостерон 274, 275
 Тефлон 135
 Тетрадекан 31
 Тетрадекановая кислота 164, 266
 Тетракозан 31
 Тетрактант 31
 Тетраздрическая модель 15 сл.
 тиа- 206, 208, 215
 Тиазол 219

- Тимин 223
 тио- 206, 279
 тиоксо- 279
 Тиол см. Тиофен
 -тиол 206, 279
 Тиолы 206
 -тион 206, 279
 Тиофен 206, 217, 221
 Тиофенол 206
 Тирозин 263
 ТНТ см. Бензол,
 2-метил-1,3,5-тринитро-
 Тол — то же, что ТНТ
 Толил- 115, 119
 Толуидин 188, 195
 Толуол см. Бензол, метил-
 Точка в номенклатуре 104, 107, 140
 Треаровые кислоты см. Бутандиовая
 кислота, 2,3-дигидрокси-
 трео- 246
 Треоза 89, 244, 245
 Треонин 197, 199
 Трео-соединения 90
 Третичные:
 амиды 191
 амины 185—187, 195
 С-атомы 41
 спирты 146, 151
 1,2,4-Триазин 218
 Триакоктан 31
 Тривиальные названия 25
 Тридекан 31
 Трикозан 31
 Триметиламин 185
 Триптофан 199, 263
 трис- 129
 Тритил- 116
 Туйян 109, 269
- Угледороды 13
 алифатические 16 сл.
 алициклические 93 сл.
 ароматические 110 сл.
 Углеводы 229 сл.
 Уксусная кислота 24, 82, 161, 252, 282
 амино- см. Глицин
 ангидрид 107
 (2,4-дихлорфенокси)-181, 182
 трихлор- 185
 эфиры 171—173
 -улоза 251
 Умножающие префиксы 129
 Ундекан 31
 Урацил 223
 Уроновые кислоты 256
- Феназин 222
 Фенантрен 118
 Фенетидин 188, 195
 Фенетол см. Бензол, этокси-
 Фенил- 111, 115, 134
 Фенилаланин 199, 263
 Фенилгидразин см. Гидразин, фенил-
 Фенилметил- 119
 Феноксазин 222
 Фенокси- 151
 Фенол 149, 151, 152, 285
 метил- 150
 2-метокси- 114
 2-метокси-4-(пропен-2-ил)- 184
 2,4,6-тринитро- 150
 Фенолы 149—152, 280
 Фенхан 109
 Фитол 268
 Фишера проекционные формулы 85,
 231 сл.
 Флуорен 117
 Формалин 153
 Формальдегид 153—155
 Формамид 192
 Формил- 169, 279
 Формулы
 «лесопильные козлы» 20
 линейные 27
 молекулярные 13, 33
 Ньюмена 19 сл., 33
 общие 32, 33
 скелетные 28, 33
 структурные 14 сл., 33
 — сокращенные 27
 терпенов 267, 268
 Фишера 85, 231 сл.
 Хеворта 238 сл.
 эмпирические 13
 Фреоны 126—128
 D-Фруктоза 249
 Фталевая кислота см. Бензол-1,2-ди-
 карбоновая кислота
 Фталевый ангидрид см. Изобензо-
 фурандион-1,3
 L-Фукоза 254
 Функциональные группы 9, 137, 141 сл.
 Фуразан 219
 Фуран 217, 219
 дигидро- 219
 тетрагидро- 219
 -фураноза 237
- Хеворта формулы 238 сл.
 Хилла система 227
 Хиноксалин 222
 Кинолин 222
 Хиральность 79
 Хиральные молекулы 79

- Хлоропрен см. Бутадиен-1,3, 2-хлор-
 Хлорофилл 268
 Хлороформ см. Метан, трихлор-
 Хлорпикрин см. Метан, нитротрихлор-
 Холестан 276
 Холестерин 90, 229, 276
 Хюккеля правило 110
 Целлюлоза 230, 261
 Циано- 200, 279
 Циклические соединения 25, 93 сл.
 цикло- 94, 103
 Циклоалканы 94 сл.
 Циклоалкенильные группы 101, 102
 Циклоалкены 101—103
 Циклоалкильные группы 101, 102
 Циклоалкины 101
 Циклобутан 94
 Циклогексадиен-1,3 217
 Циклогексан 94 сл.
 метил- 97
 1,2-диметил- 98—101
 Циклогексен 102
 Циклогексил- 101
 Циклодецен, 2-метил- 103
 Циклононадиен-1,5 103
 Циклооктен 102
 Циклооктин 101, 102
 Циклопентадиен-1,3 103
 Циклопентано [a] фенантрен 273
 Циклопропан 94
 Циклопропен 101
 Циклопропил- 101
 Цимол 114
 Циннамил- 116
 Цис/транс-изомерия 72 сл.
 Цистенн 263
 Цитозин 223
 5-метил- 223
- Четвертичный углеродный атом
 Четыреххлористый углерод см. Метан,
 тетрахлор-
- Щавелевая кислота см. Этандиовая
 кислота
- Эвгенол см. Фенол, 2-метокси-4-
 (пропен-2-ил)-
- Эйкозан 31
 Экваториальные связи 96, 132
 Энантиомеры 71, 79, 239
 Эпимеры 247
 Эпокси- 247
 Эргостан 276
 Эргостерин 276
 эритро- 246
 Эритроза 89, 244
 Эритро-соединения 90
 Эстеры 170
 Эстрадиол 274, 275
 Эстран 275
 Этан 31, 56
 1,2-диметокси- 183
 1,1-дихлор-2,2-бис (4-хлорфенил)-
 128, 129, 151
 код 285
 1,1'-оксисиб (2-метокси)- 183
 1,1,1-трихлор-2,3-бис
 (4-хлорфенил)- 128, 129, 151
 Этаналь см. Ацетальдегид
 Этанамид см. Ацетамид
 Этанамид, 2-фенил- 189
 Этандиовая кислота 165
 Этандиол-1,2 148, 152
 Этанимин 191
 Этановая кислота см. Уксусная кислота
 Этанол 143, 145, 151, 282
 2-амино- 189
 Этанон, 1-фенил- 158
 Этансульфоновая кислота 209
 Этантиол 206
 Этен 59, 60, 63
 тетрафтор- 135
 хлор- 125
 Этенил- 65, 67
 Этил- 59, 119
 1-метил- 40, 65
 Этилен см. Этен
 Этиленгликоль см. Этандиол-1,2
 Этиловый спирт см. Этанол
 Этин- 68
 Этнил- 69
 Этокси- 151
 Эфиры простые 177 сл.
 Эфиры сложные 170 сл.
- Яблочная кислота, см. Бутандиовая
 кислота, гидрокси-
 Янтарная кислота см. Бутандиовая
 кислота

Дж. Бенкс

НАЗВАНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ

Редактор *О. И. Слуцкий*

Художественный редактор *Н. В. Носов*

Художник *А. А. Акимов*

Технические редакторы: *Г. И. Косачева, В. В. Лебедева*

Корректоры: *Лазуткина Л. В., Ивлиева М. А.*

ИБ № 958

Сдано в набор 22.05.80. Подп. в печ. 24.10.80.

Формат бумаги 60×90¹/₁₆. Бумага тип. № 2.

Гарн. литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 19,0.

Уч.-изд. л. 17,64. Тираж 10,000 экз. Заказ № 270. Цена 1 р. 50 к.

Изд. № 2012.

Ордена «Знак Почета» издательство «Химия».
107076, Москва, ул. Стромьнка, 13.

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Красного Знамени
Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

Уважаемый читатель!

ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА

на издание «Общая органическая химия» в 12 томах. Перевод с английского под общей редакцией академика Н. К. Кочеткова.

Уникальное справочное руководство общим объемом около 700 авторских листов. Оно создано группой виднейших английских ученых под общей редакцией известных химиков профессоров Бартона и Оллиса. Издание является, по существу, фундаментальной энциклопедией органической химии, охватывает все разделы органической химии и важнейшие разделы химии природных соединений.

Справочное руководство незаменимо для химиков-органиков, работающих во всех отраслях народного хозяйства.

Издание будет осуществлено в течение 1981—1985 гг.

УСЛОВИЯ ПОДПИСКИ

Ориентировочная стоимость всего издания 60 руб. При подписке вносится задаток в размере 5 руб., который засчитывается при получении последнего тома.

Подписка принимается книжными магазинами распространяющими подписные издания.

Издательство «Химия»

3529

1p. 50k.