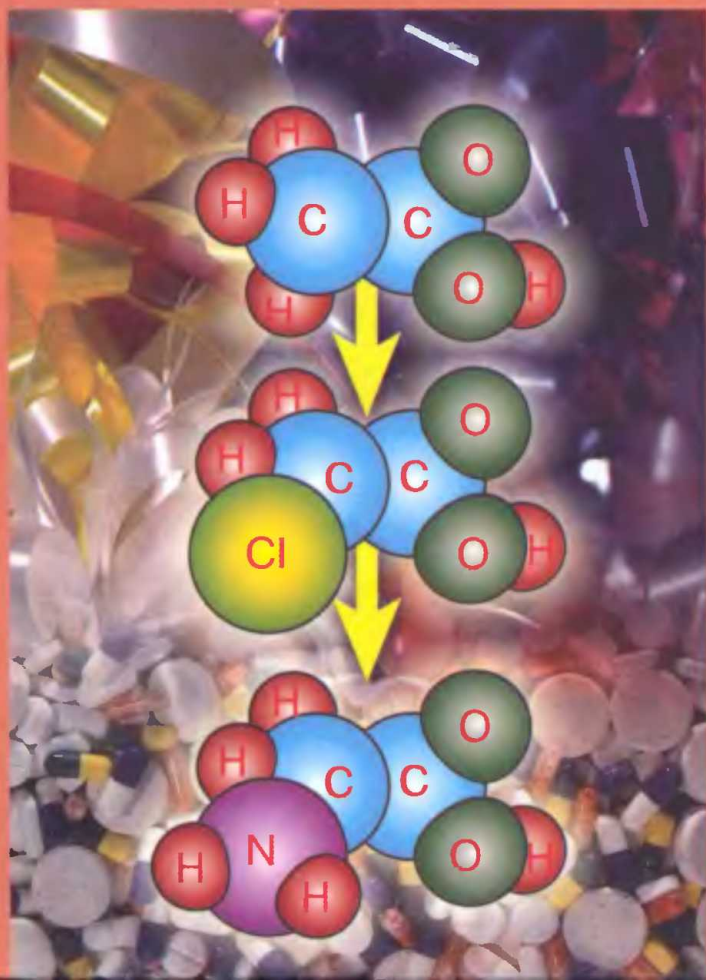


И.И. Новошинский
Н.С. Новошинская

О Р Г А Н И Ч Е С К А Я

ХИМИЯ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ



11

класс


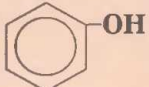



УГЛЕВОДОРОДЫ

Класс углеводородов	Общая формула	Тип гибридизации	Виды связей углерод—углерод	Первый гомолог
Алканы	C_nH_{2n+2}	sp^3	σ	CH_4 метан
Алкены	C_nH_{2n}	sp^2	σ и π	$H_2C=CH_2$ этен
Алкадиены	C_nH_{2n-2}	sp^2	σ и π	$H_2C=C=CH_2$ пропадиен
Алкины	C_nH_{2n-2}	sp	σ и 2π	$HC\equiv CH$ этин
Циклоалканы	C_nH_{2n}	sp^3	σ	$\begin{array}{c} CH_2 \\ / \quad \backslash \\ H_2C-CH_2 \end{array}$ циклопропан
Арены	C_nH_{2n-6}	sp^2	σ и единое бл-электронное облако	$\begin{array}{c} CH \\ / \quad \backslash \\ HC \quad CH \\ \quad \\ HC \quad CH \\ \backslash \quad / \\ CH \end{array}$ бензол

НАЗВАНИЯ И ФОРМУЛЫ НЕКОТОРЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Названия		Формула
тривиальные и исторические	по международной номенклатуре	
Альдегиды Муравьиный (формальдегид) Уксусный (ацетальдегид)	Метаналь Этаналь	$\begin{array}{c} O \\ \\ H-C \\ \\ H \end{array}$ $\begin{array}{c} O \\ \\ CH_3-C \\ \\ H \end{array}$
Болотный (рудничный) газ	Метан	CH_4
Кислоты Муравьиная Уксусная Пальмитиновая Стеариновая	Метановая Этановая Гексадекановая Октадекановая	$HCOOH$ CH_3-COOH $CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$ $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$
Спирты Винный Древесный	Этанол Метанол	C_2H_5-OH CH_3-OH

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОДОВ

Функциональная группа	Название группы	Общая формула соединений	Класс соединений	Пример
-F -Cl -Br -I (-Г)	Фтор Хлор Бром Иод (Галоген)	R-Г	Галогенопроизводные углеводов	C_2H_5-Cl хлорэтан  бромбензол
-OH	Гидроксильная (гидроксил)	R-OH	Спирты	C_2H_5-OH этанол
			Фенолы	 фенол
	Альдегидная	$R-C(=O)H$	Альдегиды	$CH_3-C(=O)H$ этаналь (уксусный альдегид)
	Карбоксильная (карбоксил)	$R-C(=O)OH$	Карбоновые кислоты	CH_3COOH уксусная кислота
-O-	Эфирная	$(R_1)R-O-R(R_2)$	Простые эфиры	$CH_3-O-C_2H_5$ метилэтиловый эфир
	Сложноэфирная	$(R_1)R-C(=O)O-R(R_2)$	Сложные эфиры	$CH_3-C(=O)O-C_2H_5$ этиловый эфир уксусной кислоты
-NH ₂	Аминогруппа	R-NH ₂	Первичные амины	$C_2H_5-NH_2$ этиламин

И. И. Новошинский
Н. С. Новошинская

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

11

класс

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

*Учебник
для общеобразовательных
учреждений*

3-е издание

Рекомендовано
Министерством образования и науки
Российской Федерации
(экспертиза РАН и РАО 2007 г.)

Москва
«Русское слово»
2009



Новошинский И. И., Новошинская Н. С.

Н74 Органическая химия. 11 класс. Базовый уровень: Учебник для общеобразовательных учреждений. — 3-е изд. — М.: ООО «ТИД «Русское слово — РС», 2009. — 176 с.

ISBN 978-5-9932-0295-2

Учебник «Органическая химия» базового уровня для общеобразовательных учебных заведений создан на основе стандарта среднего (полного) общего образования.

В основу построения курса положена классификация органических соединений по функциональным группам. При отборе фактического материала в первую очередь учитывалась практическая значимость органических веществ, получивших применение в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, быту.

Учебник содержит материал для непрофильных классов профилированных школ (один час в неделю) и для общеобразовательных школ (два часа в неделю). При учебной нагрузке два часа в неделю учащиеся изучают не только основной текст, но и выделенный прерывистой линией справа.

В разделе IV представлен материал, который подлежит изучению как при одном, так и при двух часах в неделю, но не включается в требования к уровню подготовки выпускников.

ББК 24.2я721

© ООО «ТИД «Русское слово – РС», 2007, 2009

ISBN 978-5-9932-0295-2

Все права защищены

Курс органической химии, который изложен в предлагаемом вам учебнике, построен с опорой на те знания, которые вы приобрели при изучении общей и неорганической химии в 8–9 и особенно в 10 классах. Для изучения органической химии необходимо знание современных представлений о строении атома и природе химической связи, об основных закономерностях протекания химических процессов и т. д.

В основу построения курса положена классификация органических соединений по функциональным группам. Вначале рассматриваются углеводороды разных типов, затем функциональные производные углеводородов. Выбранный порядок изложения позволяет выделить значение функциональных групп как главного фактора, определяющего свойства органических веществ. При отборе фактического материала в первую очередь учитывалась практическая значимость органических веществ, получивших применение в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, быту. Особое внимание уделено генетической связи не только между классами органических соединений, но и между всеми веществами природы — органическими и неорганическими.

Работая с учебником, обращайтесь внимание на научные термины, формулировки, обобщения, которые выделены в тексте.

Не упускайте из виду схемы, таблицы, рисунки и подписи к ним. Они облегчают понимание текста, поясняют или дополняют его.

При поиске нужной темы обращайтесь к оглавлению, а понятия и термины, названия веществ и реакций можно найти с помощью алфавитного предметного указателя, помещенного в конце учебника.

После параграфов приведены разнообразные вопросы, упражнения и задачи, выполнение которых поможет вам при самоконтроле полученных знаний и будет способствовать более полному усвоению материала. Ответы к заданиям, обозначенным звездочкой (*), даны в конце учебника.

Условные обозначения

Материал, предназначенный для изучения химии при учебной нагрузке *два часа* в неделю.



Материал, на который следует обратить особое внимание.



Пример решения задачи, выполнения задания.



Лабораторный опыт.



Тестовые задания с выбором одного правильного ответа из четырех предложенных.

Введение в органическую химию

§ 1

ПРЕДМЕТ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ РЕАКЦИЙ

Органические вещества имеют исключительное значение в жизни человека. С глубокой древности люди широко использовали такие вещества, как крахмал, жиры, различные смолы; они умели готовить вино, выделять сахар из сахарного тростника, получать уксус из прокисшего вина, эфирные вещества и красители из растений. Все эти вещества были растительного или животного происхождения.

В настоящее время количество органических веществ, окружающих нас, многократно возросло. Одни из них — углеводы, жиры, белки и т. д. — являются *природными веществами*. Они играют огромную роль, так как жизнь на Земле связана с их превращениями. Другие — синтетические моющие средства и волокна, пластмассы и каучуки, средства повышения урожайности и др. — получают *синтетическим путем*. Все эти вещества настолько проникли в нашу жизнь, что мы уже не можем представить без них свое существование.

Главная особенность органических веществ — наличие в любом из них *углерода*. Таким образом, все соединения углерода (за исключением оксидов углерода, угольной кислоты и ее солей, карбидов металлов) относятся к органическим веществам. *Их строение, пути получения, свойства, возможности практического использования* и изучает органическая химия.

Органическая химия — это наука о соединениях углерода.

Название «органические» этим веществам было дано в начале XIX в. Тогда считали, что эти вещества могут образоваться только в живых организмах. Но уже к середине XIX в. некоторые простейшие органические соединения бы-

ли получены из неорганических. В 1824 г. немецкий химик Ф. Вёлер впервые в истории из неорганических веществ синтезировал органическое — щавелевую кислоту, а в 1828 г. он получил мочевины (продукт распада белков в организме человека и животных). По этому поводу Вёлер писал одному из выдающихся ученых того времени шведскому химику Й. Берцелиусу: «Я не в силах больше молчать и должен сообщить вам, что могу получать мочевины без помощи собаки, человека и вообще без участия какого-либо живого существа...»

Опыты Вёлера положили начало органическому синтезу. В 1842 г. русский ученый Н. Н. Зинин получил анилин, который ранее выделяли из природного красителя индиго, в 1845 г. немецкий химик А. Кольбе синтезировал уксусную кислоту, в 1854 г. французский ученый М. Бертелло искусственным путем получил жиры (он же получил ацетилен), в 1861 г. русский химик А. М. Бутлеров синтезировал сахаристое вещество.

Синтез органических соединений из неорганических показал, что *резкой грани между этими веществами не существует*. Из курса биологии, из темы «Круговорот углерода в природе» вам известно, что из неорганических веществ образуются органические, последние могут превращаться в неорганические. Следовательно, *все вещества природы едины, взаимосвязаны*.

Однако органические соединения имеют ряд особенностей (табл. 1), которые отличают их от неорганических веществ и служат причиной выделения органической химии в отдельную область химической науки.

Таблица 1

Сравнение неорганических и органических веществ

Неорганические вещества	Органические вещества
Нет ни одного химического элемента, который входил бы в состав всех неорганических веществ	Составной частью всех органических веществ является <i>углерод</i>

Неорганические вещества	Органические вещества
<p>В образовании неорганических веществ участвуют практически все элементы Периодической системы. Так, глина и вода, питьевая сода и поваренная соль, сульфиды и нитраты и т. д. образованы атомами разных элементов</p>	<p>В образовании органических веществ кроме углерода принимают участие небольшое число элементов; в их состав почти всегда входит водород, часто кислород и азот, реже сера, фосфор, галогены. Например, многие органические вещества состоят всего лишь из двух элементов — углерода и водорода (метан, пропан, парафин и др.), другие — из трех элементов — углерода, водорода и кислорода (спирты, органические кислоты, углеводы, жиры и др.)</p>
<p>Количество неорганических веществ исчисляется тысячами (известно около 500 тыс.)</p>	<p>Число органических соединений — несколько миллионов (более 15 млн)</p>
<p>Известно лишь небольшое число неорганических веществ, молекулы которых образованы <i>недлинными</i> (2–8 атомов) <i>цепями</i> из одинаковых атомов кислорода, серы, фосфора, кремния, азота</p>	<p>Одна из причин многообразия органических веществ — способность атомов углерода соединяться друг с другом, образуя <i>цепи</i> практически <i>неограниченной</i> длины и разного строения — прямые, разветвленные, циклические</p>
<p>Большинство неорганических веществ образованы <i>ионными</i> или <i>полярными ковалентными</i> связями. Поэтому неорганические вещества имеют преимущественно <i>немолекулярное</i> строение, являются твердыми и тугоплавкими, относятся к электролитам</p>	<p>В молекулах органических соединений связь атомов углерода с атомами других элементов <i>ковалентная слабополярная</i>, а между атомами углерода — <i>неполярная</i>. Поэтому большинство органических веществ имеют <i>молекулярное</i> строение, являются газами, жидкостями, твердыми веществами с низкой температурой плавления, относятся к неэлектролитам</p>
<p>Большинство неорганических веществ <i>негорючи</i> (не горят на воздухе)</p>	<p>Большинство органических веществ <i>горючи</i> (горят на воздухе)</p>
<p>Неорганические вещества являются основным материалом неживой природы</p>	<p>Органические соединения являются основным материалом, из которого построены организмы растений и животных (живая природа)</p>

Реакции органических соединений подчиняются тем же законам, что и реакции неорганических веществ, но имеют некоторые особенности:

♦ реакции неорганических веществ во многих случаях протекают *быстро, иногда мгновенно*;

♦ реакции органических соединений характеризуются невысокими скоростями, для их ускорения требуется *повысить температуру, иногда увеличить давление, добавить катализатор*. Поэтому в уравнениях реакций с участием органических веществ, как правило, *указывают условия их протекания*;

♦ при взаимодействии органических веществ часто протекают побочные реакции, поэтому выход целевого продукта часто невысок (иногда менее 50%).

Реакции с участием органических веществ классифицируют по тем же признакам, что и реакции, в которых участвуют вещества неорганические, только в ряде случаев используют специфические названия. Так, реакции соединения в органической химии называют реакциями присоединения, реакции разложения — реакциями отщепления и т. д.

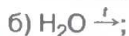
ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Приведите примеры природных и синтетических органических веществ.
2. Перечислите особенности органических веществ в сравнении с неорганическими.

Т 3. В отличие от неорганических органические вещества:

а) тяжелее воздуха;	в) разлагаются на свету;
б) почти все горят;	г) хорошо растворяются в воде.

4. Закончите уравнения химических реакций и методом электронного баланса расставьте коэффициенты. Укажите, какая из реакций одновременно является окислительно-восстановительной, эндотермической, гомогенной и реакцией разложения:



Укажите реакцию с участием органического вещества.

- 5*. Вычислите массу оксида углерода(IV), который образуется при сгорании 3 моль метана.

ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕОРИИ

К середине XIX в. в органической химии был накоплен огромный экспериментальный материал. Но каждое полученное новое вещество изучали независимо от других, было много фактов, которые ученые не могли объяснить. Например, почему углерод образует такое большое количество соединений (вам известно, что органических веществ значительно больше, чем неорганических)? Почему вещества, имеющие один и тот же качественный и количественный состав, различаются по свойствам? Так, глюкоза и фруктоза имеют одинаковый состав $C_6H_{12}O_6$, но различные свойства. Неясно было, какова валентность углерода в органических соединениях, так как количественный состав многих из них, казалось, не соответствует валентности углерода: C_2H_6 , C_3H_8 , C_2H_4 , C_2H_2 и т. д.

Вместе с тем развивающиеся промышленность и торговля требовали получения веществ, которых не могла дать человеку природа. Текстильной промышленности нужны были красители, медицине — лекарственные препараты, необходимо было совершенствовать методы переработки сельскохозяйственной продукции и т. д. Но развитию новых методов синтеза органических веществ мешало недостаточное теоретическое обоснование практических задач.

К этому времени были сделаны важные открытия: английский химик Э. Франклэнд ввел понятие о валентности элементов, немецкие ученые Ф. Кекуле и А. Кольбе обосновали четырехвалентность углерода в органических соединениях, шотландский исследователь А. Купер и независимо от него немецкий химик Ф. Кекуле установили способность атомов углерода соединяться друг с другом с образованием цепей.

Однако это были лишь отдельные факты, идеи. А нужна была теория, которая могла бы не только объяснять результаты экспериментов и наблюдения, но и предсказывать новые синтезы. Такую теорию, опираясь на труды своих предшественников, создал выдающийся русский химик Александр Михайлович Бутлеров.



Александр Михайлович Бутлеров
(1828—1886)

Русский химик, профессор Казанского и Петербургского университетов, академик Российской академии наук, творец теории химического строения, ставшей фундаментом органической химии, создатель крупнейшей отечественной школы химиков-органиков. А. М. Бутлеров написал «Введение к полному изучению органической химии» — первое в истории науки руководство, основанное на теории химического строения.

Ученый предсказал и изучил изомерию многих органических соединений, исследовал реакцию полимеризации, заложил основы синтеза высокомолекулярных соединений. Синтезировал многие органические вещества.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ
ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

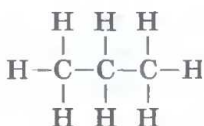
Основные положения созданной им теории А. М. Бутлеров сформулировал в 1861 г. С использованием современных понятий и терминов суть теории химического строения органических соединений можно выразить в виде нескольких положений.

1. Атомы в молекулах органических веществ соединены между собой химическими связями в определенной последовательности в соответствии с их валентностью. Углерод в органических соединениях всегда четырехвалентен.

Порядок соединения атомов в молекуле А. М. Бутлеров назвал *химическим строением*.

Химическое строение молекулы органического соединения выражают *структурной формулой* (развернутой или сокращенной), которая для данного вещества является *единственной*. В развернутой формуле черточками обозначают все связи (т. е. число черточек равно валентности атома), а в сокращенной — только связи между атомами углерода.

Например, в молекуле пропана C_3H_8 атомы соединены в следующем порядке:



развернутая структурная
формула

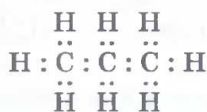


сокращенная структурная
формула

Атомы водорода и углерода связаны в одну молекулу, валентность атомов водорода равна единице, а атомов углерода — четырем. Три атома углерода соединены между собой связями С—С.

Способность атомов углерода соединяться друг с другом в цепи является одной из причин многообразия органических соединений.

Иногда пользуются *электронными формулами*, в которых, как вам известно, ковалентную связь условно обозначают точками. Электронная формула также показывает порядок соединения атомов в молекуле:



электронная формула
молекулы пропана

Следует иметь в виду, что структурная и электронная формулы молекулы отражают только последовательность соединения атомов, но не показывают, как эти атомы расположены в пространстве. Поэтому, как бы мы ни изобразили структурную формулу пропана:

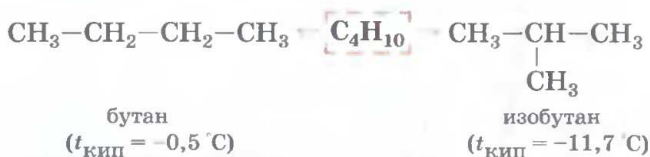


это будет формула одной и той же молекулы, так как порядок соединения атомов не изменяется.

2. Свойства (физические и химические) органических соединений зависят не только от их качественного и количественного состава, но и от порядка расположения атомов в молекуле, т. е. от химического строения молекулы.

Из этого следует, что вещества, имеющие один и тот же состав (описываемый одинаковой молекулярной формулой)

и одну и ту же молекулярную массу, могут иметь разные свойства. Например, составу C_4H_{10} соответствуют два вещества — бутан (в его молекуле *два* крайних атома углерода) и изобутан (в его молекуле *три* крайних атома углерода):



Вещества, имеющие одинаковый качественный и количественный состав молекул (т. е. одинаковую молекулярную формулу), но различное химическое строение и обладающие поэтому разными физическими и химическими свойствами, называют изомерами.

Явление существования изомеров называют изомерией (от греч. *isos* — равный, подобный и *meros* — доля, часть).

Бутан и изобутан — изомеры, так как они описываются одинаковой молекулярной формулой C_4H_{10} , но имеют различные структурные формулы.

Поскольку соединения, имеющие одинаковую молекулярную формулу, но разное строение, различаются по свойствам, в органической химии чаще пользуются структурными формулами. При этом предпочтение отдают сокращенным структурным формулам, поскольку они менее громоздки и в то же время дают представление о порядке связи атомов в молекуле.

Изомерия — еще одна из причин многообразия органических веществ. Это явление очень распространено в органической химии в отличие от неорганической.

3. Атомы или группы атомов, образующие молекулу, взаимно влияют друг на друга, от чего зависят и химические свойства соединения.

В наибольшей степени проявляется взаимное влияние атомов, непосредственно связанных между собой. Это объясняется тем, что за счет различной электроотрицательности атомов происходит перераспределение электронной плотности в молекуле, увеличивается или уменьшается полярность связей, что влияет на их прочность. Например, известно, что сероводородная кислота — слабая, а соляная — сильная. Различная сила

кислот объясняется различной полярностью связей Н—Э, которая может быть охарактеризована разностью электроотрицательностей атомов. Связь Н—Сl в отличие от связи Н—S более полярна (разность электроотрицательностей атомов составляет 0,73 против 0,5), общая электронная пара сильно смещена к атому хлора, поэтому диссоциация по такой связи протекает легче. В дальнейшем на конкретных примерах мы рассмотрим взаимное влияние атомов и в органических соединениях.

ЗНАЧЕНИЕ ТЕОРИИ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Созданная А. М. Бутлеровым теория химического строения дала возможность:

♦ *обобщить и систематизировать* огромный фактический материал. Она навела порядок в том хаосе, который царил в органической химии. В письме к Й. Берцелиусу (1835) Ф. Вёлер так характеризовал положение дел: «Органическая химия может сейчас кого угодно свести с ума. Она представляется мне дремучим лесом, полным удивительных вещей, безграничной чащей, из которой нельзя выбраться, куда не осмеливаешься проникнуть»;

♦ *предсказать* существование новых веществ, их свойства, а также пути получения. Это способствовало бурному развитию органического синтеза, с помощью которого получают разнообразные органические вещества: лекарственные препараты, красители, искусственные волокна и т. д. Без продукции органического синтеза не может существовать ни одна отрасль народного хозяйства.

Дополненная современными представлениями теория А. М. Бутлерова и сегодня остается фундаментом органической химии.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- Т** 1. Для определения валентности атомов элементов в органическом соединении надо знать:
- качественный состав соединения;
 - количественный состав соединения;
 - качественный и количественный состав соединения;
 - качественный, количественный состав соединения и химическое строение его молекулы.

Какая из перечисленных характеристик не была известна ученым до создания теории А. М. Бутлерова?

2. Составьте структурные формулы (развернутую и сокращенную) для вещества, молекулярная формула которого C_6H_{14} .
3. Определите валентность и степени окисления атомов углерода по формулам соединений и расположите их в порядке возрастания степени окисления атома углерода: CO_2 , CH_2Cl_2 , CH_3OH , C_2H_6 .

§ 3

ВЫВОД ХИМИЧЕСКИХ ФОРМУЛ

Молекулярную формулу вещества можно вывести несколькими способами:

1) по относительной плотности вещества и массовым долям элементов;

2) по относительной плотности вещества и массе (объему или количеству вещества) продуктов сгорания (этот способ применим для горючих веществ).

ВЫВОД ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА ПО ЕГО ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ И МАССОВЫМ ДОЛЯМ ЭЛЕМЕНТОВ

Решение задач этого типа можно проводить в следующей последовательности:

1. Рассчитать молярную массу вещества по относительной плотности его по водороду или по воздуху:

$$M(\text{газа}) = 2D_{H_2}(\text{газа});$$

$$M(\text{газа}) = 29D_{\text{возд}}(\text{газа}).$$

2. Рассчитать массу 1 моль вещества:

$$m(\text{в-ва}) = 1 \text{ моль} \cdot M(\text{в-ва}).$$

3. Зная массовые доли элементов, вычислить массу атомов каждого элемента в 1 моль вещества:

$$m(\text{Э}) = w(\text{Э}) \cdot m(\text{в-ва}).$$

4. Определить количество вещества атомов элементов в 1 моль вещества:

$$\nu(\text{Э}) = \frac{m(\text{Э})}{M(\text{Э})}$$

5. Записать молекулярную формулу вещества.



Задача 1. Установите формулу вещества, массовая доля углерода в котором 82,75%, а водорода — 17,25%. Относительная плотность паров вещества по водороду равна 29.

Решение

Дано:

$$w(\text{C}) = 82,75\%$$

$$w(\text{H}) = 17,25\%$$

$$D_{\text{H}_2}(\text{C}_x\text{H}_y) = 29$$

Найти: C_xH_y

1. Рассчитываем молярную массу вещества:

$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = 2D_{\text{H}_2}(\text{C}_x\text{H}_y);$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = 2 \text{ г/моль} \cdot 29 = 58 \text{ г/моль}.$$

2. Вычисляем массу 1 моль вещества:

$$m(\text{C}_x\text{H}_y) = M(\text{C}_x\text{H}_y) \cdot \nu(\text{C}_x\text{H}_y);$$

$$m(\text{C}_x\text{H}_y) = 58 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ моль} = 58 \text{ г}.$$

3. Определяем массы углерода и водорода в 1 моль вещества:

$$m(\text{C}) = w(\text{C}) \cdot m(\text{C}_x\text{H}_y); \quad m(\text{C}) = 0,8275 \cdot 58 \text{ г} = 48 \text{ г};$$

$$m(\text{H}) = w(\text{H}) \cdot m(\text{C}_x\text{H}_y); \quad m(\text{H}) = 0,1725 \cdot 58 \text{ г} = 10 \text{ г}.$$

4. Находим количество вещества атомов углерода и водорода в 1 моль вещества:

$$\nu(\text{C}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})}; \quad \nu(\text{C}) = \frac{48 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} = 4 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{H}) = \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})}; \quad \nu(\text{H}) = \frac{10 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 10 \text{ моль}.$$

5. Записываем молекулярную формулу вещества. Для этого находим соотношение количества вещества атомов углерода и водорода:

$$\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = 4 : 10 \Rightarrow \text{формула вещества } \text{C}_4\text{H}_{10} \text{ — это бутан}.$$

Ответ: формула вещества C_4H_{10} .

ВЫВОД ФОРМУЛЫ ВЕЩЕСТВА

ПО ЕГО ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ И МАССЕ (ОБЪЕМУ ИЛИ КОЛИЧЕСТВУ ВЕЩЕСТВА) ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

В условиях задач рассматриваемого типа указаны масса сжигаемого вещества, его относительная плотность по водороду или по воздуху и данные о продуктах сгорания (масса, объем или количество вещества). Для решения задач можно использовать следующий алгоритм:

1. По относительной плотности вещества вычислить молярную массу вещества.

2. Рассчитать количество вещества оксида углерода(IV) и атомов углерода:

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)}; \quad \nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2).$$

3. Вычислить количество вещества воды и атомов водорода:

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})}; \quad \nu(\text{H}) = 2\nu(\text{H}_2\text{O}).$$

4. Найти массы углерода и водорода в продуктах горения, а следовательно, в исходном веществе:

$$m(\text{C}) = \nu(\text{C}) \cdot M(\text{C}); \quad m(\text{H}) = \nu(\text{H}) \cdot M(\text{H}).$$

5. Определить сумму масс углерода и водорода.

Если она равна массе вещества, то вещество — углеводород.

Если сумма масс углерода и водорода меньше массы вещества, то в его состав входит третий элемент — кислород. В этом случае надо вычислить его массу и количество вещества.

6. Найти соотношение между количествами вещества атомов углерода, водорода и кислорода при его наличии в веществе.

7. Записать простейшую формулу вещества, вычислить по ней молярную массу и сравнить ее с рассчитанной по условию задачи (пункт 1).

Если молярная масса, вычисленная по простейшей формуле, меньше, чем определенная по условию задачи, то для вывода молекулярной формулы вещества надо истинную молярную массу разделить на молярную массу, вычисленную по простейшей формуле. Затем индексы в простейшей формуле увеличить во столько раз, во сколько раз истинная молярная

масса больше молярной массы, соответствующей простейшей формуле.



Задача 2. При сжигании 0,57 г органического вещества в избытке кислорода образовалось 1,76 г оксида углерода(IV) и 0,81 г воды. Выведите молекулярную формулу вещества, если относительная плотность его паров по воздуху равна 3,931.

Решение

Дано:

$$m(\text{в-ва}) = 0,57 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 1,76 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 0,81 \text{ г}$$

$$D_{\text{возд}}(\text{в-ва}) = 3,931$$

Найти: формулу вещества

1. Вычисляем молярную массу вещества:

$$M(\text{в-ва}) = 29D_{\text{возд}}(\text{в-ва});$$

$$M(\text{в-ва}) = 29 \text{ г/моль} \cdot 3,931 = 114 \text{ г/моль.}$$

2. Рассчитываем количество вещества оксида углерода(IV) и атомов углерода:

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)}; \quad \nu(\text{CO}_2) = \frac{1,76 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,04 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{C}) = \nu(\text{CO}_2) = 0,04 \text{ моль.}$$

3. Находим количество вещества воды и атомов водорода:

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})}; \quad \nu(\text{H}_2\text{O}) = \frac{0,81 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,045 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{H}) = 2\nu(\text{H}_2\text{O}); \quad \nu(\text{H}) = 2 \cdot 0,045 \text{ моль} = 0,09 \text{ моль.}$$

4. Определяем массы углерода и водорода в исходном веществе:

$$m(\text{C}) = \nu(\text{C}) \cdot M(\text{C});$$

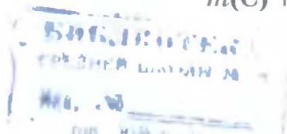
$$m(\text{C}) = 0,04 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 0,48 \text{ г};$$

$$m(\text{H}) = \nu(\text{H}) \cdot M(\text{H});$$

$$m(\text{H}) = 0,09 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0,09 \text{ г.}$$

5. Вычисляем сумму масс углерода и водорода:

$$m(\text{C}) + m(\text{H}) = 0,48 \text{ г} + 0,09 \text{ г} = 0,57 \text{ г.}$$



Суммарная масса углерода и водорода соответствует исходной массе вещества, следовательно, в его составе кислород не содержится — это углеводород.

6. Находим соотношение количества вещества атомов углерода и водорода:

$$v(\text{C}) : v(\text{H}) = 0,04 : 0,09 = 4 : 9.$$

7. Определяем простейшую формулу вещества и рассчитываем по ней молярную массу.

Простейшая формула вещества C_4H_9 ;

$$M(\text{C}_4\text{H}_9) = 57 \text{ г/моль (меньше истинной)}.$$

8. Определяем молекулярную формулу вещества.

$$v(\text{C}_4\text{H}_9) = \frac{M(\text{C}_x\text{H}_y)}{M(\text{C}_4\text{H}_9)} = \frac{114 \text{ г/моль}}{57 \text{ г/моль}} = 2 \Rightarrow (\text{C}_4\text{H}_9)_2 \Rightarrow \text{C}_8\text{H}_{18}.$$

Ответ: молекулярная формула вещества C_8H_{18} .

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- 1*. Установите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором равна 80%. Относительная плотность его паров по водороду равна 15.
- 2*. Массовая доля углерода в веществе составляет 45,86%, хлора — 45,22%, остальное — водород. Относительная плотность этого вещества по воздуху равна 2,707. Выведите молекулярную формулу вещества.
- 3*. При сжигании 4,3 г органического вещества получили 13,2 г оксида углерода(IV) и 6,3 г воды. Найдите молекулярную формулу вещества, если относительная плотность его паров по водороду равна 43.
- 4*. При сжигании 6 г органического вещества образовалось 13,2 г оксида углерода(IV) и 7,2 г воды. Определите молекулярную формулу вещества, если относительная плотность его паров по воздуху равна 2,069.

УГЛЕВОДОРОДЫ

I

Ознакомление с отдельными представителями органических веществ начнем с углеводов. Из курса химии 9 класса вы знаете, что *углеводороды* — это простейшие по качественному составу органические соединения, молекулы которых состоят только из атомов *углерода* и *водорода*.

В зависимости от характера связей между атомами углерода углеводороды делят на *предельные* и *непредельные*.

Глава I

Предельные углеводороды

Предельные углеводороды — это углеводороды, в молекулах которых все атомы углерода соединены между собой одинарной (σ) связью. Общее название всех предельных углеводородов по международной (систематической) номенклатуре — *алканы*.

§ 4

ГОМОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД, НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЯ АЛКАНОВ

ГОМОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД АЛКАНОВ

Простейший представитель алканов — *метан* CH_4 .

Строение молекулы метана можно выразить электронной и структурной формулами:

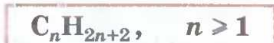


К предельным углеводородам относят также *этан* C_2H_6 , *пропан* C_3H_8 и др. Рассматривая состав углеводородов, вы видите, что каждый последующий член этого ряда отличается от предыдущего на группу CH_2 .

Вещества, сходные по строению и химическим свойствам, но отличающиеся друг от друга по составу молекул на одну или несколько групп CH_2 , называются **гомологами**:



Гомологи, расположенные в порядке возрастания их относительной молекулярной массы, образуют *гомологический ряд*. Группу CH_2 называют *гомологической разностью*. Состав всех членов гомологического ряда алканов выражают общей формулой:



В этой формуле n — число атомов углерода. Например, при $n = 7$ алкан имеет состав C_7H_{16} — гептан.

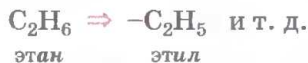
Первые четыре представителя предельных углеводов имеют исторически сложившиеся названия (табл. 2). Названия следующих предельных углеводов образуют из греческих числительных, добавляя суффикс *-ан*: пентан, гексан и т. д.

Таблица 2

**Гомологический ряд предельных углеводородов
и их алкильных радикалов**

Название углеводорода	Молекулярная формула алкана $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	Число возможных изомеров	Молекулярная формула радикала $-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$	Название радикала
Метан	CH_4	—	$-\text{CH}_3$	Метил
Этан	C_2H_6	—	$-\text{C}_2\text{H}_5$	Этил
Пропан	C_3H_8	—	$-\text{C}_3\text{H}_7$	Пропил
Бутан	C_4H_{10}	2	$-\text{C}_4\text{H}_9$	Бутил
Пентан	C_5H_{12}	3	$-\text{C}_5\text{H}_{11}$	Пентил
Гексан	C_6H_{14}	5	$-\text{C}_6\text{H}_{13}$	Гексил
Гептан	C_7H_{16}	9	$-\text{C}_7\text{H}_{15}$	Гептил
Октан	C_8H_{18}	18	$-\text{C}_8\text{H}_{17}$	Октил
Нонан	C_9H_{20}	35	$-\text{C}_9\text{H}_{19}$	Нонил
Декан	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	75	$-\text{C}_{10}\text{H}_{21}$	Децил
.....
Эйкозан	$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	366319	$-\text{C}_{20}\text{H}_{41}$	Эйкозил

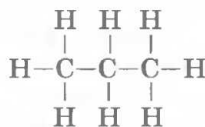
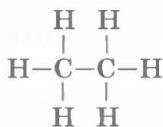
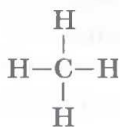
При отрыве одного атома водорода от молекулы алкана получается *углеводородный радикал (R)*; его название образуют от названия соответствующего углеводорода путем замены суффикса *-ан* на *-ил*:



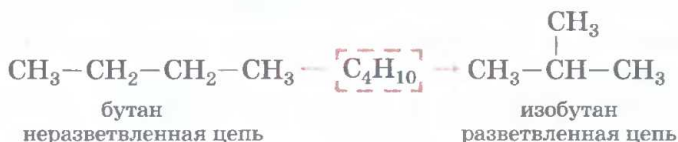
Состав радикалов выражают общей формулой $-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ (см. табл. 2).

ИЗОМЕРИЯ АЛКАНОВ

Для алканов характерен один из видов *структурной изомерии* — *изомерия углеродного скелета (углеродной цепи)*. Первые три члена гомологического ряда алканов изомеров не имеют. В молекулах метана, этана и пропана возможен единственный порядок соединения атомов углерода:



Такую углеродную цепь называют *неразветвленной (нормальной)*. В молекулах остальных алканов, начиная с бутана C_4H_{10} , углеродные цепи могут быть как неразветвленными, так и разветвленными. В разветвленной цепи содержится более двух крайних атомов углерода, и не все атомы углерода связаны между собой последовательно:



Изобутан и бутан — изомеры. Они имеют одинаковый качественный и количественный состав, но различное строение углеродного скелета. Свойства этих изомеров различны (табл. 3).

Физические свойства изомерных бутанов

Изомер	Формулы		Температура, °С		Агрегатное состояние
	молекулярная	структурная	плавления	кипения	
Бутан	C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	-138	-0,5	Газ
Изобутан	C_4H_{10}	$ \begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array} $	-159,6	-11,7	Газ

Если формуле C_4H_{10} соответствуют только два изомера, то изомеров состава C_5H_{12} уже три, а состава C_7H_{16} — девять. Углеводородов, состав которых выражает формула $C_{10}H_{22}$, 75. Следовательно, число изомеров быстро растет по мере увеличения числа атомов углерода в молекуле углеводорода (см. табл. 2).

НОМЕНКЛАТУРА АЛКАНОВ

Для того чтобы назвать углеводород с разветвленной цепью атомов углерода, надо выделить главную и боковые цепи. Главная содержит большее число последовательно соединенных атомов углерода, она самая длинная. С ней могут быть связаны несколько боковых цепей — радикалов.

Алгоритм составления названия алкана с разветвленной цепью

1. Выбрать самую длинную углеводородную цепь и пронумеровать атомы углерода в ней. Нумерацию начинают с того конца цепи, к которому ближе стоит радикал (заместитель). Если радикалов несколько, то нумеруют так, чтобы атомы углерода, с которыми связаны радикалы, получили минимальные номера, т. е. сумма цифр в названии должна иметь наименьшее значение.

2. Назвать радикалы в алфавитном порядке (метил, пропил, этил).

3. Перед названием каждого радикала указать номера атомов углерода, с которыми связаны такие радикалы.

4. Если один и тот же атом углерода связан с двумя одинаковыми радикалами, то цифру, указывающую на номер этого атома углерода, нужно повторить дважды.

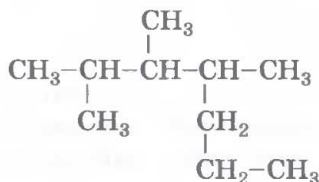
5. Число одинаковых радикалов указать числовыми приставками (*ди* — два, *три* — три, *тетра* — четыре).

Все цифры в названиях отделяют от слов дефисами, а друг от друга — запятыми.

6. Назвать углеводород по числу атомов углерода в пронумерованной цепи.

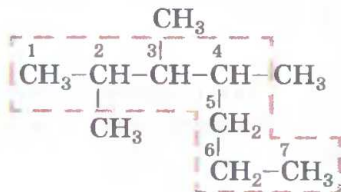


Задание 1. Назовите по систематической номенклатуре алкан следующего строения:



Решение

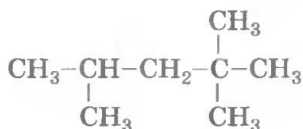
Выберем самую длинную цепь и пронумеруем атомы углерода в ней. В данном случае нумерацию следует начинать слева, поскольку слева ближайший радикал связан со вторым атомом углерода, а справа — с четвертым:



Составим название алкана. В его молекуле имеются три метильных радикала, не входящих в основную цепь, — один радикал у второго, один у третьего и один у четвертого атома углерода. Следовательно, алкан имеет название *2,3,4-триметилгептан*.

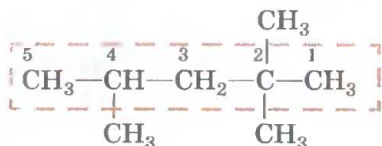


Задание 2. Назовите по систематической номенклатуре алкан следующего строения:



Решение

Выберем самую длинную цепь и пронумеруем атомы углерода. Нумерацию следует начинать справа. В этом случае цифры в названии будут минимальные: 2, 2 и 4. (При нумерации слева — 2, 4 и 4.)



Следовательно, это *2,2,4-триметилпентан*.

Важно научиться составлять структурные формулы изомеров, различающихся последовательностью атомов углерода в молекуле. Рассмотрим соответствующий алгоритм.

Алгоритм составления структурных формул изомеров

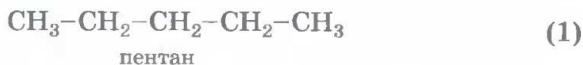
1. Составить структурную формулу углеводорода *нормального строения* с заданным числом атомов углерода.
2. Постепенно укорачивать цепь (каждый раз на один атом углерода) и производить все возможные перестановки одного или нескольких радикалов.



Задание 3. Составьте формулы всех изомеров состава C_5H_{12} и назовите вещества по систематической номенклатуре.

Решение

1. Составим формулу углеводорода нормального строения:



2. Укоротим цепь на один атом углерода и осуществим перестановки радикала $-\text{CH}_3$ таким образом, чтобы исключить возможность получения идентичных соединений (для большей наглядности атомы водорода при атомах углерода можно опустить):



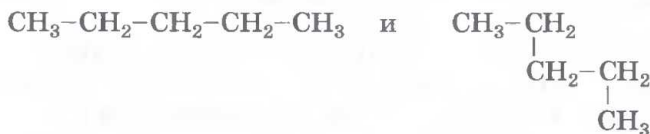
3. Укоротим углеродную цепь еще на один атом углерода (всего на два атома С) и сделаем возможные перестановки двух радикалов $-\text{CH}_3$:



Дальнейшее укорачивание углеродной цепи невозможно, нельзя также вместо двух радикалов $-\text{CH}_3$ взять один $-\text{C}_2\text{H}_5$. Подумайте почему. Таким образом, составлены структурные формулы всех изомеров состава C_5H_{12} (их три).



Произвольное искривление углеводородной цепи не приводит к появлению новых изомеров. Так, формулы

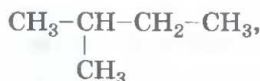
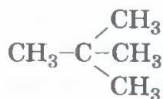
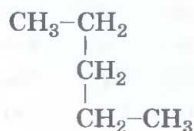


соответствуют одному и тому же соединению — пентану нормального строения.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте молекулярную и структурную формулы алкана, в молекуле которого содержатся 4 атома углерода. Приведите формулы двух гомологов этого алкана (с более и менее длинной углеродной цепью). Назовите все углеводороды.

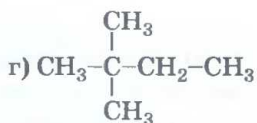
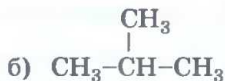
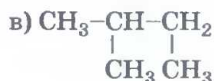
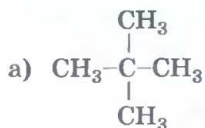
T 2*. Число веществ, обозначенных формулами



равно:

а) 2; б) 3; в) 1; г) 4.

3. Назовите следующие углеводороды и укажите формулы гомологов и изомеров:



Т 4*. Наибольшее количество вещества (моль) содержится в 200 г:
а) NO; б) CH₄; в) HCl; г) C₂H₆.

5*. Вычислите объем кислорода, который расходуется при сжигании 100 л газовой смеси, содержащей 65% метана, 15% этана и 5% водорода, а также другие негорючие вещества.

6*. Установите молекулярную формулу углеводорода, в котором массовая доля углерода равна 82,75%. Плотность углеводорода равна 2,59 г/л (н. у.). Составьте структурные формулы возможных изомеров и назовите их.

§ 5

ЭЛЕКТРОННОЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ МЕТАНА

Электронная и структурная формулы метана не отражают пространственного строения его молекулы. Чтобы представить его, рассмотрим образование связей в молекуле метана. Вы знаете, что атом углерода в возбужденном состоянии имеет четыре неспаренных электрона ($2s^1 2p^3$) и что в молекуле метана атом углерода находится в состоянии sp^3 -гибридизации. Четыре одинаковые гибридные орбитали расположены под углом $109,5^\circ$ друг к другу и направлены к вершинам тетраэдра, в центре которого находится ядро атома углерода. При таком расположении орбитали максимально удалены друг от друга (рис. 1а).

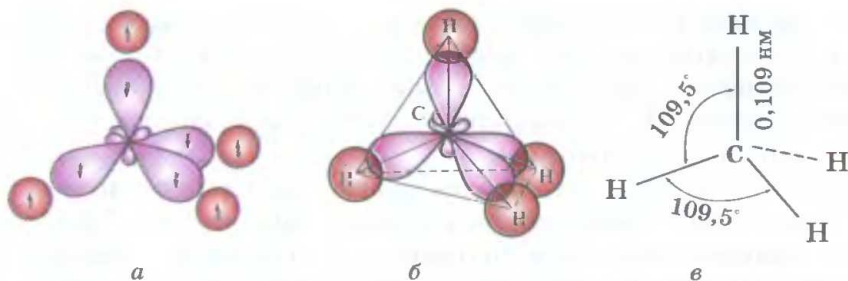


Рис. 1. Образование химических связей в молекуле метана: *а* — четыре sp^3 -гибридные орбитали атома углерода и четыре $1s$ -орбитали атомов водорода; *б* — тетраэдрическая молекула метана; *в* — тетраэдрическое направление связей С–Н в молекуле метана

Образование ковалентных связей С–Н происходит за счет перекрывания четырех sp^3 -гибридных орбиталей атома углерода и $1s$ -орбиталей четырех атомов водорода (рис. 1б).

В образовавшейся молекуле метана ядра атомов водорода лежат в вершинах тетраэдра, расстояния между ядрами атомов водорода и углерода (длина связи С–Н) одинаковы и равны $0,109 \text{ нм}$, валентные углы между связями С–Н составляют $109,5^\circ$ (рис. 1в). Все связи в молекуле метана образуются за счет перекрывания орбиталей *вдоль линии, соединяющей ядра атомов*. Подобную связь, как вам известно, называют *σ-связью*.

Чтобы нагляднее представить пространственное строение молекул метана и других органических соединений, используют шаростержневые и масштабные модели (рис. 2).

Шаростержневые модели строят из шариков, имитирующих атомы, и стержней, имитирующих химические связи между ними. Они наглядно отражают пространственное расположение атомов в молекуле,

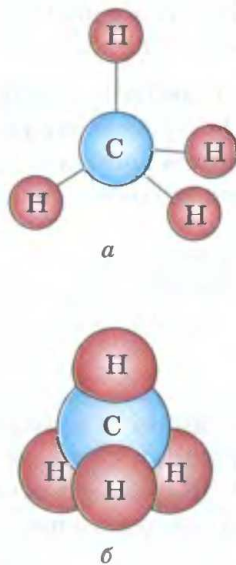


Рис. 2. Модели молекулы метана: *а* — шаростержневая; *б* — масштабная

показывают последовательность их соединения, но не дают представления об относительных размерах атомов и межъядерных расстояниях. В реальной молекуле атомы не находятся так далеко друг от друга, как шарики модели, они плотно упакованы.

Более реальные представления дают масштабные модели, в которых детали, изображающие атомы, выполнены в определенном масштабе по отношению к их действительным размерам. Такие модели позволяют зримо представить молекулу органического вещества (объем и относительные размеры ее частей).

Электронное и пространственное строение других представителей алканов сходно со строением молекулы метана.

Таким образом, в молекулах предельных углеводородов:

- ♦ атомы углерода находятся в sp^3 -гибридном состоянии;
- ♦ все связи атомов углерода направлены к вершинам тетраэдра;
- ♦ все атомы углерода соединены между собой одинарными (σ) связями.

Исходя из вышеизложенного, можно дать более полное определение алканам.

Алканы — это углеводороды, имеющие общую формулу C_nH_{2n+2} , в молекулах которых все атомы углерода находятся в состоянии sp^3 -гибридизации и соединены между собой только σ -связями.



Лабораторный опыт 1 (выполняется дома)

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МОЛЕКУЛ УГЛЕВОДОРОДОВ И ИХ ГАЛОГЕНОПРОИЗВОДНЫХ

Используя пластилин и деревянные или металлические стержни, изготовьте модели молекул.

1. Шаростержневая модель молекулы метана. Из пластилина одного цвета приготовьте четыре шарика одинакового размера (имитируют атомы водорода), а из пластилина другого цвета — один шарик (имитирует атом углерода), диаметр которого в 1,5 раза больше предыдущих. На поверхности шарика большего размера наметьте четыре точки и вставьте в этих местах стержни примерно под углом

109° относительно друг друга. К свободным концам стержней прикрепите четыре маленьких шарика. Мысленно или при помощи нити соедините «атомы водорода» друг с другом. Изображение какой геометрической фигуры вы получили? Постройте две таких модели.

2. Масштабная модель молекулы метана. Уберите стержни из одной шаростержневой модели молекулы метана. Сохраняя направленность связей, присоедините к «атому углерода» четыре «атома водорода», при этом шарики несколько сплющатся, что будет имитировать перекрывание орбиталей соединяющихся атомов. Сравните между собой шаростержневую и масштабную модели. Изменилось ли пространственное строение молекулы метана? Какая модель более точно передает ее строение?

3. Модель молекулы бромметана. С шаростержневой модели молекулы метана снимите один «атом водорода». Вместо него прикрепите шарик другого цвета (имитирует атом брома, диаметр атома брома больше, чем атома углерода). Объясните, почему для изготовления моделей молекул требуются шарики различных размеров.

Отметьте, на какое из положений теории А. М. Бутлерова вы опирались при изготовлении моделей молекул углеводорода и его галогенопроизводного.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- Т 1.** В состоянии sp^3 -гибридизации находятся атомы в молекуле:
а) HCl ; б) BeCl_2 ; в) C_3H_8 ; г) AlCl_3 .
- 2.** Укажите (с помощью стрелочек в структурных формулах) смещение электронных пар в молекулах H_2O , CH_3Cl , CO_2 , C_3H_8 , HClO_4 .
- 3.** Определите тип химической связи в молекулах аммиака и метана, составьте их электронные формулы и изобразите схемы перекрывания атомных орбиталей. Укажите, чем они отличаются по строению и какая из молекул неполярна.
- Т 4*.** Массовая доля углерода в углеводороде составляет 83,3%, относительная плотность паров этого вещества по водороду равна 36. Молекулярная формула углеводорода:
а) C_4H_8 ; б) C_4H_{10} ; в) C_5H_{10} ; г) C_5H_{12} .

СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ АЛКАНОВ

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКАНОВ

Предельные углеводороды широко распространены в природе. Основными источниками их получения являются нефть, природные и попутные газы.

Физические свойства предельных углеводородов, как и других органических соединений, определяются их составом и строением. Алканы, как и многие органические вещества, имеют молекулярное строение и молекулярную кристаллическую решетку в твердом состоянии.

Четыре первых члена гомологического ряда ($\text{CH}_4 - \text{C}_4\text{H}_{10}$) при обычных условиях — газы, не обладающие цветом и запахом. Неразветвленные алканы от пентана до пентадекана ($\text{C}_5\text{H}_{12} - \text{C}_{15}\text{H}_{32}$) — бесцветные жидкости; начиная с $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ — твердые вещества белого цвета, жирные на ощупь. Низшие жидкие алканы обладают характерным «бензиновым» запахом. Высококипящие и твердые алканы запаха не имеют. По мере увеличения числа атомов углерода в цепи повышаются температуры кипения и плавления алканов.

Предельные углеводороды — неполярные соединения. Вследствие этого они практически не растворяются в воде (полярный растворитель). Так, если прилить к воде бензин или керосин, которые представляют собой смеси жидких углеводородов, то образуются два слоя: верхний — углеводородный, нижний — водный. Но алканы хорошо растворяются в неполярных органических растворителях, таких, как бензол, тетрахлорметан и др. (Вспомните правило — *подобное растворяется в подобном.*)

Жидкие углеводороды легко смешиваются друг с другом, они так же хорошо растворяют и твердые углеводороды. Это их свойство используют для очистки поверхности предметов от загрязнений. Например, с помощью керосина или бензина удаляют минеральное масло (смесь жидких алканов и некоторых других соединений) или битум (смесь твердых алканов и других углеводородов).

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКАНОВ

Химические свойства органических соединений зависят от состава и строения их молекул, от природы химических связей.

В молекулах алканов все атомы связаны друг с другом прочными одинарными связями (σ -связями). Валентности атомов углерода, не затраченные на связь друг с другом, полностью насыщены атомами водорода, поэтому алканы называют *предельными*, или *насыщенными*, углеводородами. Это прочные соединения, в обычных условиях они *малоактивны*. По этой причине их называли *парафинами* (от лат. *parum affinis* — мало сродства).

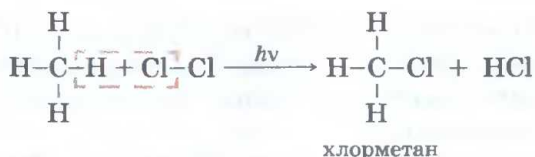
Полярность связей С–Н и С–С мала или равна нулю, поэтому алканы вступают в реакции, протекающие под действием света, высокой температуры или катализаторов. Эти реакции могут сопровождаться разрывом связей С–Н или разрывом цепи атомов углерода (связей С–С). Наиболее характерны для алканов реакции *замещения* атомов водорода, сопровождающиеся разрывом связей С–Н.

Химические свойства предельных углеводородов рассмотрим на примере метана.

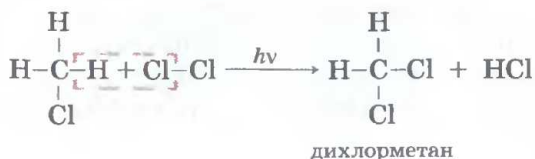
Реакция замещения

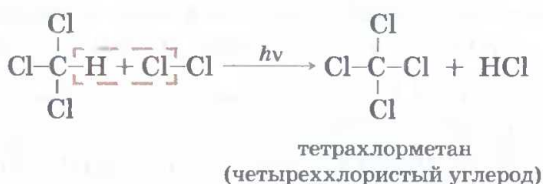
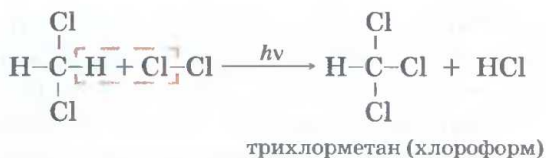
Реакция замещения атомов водорода в молекуле алкана на атомы галогенов (хлора или брома) с образованием галогенопроизводных называется *реакцией галогенирования*.

Она протекает под действием света или высокой температуры. Например, если сосуд со смесью метана и хлора выставить на рассеянный солнечный свет (при сильном освещении может произойти взрыв), то можно наблюдать постепенное ослабление желто-зеленой окраски хлора вследствие взаимодействия его с метаном:



При избытке хлора он последовательно замещает все атомы водорода:





В результате реакции получается смесь хлорпроизводных метана. Реакцию с хлором называют реакцией *хлорирования*, с бромом — *бромирования*.

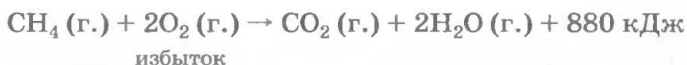
Аналогично реагируют с хлором и другие алканы. Поскольку реакции галогенирования протекают на свету или при повышенной температуре, то алканы *не обесцвечивают бромную воду при обычной температуре*.

Галогенирование алканов имеет промышленное значение. Например, из метана получают такие органические растворители, как дихлорметан CH_2Cl_2 , трихлорметан (хлороформ) CHCl_3 и тетрахлорметан CCl_4 (четырёххлористый углерод, в быту его называют «жидкость для выведения пятен»). Галогенированием алканов получают также *фреоны*, которые в качестве хладагентов применяют в холодильных установках и кондиционерах.

Реакции окисления

Наиболее важной реакцией алканов является горение. Их сжигание в виде природного газа, бензина, керосина, соляных масел, мазута дает тепло и свет, а также приводит в движение многие машины.

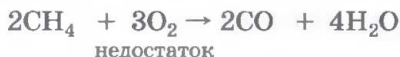
При обычной температуре углеводороды не вступают в реакцию с кислородом воздуха, ее можно инициировать либо поджиганием, либо действием электрического разряда. Из повседневной жизни вам известно, что для того чтобы загорелся метан (главная составная часть бытового газа), его надо поджечь. В избытке кислорода метан горит почти *бесцветным* пламенем с образованием оксида углерода(IV) и воды и выделением энергии:



Если приготовить смесь из одного объема метана и двух объемов кислорода (см. уравнение), то при ее поджигании или пропускании через нее электрической искры происходит сильный взрыв. Смеси метана с воздухом могут образоваться в угольных шахтах, заводских котельных, жилых домах. Нередко это является причиной аварий и несчастных случаев.

Аналогично протекают реакции горения и других газообразных, жидких, а также твердых углеводородов. Вследствие этого нужно весьма осторожно обращаться с такими жидкостями, как бензин, керосин и т. п., поскольку уже при обычной температуре в воздухе находится достаточно паров углеводородов, которые легко воспламеняются от пламени спички, искры. Это может вызвать пожар, сопровождающийся взрывом. Подобные жидкости не следует хранить в открытых сосудах.

При *недостатке кислорода* углеводород сгорает не полностью, в результате образуется **ядовитый газ** — **оксид углерода(II)** или выделяется углерод в свободном виде:



При этом пламя горелки приобретает *желтую окраску*.

Вы знаете, что угарный газ прочнее, чем кислород, связывается гемоглобином (красным пигментом крови), поэтому кровь теряет способность выполнять свою главную функцию — служить переносчиком кислорода в организме. Выхлопные газы автомобилей всегда содержат небольшое количество (около 1%) оксида углерода(II).

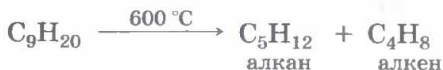
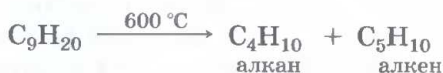
Термические превращения алканов

При температуре выше 500 °С алканы разлагаются с выделением водорода и образованием углеводородов более низкой молекулярной массы. В этих реакциях происходит разрыв связей С-Н и С-С.

Разложение. При сильном нагревании (выше 1000 °С) без доступа воздуха предельные углеводороды полностью разлагаются на углерод и водород, т. е. происходит разрыв связей С–Н и С–С. Эту реакцию называют *пиролизом*. Ее используют для получения водорода и сажи:

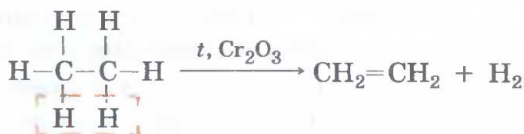


Крекинг. Крекинг (от англ. *cracking* — расщепление) алканов протекает преимущественно с разрывом связей С–С и образованием смеси алканов и алкенов с меньшим числом атомов углерода в молекуле. При крекинге более вероятен разрыв связи С–С, находящейся ближе к центру молекулы, например:

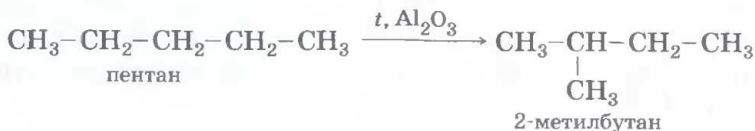


В результате крекинга всегда образуется смесь продуктов. Так, крекинг нефтепродуктов (мазут, солярные масла) позволяет получать *бензин* — смесь углеводородов, молекулы которых имеют меньший размер.

Дегидрирование. Это реакция отщепления молекулярного водорода от молекулы алкана. Она протекает при 300–350 °С в присутствии катализаторов (чаще всего оксида хрома(III)) и сопровождается образованием преимущественно алкенов:



Изомеризация. Это реакция превращения алкана неразветвленного строения в разветвленный его изомер. Она протекает при нагревании в присутствии катализатора оксида алюминия:



В реакцию изомеризации вступают алканы, в молекулах которых *не менее четырех* атомов углерода.

Конверсия метана

Процесс конверсии (от лат. *conversio* — изменение, превращение) протекает при высокой температуре (800–900 °С) и в присутствии никелевого катализатора. В этих условиях метан реагирует с водой:



Образуется смесь оксида углерода(II) и водорода, которую называют *синтез-газом*. Синтез-газ — ценное химическое сырье, его используют для получения многих органических соединений, а выделяемый из смеси водород — для производства аммиака.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛКАНОВ

Из предельных углеводородов наибольшее применение находит *метан* — важнейшая составная часть природного газа. Вам известно, что при горении метана выделяется много теплоты (см. уравнение реакции на с. 33), поэтому природный газ широко используют в промышленности и в быту для получения энергии.

Пользуясь метаном в быту, необходимо соблюдать осторожность, так как *с воздухом он образует взрывоопасную смесь*. Наиболее сильный взрыв происходит, если смешать один объем метана с десятью объемами воздуха. При других объемных отношениях также происходит взрыв, но меньшей силы. Поскольку метан не имеет запаха, то в бытовой газ добавляют небольшое количество сильно пахучего вещества, что позволяет обнаруживать утечки газа.

Метан применяют и как исходное сырье для получения ряда важных продуктов — водорода, ацетилен, фреонов, метилового спирта, муравьиной кислоты, синтетических каучуков и многих других веществ (рис. 3 на с. 36).

Пропан в смеси с *бутаном* (пропан-бутановая смесь) используют в качестве топлива в населенных пунктах, где не подведен природный газ. Эту смесь в сжиженном виде транспортируют в баллонах.

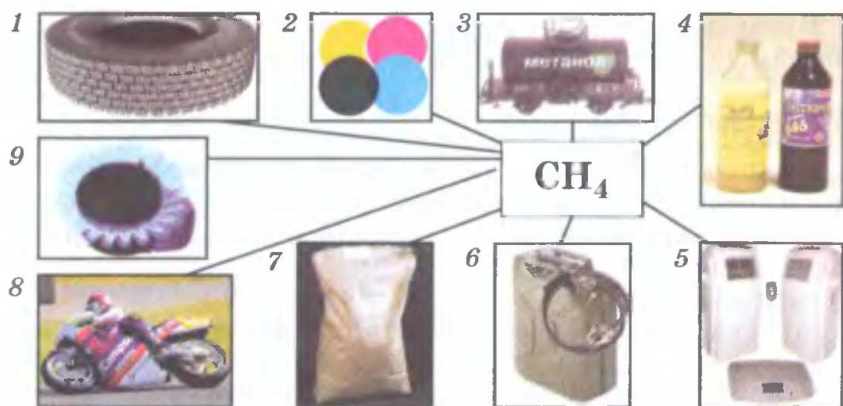


Рис. 3. Применение метана для получения: 1 — резины; 2 — типографской краски; 3 — метанола; 4 — растворителей; 5 — хладагентов; 6 — синтетического бензина; 7 — водорода, аммиака и азотных удобрений; в качестве: 8 — горючего для двигателей внутреннего сгорания; 9 — промышленного и бытового газа

Смеси жидких углеводородов с числом атомов углерода в молекулах больше семи применяют как моторное топливо (бензин, керосин, дизельное топливо) и в качестве растворителей.

Широкое применение находят и такие смеси предельных углеводородов, как парафин и вазелин. *Парафин* — твердая белая масса, представляющая собой смесь твердых углеводородов (температура плавления 50–54 °С). Он используется для тепловых процедур в медицине, для изготовления свечей, им пропитывают упаковочную бумагу и т. д. *Вазелин* — смесь жидких и твердых углеводородов — применяют в медицине для приготовления мазей, в парфюмерии — для производства косметических средств. Смесь углеводородов с более высокой температурой плавления (60–80 °С) встречается в природе в виде минерала *озокерита* (горного воска). Его применяют для лечебных тепловых процедур. При микробиологической переработке алканов, содержащих 10–20 атомов углерода, получают белковую массу, которую используют для корма скота.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Можно ли обнаружить появление метана в шахте органолептическим путем, т. е. с помощью органов чувств? Почему?

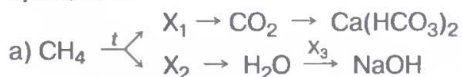
Т 2. В бензоле растворяются все вещества набора:



3. Выберите формулы веществ, с которыми взаимодействует этан: Br_2 , HBr , O_2 , NaOH , H_2O . Составьте уравнения соответствующих реакций, укажите условия их проведения и назовите образующиеся продукты.

4*. Выведите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором составляет 84,21%. Плотность паров вещества по водороду равна 57. Напишите структурные формулы трех изомеров такого состава и назовите их.

5. Составьте уравнения реакций в соответствии со схемами превращений:



Укажите условия протекания реакций и назовите вещества X_1 , X_2 , X_3 .

6*. Вычислите количество теплоты, которая выделяется при сжигании 1 м^3 природного газа, содержащего по объему 95% метана, 3% углекислого газа и 2% азота. Тепловой эффект реакции горения метана равен 880 кДж/моль .

Непредельные углеводороды

Непредельные углеводороды — это углеводороды, в молекулах которых между атомами углерода наряду с одинарными имеются двойные или тройные связи.

В молекулах непредельных углеводородов число атомов водорода меньше, чем в молекулах соответствующих алканов, поэтому непредельные углеводороды называют *ненасыщенными*.

В зависимости от насыщенности молекул атомами водорода непредельные углеводороды делят на этиленовые (*алкены*), диеновые (*алкадиены*), ацетиленовые (*алкины*) и др.

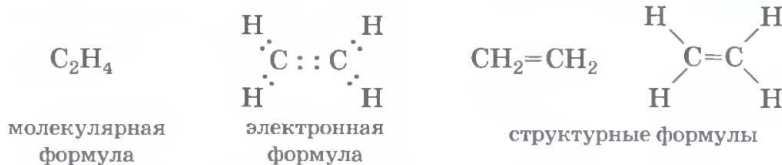
§ 7

АЛКЕНЫ. ГОМОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД, НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЯ. СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ ЭТИЛЕНА

ГОМОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД АЛКЕНОВ

Алкены — непредельные углеводороды, в молекулах которых присутствует одна двойная связь между атомами углерода ($C=C$).

Первым членом гомологического ряда этих углеводородов является этилен:



Поэтому алкены также называют *этиленовыми углеводородами*. По систематической номенклатуре названия этиленовых углеводородов образуют от названий соответствующих алканов, изменяя суффикс *-ан* на *-ен*. Наряду с систематической номенклатурой для этиленовых углеводородов используют и тривиальные* названия, которые имеют суффикс *-илен* (табл. 4).

* *Тривиальные* (исторически сложившиеся) — случайные названия органических соединений, обычно указывающие на их природный источник или на какое-либо их свойство.

Сравнение состава алканов и алкенов

Алкан		Алкен		
Молекулярная формула	Название	Молекулярная формула	Название	
			по систематической номенклатуре	тривиальное
CH ₄	Метан	—	—	—
C ₂ H ₆	Этан	C ₂ H ₄	Этен	Этилен
C ₃ H ₈	Пропан	C ₃ H ₆	Пропен	Пропилен
C ₄ H ₁₀	Бутан	C ₄ H ₈	Бутен	Бутилен

Из сравнения приведенных молекулярных формул алканов и алкенов следует:

- ♦ в гомологическом ряду алкенов один член отличается от другого (как и в ряду алканов) на гомологическую разность — группу CH₂;

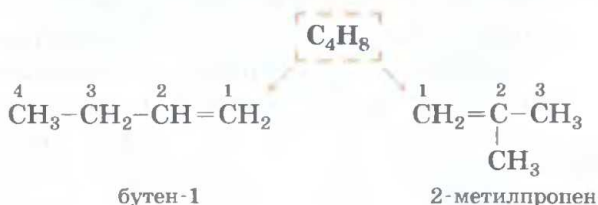
- ♦ каждый этиленовый углеводород отличается от соответствующего алкана на два атома водорода. Следовательно, общая формула этиленовых углеводородов



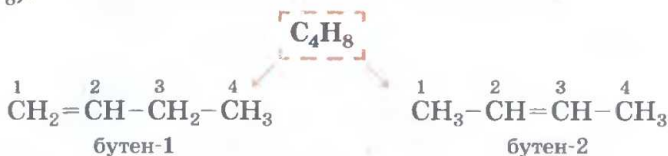
ИЗОМЕРИЯ И НОМЕНКЛАТУРА АЛКЕНОВ

Для алкенов, как и для алканов, характерна *структурная изомерия*. Однако число изомеров у алкенов значительно больше, чем у алканов. Это связано с тем, что для алкенов помимо изомерии углеродного скелета характерны и другие виды изомерии.

- ♦ Изомерия углеродного скелета (начиная с C₄H₈):



♦ Изомерия положения двойной связи в молекуле (начиная с C_4H_8):



Алгоритм составления названия алкена

1. В качестве главной выбрать самую длинную углеводородную цепь, которая содержит *двойную связь* и с которой связано наибольшее число заместителей (радикалов).

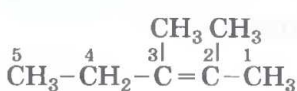
2. Пронумеровать атомы углерода в цепи, начиная с того конца, к которому ближе находится двойная связь. Если она в центре цепи, то нумерацию начинают с того конца, к которому ближе радикал (заместитель).

3. Цифрами указать номера атомов углерода, с которыми связаны радикалы, затем назвать радикалы в *алфавитном порядке*.

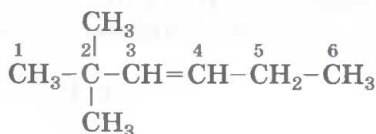
4. Назвать главную цепь.

5. Цифрой после названия алкена указать меньший номер атома углерода, образующего двойную связь.

Например:



2,3-диметилпентен-2



2,2-диметилгексен-3

ЭЛЕКТРОННОЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ ЭТИЛЕНА

Рассмотрим пространственное строение молекулы этилена. В молекулах этилена и других алкенов атомы углерода, образующие двойную связь, находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. В этом случае из четырех орбиталей атома углерода (в возбужденном состоянии) гибридизации подвергаются одна $2s$ - и две $2p$ -орбитали. В результате образуются три одинаковые sp^2 -гибридные орбитали, которые располагаются под углом 120° друг к другу и находятся в одной плоскости. Одна оставшаяся негибридной

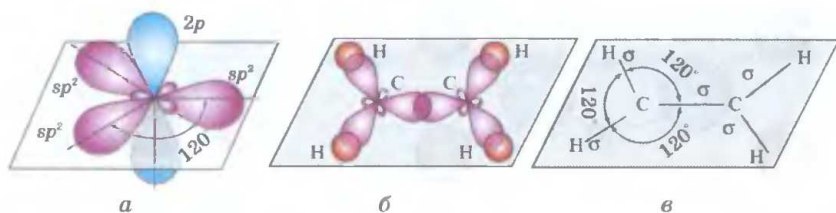


Рис. 4. Образование σ -связей в молекуле этилена: а — три sp^2 -гибридные орбитали атома углерода и одна негибридная $2p$ -орбиталь; б — образование σ -связей; в — схема расположения σ -связей в молекуле этилена

$2p$ -орбиталь ориентирована перпендикулярно этой плоскости (рис. 4а).

При образовании молекулы этилена sp^2 -гибридные орбитали атомов углерода образуют одну σ -связь С-С и четыре σ -связи С-Н (рис. 4б). Связи С-С и С-Н находятся в одной плоскости под углом 120° друг к другу. Итак, в молекуле этилена пять σ -связей (рис. 4в).

Негибридная $2p$ -орбиталь одного атома углерода перекрывается с $2p$ -орбиталью второго атома углерода. В результате их бокового перекрывания над и под плоскостью σ -связей образуется еще одна связь. Такую связь, как вам известно, называют π -связью. Плоскость π -связи перпендикулярна плоскости σ -связей (рис. 5). Следовательно, двойная связь С=С в молекуле этилена образована одной σ -связью и одной π -связью.

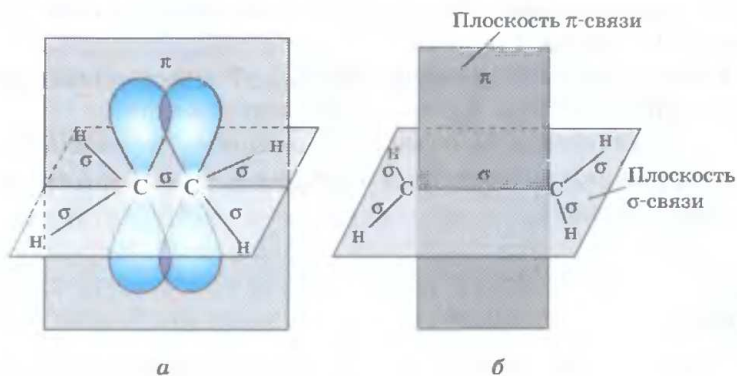


Рис. 5. Образование π -связи в молекуле этилена: а — боковое перекрывание негибридных $2p$ -орбиталей; б — положение плоскости π -связи

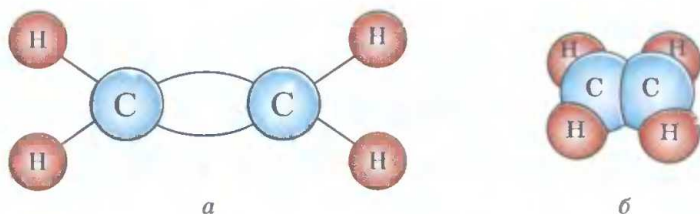


Рис. 6. Модели молекулы этилена: а — шаростержневая; б — масштабная

На рис. 6 представлены модели молекулы этилена.

В табл. 5 приведены количественные характеристики связей $C-C$ и $C=C$.

Таблица 5

Количественные характеристики связей $C-C$ и $C=C$

Связь	Длина связи, нм	Энергия связи, кДж/моль
$C-C$	0,154	352
$C=C$	0,134	587

Из сравнения данных табл. 5 видно, что двойная связь $C=C$ короче и в целом прочнее связи $C-C$. Но прочность π -связи, энергия которой **235 кДж/моль (587—352)**, меньше, чем прочность σ -связи (**352 кДж/моль**). Это обусловлено двумя причинами:

а) боковое перекрывание p -орбиталей (π -связь) происходит в меньшей степени, чем перекрывание орбиталей по линии связи (σ -связь);

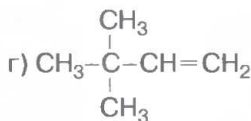
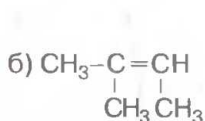
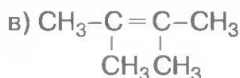
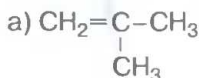
б) электроны, образующие π -связь, более удалены от ядер связанных атомов и слабее ими удерживаются.

Поэтому алкены химически более активны, чем алканы, и самым реакционноспособным центром в молекуле алкена является π -связь.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- На примере пятого члена гомологического ряда алкенов составьте структурные формулы двух изомеров, различающихся:
 - углеродным скелетом;
 - положением двойной связи.
 Назовите все вещества.

2. Назовите по систематической номенклатуре углеводороды, формулы которых приведены ниже, укажите формулы гомологов и изомеров:



Т 3. Число σ -связей в молекуле пропена равно:

а) 5; б) 8; в) 12; г) 9.

4. Составьте электронную и структурную формулы молекулы 2,3-диметилбутена-1, определите валентность и степени окисления атомов углерода.

5*. По термохимическому уравнению



рассчитайте количество теплоты, выделяющейся при сгорании 201,6 л этилена (н. у.).

6*. Массовая доля углерода в углеводороде равна 85,7%. Относительная плотность паров вещества по водороду равна 21. Определите формулу вещества и назовите его.

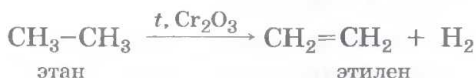
§ 8

ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ АЛКЕНОВ

ПОЛУЧЕНИЕ АЛКЕНОВ

В отличие от предельных углеводородов алкены в природе встречаются редко, что обусловлено их высокой химической активностью. Исходными веществами для получения алкенов служат предельные углеводороды и некоторые их производные. Рассмотрим *промышленные способы* получения алкенов.

Дегидрирование алканов.



Термический крекинг алканов. При нагревании алканов, входящих в состав нефти, как вам известно, образуется смесь алканов и алкенов меньшей молекулярной массы. Например, крекингом бутана получают смесь этана и этилена:

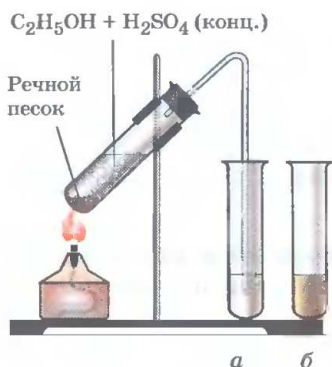
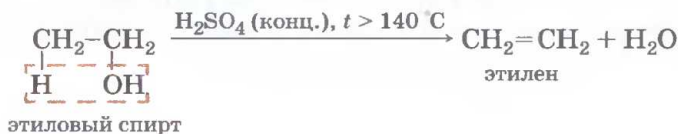


Рис. 7. Получение этилена: а — взаимодействие этилена с бромной водой; б — пробирка с бромной водой до опыта

В лабораторных условиях алкены получают с помощью *реакций отщепления*. В этих реакциях от двух соседних атомов углерода отщепляются два атома или две группы атомов, а между атомами углерода образуется двойная связь.

Дегидратация спиртов. Реакция *дегидратации* — процесс отщепления молекул воды — происходит при нагревании спиртов с концентрированной серной кислотой (водоотнимающее средство) до температуры выше 140 °С (рис. 7):



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКЕНОВ

По своим физическим свойствам алкены близки к алканам, так как их молекулы тоже практически неполярны. Как и в гомологическом ряду алканов, первые представители алкенов — этен, пропен и бутены — при обычных условиях газы, вещества состава C_5H_{10} — $\text{C}_{16}\text{H}_{32}$ — бесцветные жидкости, высшие алкены — твердые вещества. Как и алканы, алкены нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях. Температуры кипения и плавления алкенов закономерно повышаются с возрастанием длины углеродной цепи.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКЕНОВ

В отличие от алканов, алкены — химически активные вещества, что обусловлено наличием в их молекулах двойной связи.

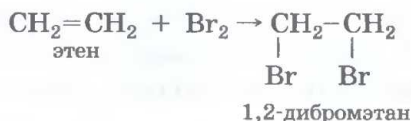
Одна из двух связей, составляющих двойную связь между атомами углерода (π -связь), непрочная, она легко разрывается, поэтому реакции обычно протекают по месту двойной связи. Для алкенов характерны реакции *присоединения* и *полимеризации*. Они сопровождаются разрывом π -связей и образованием σ -связей.

Химические свойства алкенов рассмотрим на примере этилена.

Реакции присоединения

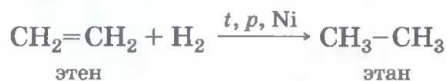
Алкены легко присоединяют как простые вещества (галогены, водород), так и сложные (галогеноводороды, вода).

Галогенирование. Это реакция присоединения галогенов к алкенам. Например, если этилен при *обычных условиях* пропускать через бромную воду или через раствор брома в органическом растворителе, то окраска брома быстро исчезает (см. рис. 7), так как бром вступает в реакцию, образуя бесцветную тяжелую жидкость 1,2-дибромэтан:



Обесцвечивание раствора брома — *качественная реакция* на π -связь между атомами углерода в органическом соединении.

Гидрирование. *Реакция гидрирования* — это присоединение водорода к алкенам. В результате этой реакции происходит полное насыщение атомов углерода атомами водорода и образуются предельные углеводороды. Реакция гидрирования протекает при *умеренном нагревании*, повышенном давлении и в присутствии металлических катализаторов (Pt, Pd или Ni):



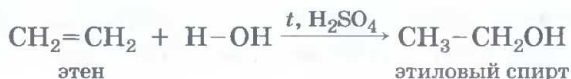
При *более высокой температуре* на тех же катализаторах могут протекать процессы *дегидрирования*:



Гидрогалогенирование. Реакция гидрогалогенирования — это реакция присоединения галогеноводородов, сопровождающаяся образованием галогеналканов:



Гидратация. Реакция гидратации — это присоединение воды. Она протекает при нагревании в присутствии серной или фосфорной кислот, при этом образуется спирт:



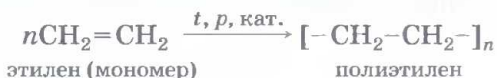
Присоединением воды к этилену получают этиловый спирт в промышленности.

Реакция полимеризации. К реакциям присоединения можно отнести и полимеризацию алкенов.

Полимеризация — это процесс последовательного соединения одинаковых молекул исходного вещества (мономера) друг с другом, протекающий за счет разрыва двойных или тройных связей и не сопровождающийся выделением побочных продуктов.

Процесс полимеризации алкенов открыт А. М. Бутлеровым.

Продукт этой реакции — полимер, макромолекулы которого состоят из большого числа повторяющихся элементарных (структурных) звеньев. Полимеризация может быть вызвана нагреванием, высоким давлением, облучением, действием катализаторов и другими факторами. Упрощенно эту реакцию записывают в виде краткой схемы:



В левой части схемы n — коэффициент, который показывает, сколько молекул этилена вступило в реакцию, а в правой части n — индекс, показывающий, сколько звеньев $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ содержится в молекуле полиэтилена (n может принимать значения до нескольких тысяч). Это число называют степенью полимеризации.

Полиэтилен легок, пластичен, устойчив к действию кислот и щелочей. Из него изготавливают трубы, посуду, используют в радио- и телевизионной технике как изоляционный материал, для упаковки продуктов, одежды, покрытия теплиц (полиэтиленовая пленка пропускает свыше 90% ультрафиолетового излучения), при строительстве оросительных каналов и водоемов в качестве облицовочного материала и т. д.

Реакция окисления

На воздухе алкены, как и другие углеводороды, горят с образованием оксида углерода(IV) и воды:



С кислородом или воздухом этилен образует **взрывоопасные смеси**.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛКЕНОВ

Алкены не используют в качестве топлива, вследствие высокой химической активности их выгоднее использовать в качестве исходного сырья для промышленного органического синтеза. Особенно широко для получения органических веществ применяют этилен (рис. 8).

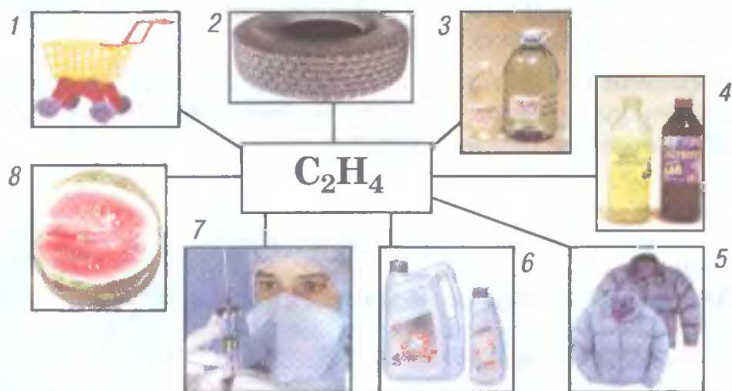


Рис. 8. Применение этилена для получения: 1 — пластмасс; 2 — синтетического каучука; 3 — этилового спирта; 4 — растворителей; 5 — синтетических волокон; 6 — антифризов; 7 — анестезирующих средств; в качестве: 8 — средства для ускорения созревания овощей и фруктов

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- Т 1.** Тяжелее воздуха:
а) метан; б) этан; в) этилен; г) аммиак.
- Т 2.** Этилен реагирует с каждым веществом набора:
а) Br_2 , N_2 , O_2 ; в) HCl , H_2 , CO_2 ;
б) HCl , Cl_2 , O_2 ; г) H_2O , N_2 , KOH (р-р).
Напишите уравнения реакций этилена с веществами этого набора, укажите условия их протекания.
- 3.** Составьте уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:
 $\text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \xrightarrow{+\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2} \text{X}$
Укажите условия протекания реакций и назовите вещество X.
- Т 4.** Летучая трудновоспламеняющаяся жидкость, хорошо растворяет многие органические вещества, используется в сельском хозяйстве для обеззараживания хранилищ. Это вещество:
а) пропан; б) пропен; в) 1,2-дихлорэтан; г) этан.
- 5*.** Этилен впервые был получен И. Ф. Беккером (1860) при нагревании смеси серной кислоты и винного (этилового) спирта. Найдите объем (н. у.) этилена, который можно получить из 500 см^3 раствора ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$) с массовой долей этилового спирта 95%.
- 6*.** Для проведения местной анестезии при хирургической операции необходимо приготовить 5,6 л газообразного хлорэтана. Вычислите, какие объемы этилена и хлороводорода потребуются, если выход продукта составляет 90%.
- 7*.** Определите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором равна 85,7%. Относительная плотность его по воздуху составляет 1,448.

§ 9

АЛКАДИЕНЫ. НАТУРАЛЬНЫЙ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ КАУЧУКИ

СОСТАВ И НОМЕНКЛАТУРА АЛКАДИЕНОВ

Известны углеводороды не только с одной, но и с двумя двойными связями. Поскольку появление в молекуле углеводорода одной двойной связи вызывает уменьшение числа атомов водорода на два (C_nH_{2n} — алкены), то при образовании вто-

рой двойной связи произойдет потеря еще двух атомов водорода. Следовательно, общая формула алкадиенов



Алкадиены (диеновые углеводороды) — это непредельные углеводороды, в молекулах которых имеются две двойные связи и состав которых выражается общей формулой $C_n H_{2n-2}$ ($n > 3$).

По систематической номенклатуре диеновые углеводороды называют так же, как и этиленовые, но только вместо суффикса *-ен* употребляют *-диен*. Например:



Из диеновых углеводородов наибольшее практическое значение имеют бутадиен-1,3 (*дивинил*) и 2-метилбутадиен-1,3 (*изопрен*). Они служат сырьем для получения синтетического каучука.

ПОЛУЧЕНИЕ АЛКАДИЕНОВ

В 1932 г. академик С. В. Лебедев разработал каталитический способ получения дивинила из этилового спирта. При пропускании паров спирта над катализатором при температуре 400–500 °С происходит одновременное отщепление молекул воды и водорода от молекул спирта:



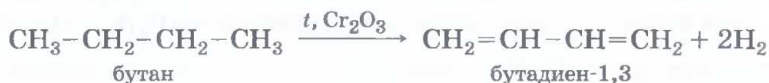
Сергей Васильевич Лебедев

(1874—1934)

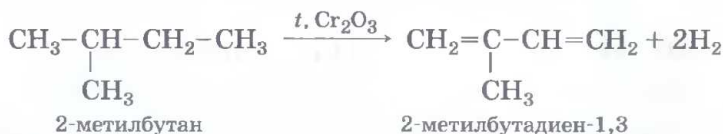
Русский химик, академик. Основные исследования посвящены полимеризации, изомеризации и гидрированию непредельных соединений. Получил синтетический каучук полимеризацией бутадиена-1,3 под действием натрия. Под руководством С. В. Лебедева был построен первый в нашей стране завод синтетического каучука.

В настоящее время наиболее распространенный способ получения алкадиенов — *дегидрирование алканов*, которые содержатся в нефтяных газах и образуются при переработке нефти.

Бутадиен-1,3 получают дегидрированием бутана. Для этой цели бутан пропускают над нагретым катализатором:



Для получения *изопрена* дегидрируют 2-метилбутан:



ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКАДИЕНОВ

Дивинил представляет собой бесцветный, легко сжижающийся газ, а изопрен — бесцветную жидкость, кипящую при 34,1 °С. Все диеновые углеводороды являются непредельными соединениями, поэтому они вступают в те же реакции, что и алкены. Наибольшее практическое применение находит реакция полимеризации диеновых углеводородов. Она приводит к образованию полимеров, обладающих высокой эластичностью и напоминающих природный каучук. Получение синтетических каучуков — основная область применения бутадиена и изопрена.

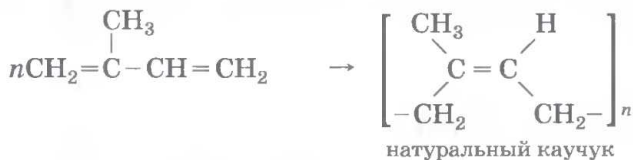
НАТУРАЛЬНЫЙ И СИНТЕТИЧЕСКИЙ КАУЧУКИ

Натуральный (природный) каучук

В XVI в. испанцы, высадившиеся в Южной Америке, обратили внимание на мячи, которые индейцы использовали в играх. Эти мячи были изготовлены из неизвестного в Европе упругого и пластичного вещества, добываемого индейцами из млечного сока южноамериканского дерева гевеи. Индейцы изготавливали из этого вещества водонепроницаемую обувь или обрабатывали им ткань, чтобы сделать ее непромокаемой. Сок гевеи местные жители называли «каучу», отсюда и возникло название — каучук.

Натуральный каучук содержится в млечном соке (*латексе*) некоторых растений. Больше всего его выделяют из сока гевеи, родиной которой является Бразилия. Изучение свойств каучука показало, что при нагревании без доступа воздуха он разлагается с образованием маслянистого вещества — изопрена. А при полимеризации изопрена получался каучук. На основании этих данных был сделан вывод, что *макромолекулы натурального каучука состоят из остатков молекул изопрена.*

Процесс полимеризации изопрена можно выразить схемой:



В макромолекуле натурального каучука метиленовые группы $-\text{CH}_2-$ всех элементарных звеньев расположены *по одну сторону от двойной связи*. Такая особенность строения молекул придает натуральному каучуку стойкость к износу и *эластичность* — способность растягиваться и сжиматься под действием внешней нагрузки, а после снятия ее восстанавливать прежнюю форму.

Но натуральный каучук эластичен лишь в узком интервале температур. При температуре выше 40°C он становится мягким и липким, а на холоде — хрупким и твердым.

Вулканизация каучука

Для улучшения качества натуральный каучук подвергают *вулканизации*. С этой целью его нагревают с серой и различными наполнителями (сажа, мел, красители и др.). В процессе вулканизации атомы серы присоединяются к молекулам каучука по месту разрыва *некоторых* двойных связей и как бы «сшивают» молекулы друг с другом дисульфидными мостиками (рис. 9). Продуктом вулканизации каучука является *резина*, которая прочнее каучука, более устойчива к истиранию и измене-

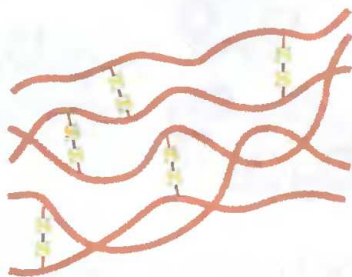


Рис. 9. Схема строения вулканизированного каучука

нию температуры, обладает повышенной стойкостью к действию органических растворителей.

Если вулканизацию проводить с большим количеством серы, чем ее требуется для образования резины, то число дисульфидных мостиков увеличится и эластичность материала пропадет, он станет твердым — получится *эбонит*, который долгое время использовали как электроизолятор (сейчас его потеснили разнообразные пластмассы).

Натуральный каучук (в виде резины) идет на изготовление камер и покрышек для автомобилей, самолетов, мотоциклов, тракторов, велосипедов, а также на производство обуви, игрушек и т. д.

Синтетические каучуки

В течение долгого времени использовали только натуральный каучук, которым располагают немногие страны. С бурным ростом промышленного производства и автомобилестроения в начале XX в. потребность в каучуке возросла. Это поставило перед учеными задачу синтеза этого вещества. Пионером в организации промышленного производства синтетического каучука была наша страна.

В начале 30-х гг. прошлого столетия С. В. Лебедев полимеризацией бутадиена-1,3 впервые получил бутадиеновый синтетический каучук (рис. 10):

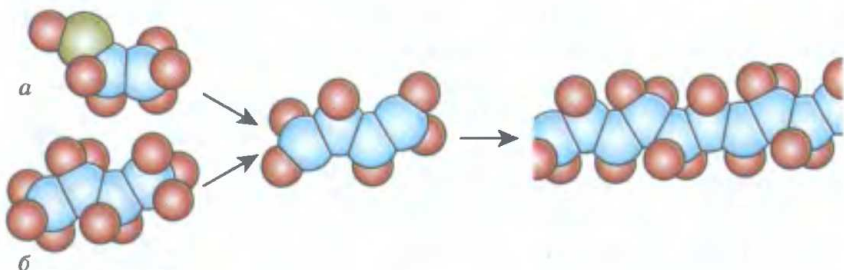
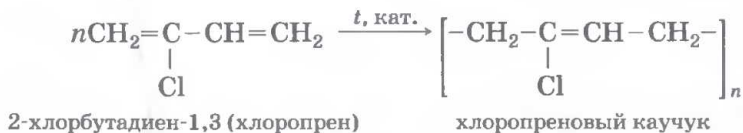


Рис. 10. Схема получения бутадиенового каучука:

а — из этанола (по способу С. В. Лебедева);

б — из бутана (современный промышленный способ)

Свойства синтетических каучуков и резины, получаемой на их основе, зависят от вида мономеров, из которых синтезированы каучуки. Так, на основе бутадиенового каучука получают резину, которую используют в изделиях массового назначения (шины, защитные оболочки кабелей и проводов и т. д.). Полимеризацией хлоропрена получают хлоропреновый каучук:



Резина на его основе обладает бензо-, масло- и теплостойкостью, негорючестью.

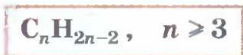
ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- Т 1.** Коэффициент перед формулой кислорода в уравнении реакции полного сгорания бутадиена равен:
а) 11; б) 10; в) 5; г) 13.
- Т 2.** Основным продуктом разложения натурального каучука является:
а) бутан; б) пентен; в) дивинил; г) изопрен.
Напишите схему процесса его полимеризации.
- Т 3.** Каучук образует вязкий раствор в:
а) воде; в) серной кислоте;
б) бензине; г) растворе щелочи.
- Т 4.** Процесс нагревания каучука с серой и наполнителями носит название:
а) полимеризация; в) спекание;
б) размягчение; г) вулканизация.
- 5*.** Вычислите объем этилового спирта ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$), необходимого для получения 162 г бутадиена-1,3, если выход продукта реакции равен 75%.
- 6.** Напишите уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:
пентан \rightarrow 2-метилбутан \rightarrow изопрен \rightarrow каучук.
Укажите условия протекания реакций.

АЛКИНЫ

ГОМОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД, НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЯ АЛКИНОВ

Алкины — *непредельные углеводороды, в молекулах которых имеется одна тройная связь между атомами углерода (C≡C).* Общая формула алкинов



Родоначальник гомологического ряда алкинов — ацетилен:

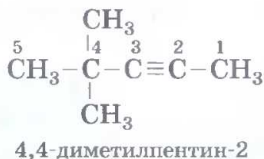


Поэтому алкины также называют *ацетиленовыми* углеводородами.

По систематической номенклатуре названия ацетиленовых углеводородов (алкинов) образуют от названий соответствующих алканов с изменением суффикса *-ан* на *-ин*:



Названия ацетиленовых углеводородов разветвленного строения составляют по тем же правилам, как и названия этиленовых углеводородов. Главную цепь выбирают так, чтобы в ней содержалась тройная связь, и нумерацию атомов углерода начинают с того конца цепи, ближе к которому расположена тройная связь:



Для алкинов характерны те же разновидности структурной изомерии, что и для алкенов.

♦ **Изомерия углеродного скелета (начиная с C₅H₈):**



♦ Изомерия положения тройной связи (начиная с C_4H_6):



ЭЛЕКТРОННОЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ АЦЕТИЛЕНА

В молекуле ацетилена атомы углерода находятся в состоянии sp -гибридизации. В этом случае гибридизации подвергаются одна $2s$ - и одна $2p$ -орбиталь. Образующиеся две одинаковые sp -гибридные орбитали располагаются под углом 180° друг к другу (лежат на одной прямой). Оставшиеся негибридными $2p$ -орбитали располагаются перпендикулярно к этой прямой и друг к другу (рис. 11а).

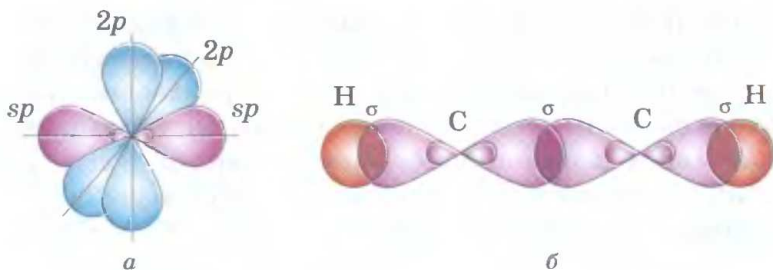


Рис. 11. Образование σ -связей в молекуле ацетилена: а — две sp -гибридные и две негибридные $2p$ -орбитали атома углерода; б — образование σ -связей

При образовании молекулы ацетилена sp -гибридные орбитали атомов углерода образуют σ -связь $C-C$ и две σ -связи $C-H$. Итак, в молекуле ацетилена три σ -связи (рис. 11б).

Две негибридные $2p$ -орбитали одного атома углерода перекрываются с двумя негибридными $2p$ -орбиталями второго атома. В результате их бокового перекрывания образуются две π -связи, которые располагаются во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 12). Следовательно, в молекуле ацетилена между атомами углерода имеется тройная связь, состоящая из одной σ - и двух π -связей. Поскольку атомы углерода и водорода лежат на одной прямой, то молекула имеет линейное строение.

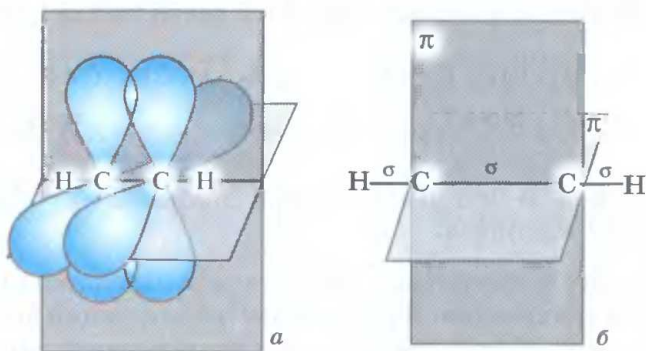


Рис. 12. Образование π -связей в молекуле ацетилена:
 а — боковое перекрывание $2p$ -орбиталей;
 б — взаимное расположение плоскостей π -связей

Образование третьей связи вызывает дальнейшее сближение атомов углерода, поэтому длина тройной связи $C \equiv C$ составляет 0,120 нм, что меньше длины как одинарной, так и двойной связи. На моделях это показывают еще большим сплющиванием шариков, изображающих атомы углерода (рис. 13). С уменьшением длины связи ее энергия увеличивается, она равна 828 кДж/моль.

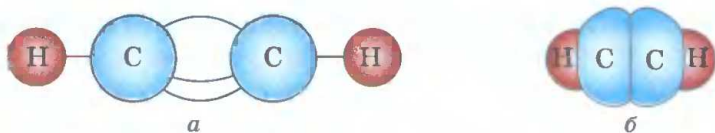


Рис. 13. Модели молекулы ацетилена: а — шаростержневая;
 б — масштабная

ПОЛУЧЕНИЕ АЦЕТИЛЕНА

В лаборатории ацетилен получают *карбидным способом*. Если кусочки карбида кальция поместить в сосуд с водой, начинается бурное выделение ацетилена:



В промышленности ацетилен получают из доступного и дешевого сырья — метана (основная составная часть природного газа):



ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛКИНОВ

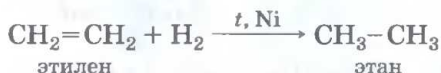
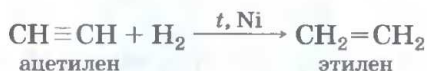
Основные закономерности в изменении физических свойств (температуры кипения и плавления) в гомологическом ряду ацетиленовых углеводородов сходны с таковыми в рядах алканов и алкенов.

Химические свойства ацетиленовых углеводородов обусловлены наличием тройной связи в их молекулах. Для алкинов, как и для алкенов, характерны *реакции присоединения*. Но в отличие от алкенов реакция присоединения к алкинам может протекать в *две стадии*. На первой стадии присоединяется одна молекула реагента, и тройная связь превращается в двойную. Затем присоединяется вторая молекула.

Химические свойства алкинов рассмотрим на примере ацетилена.

Реакции присоединения

Гидрирование. Водород последовательно присоединяется к ацетилену при нагревании в присутствии катализаторов (Pt, Ni, Pd), которые используют и в реакциях гидрирования алкенов. На первой стадии гидрирования образуется этилен, а затем этан:

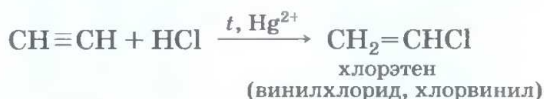


Галогенирование. Алкины, как и алкены, содержат π -связи между атомами углерода, поэтому они обесцвечивают бромную воду. Различить алкены и алкины с помощью этой реакции нельзя:



Гидрогалогенирование. Важное значение имеет реакция присоединения хлороводорода, которая протекает в присутствии катализаторов — солей ртути(II) и др. При присое-

динении хлороводорода к молекуле ацетилена образуется газообразное вещество — хлорэтен (*винилхлорид, хлорвинил*):

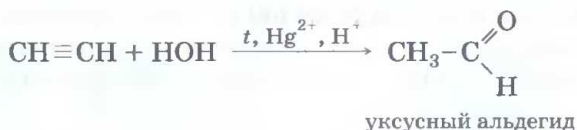


Его используют для получения полимера — поливинилхлорида (полихлорвинила):



Поливинилхлорид (ПВХ) — один из самых распространенных в настоящее время полимеров. Он устойчив к действию химических реагентов, легко окрашивается. Из него получают химически и механически прочную пластмассу со свойствами диэлектриков, а также изготавливают искусственную кожу, клеенку и т. п.

Гидратация. Для гидратации ацетилена, в отличие от этилена, кроме кислотной среды необходим катализатор — соли ртути(II). Реакция протекает с образованием уксусного альдегида:



Эта реакция открыта русским химиком М. Г. Кучеровым в 1881 г. и носит его имя — *реакция Кучерова*.



Михаил Григорьевич Кучеров
(1850—1911)

Русский химик-органик. Основные научные работы посвящены развитию органического синтеза. Получил дифенил и некоторые его производные, исследовал условия превращения бромвинила в ацетилен. Открыл реакцию каталитической гидратации ацетиленовых углеводородов с образованием карбонильных соединений, в частности, превращение ацетилена в уксусный альдегид в присутствии солей ртути (реакция Кучерова). Показал, что гидратацию ацетиленовых углеводородов можно проводить также в присутствии солей магния, цинка, кадмия.

Реакция окисления

На воздухе ацетилен горит ярким *копящим* пламенем, поскольку массовая доля углерода в нем достаточно высока. Если в пламя дополнительно вдуть кислород, то ацетилен сгорает полностью без копоти:



При горении ацетилена в токе кислорода развивается очень высокая температура (около 3000 °С), поэтому кислородно-ацетиленовое пламя используют для автогенной сварки и резки металлов. *Смеси ацетилена с воздухом или кислородом взрывоопасны.* Жидкий ацетилен легко взрывается даже от сотрясения, поэтому его хранят и транспортируют в баллонах в виде ацетоновых растворов, которыми пропитаны пористые материалы.

ПРИМЕНЕНИЕ АЦЕТИЛЕНА

Ацетилен служит исходным веществом для получения синтетических волокон, некоторых каучуков, поливинилхлоридных пластмасс и многих других продуктов (рис. 14). Хлорпроизводные, получаемые из ацетилена, являются растворителями. Ацетилен используют также для сварки и резки металлов, поскольку при его горении достигается высокая температура.

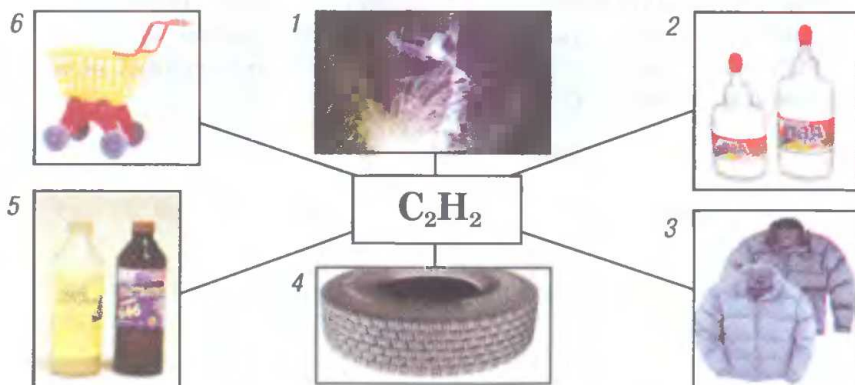


Рис. 14. Применение ацетилена: 1 — для сварки и резки металла; для получения: 2 — клея ПВА; 3 — синтетического волокна; 4 — каучуков; 5 — растворителей; 6 — поливинилхлорида

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте молекулярные формулы алкинов, содержащих: а) 5 атомов углерода; б) 10 атомов водорода.

2. Напишите структурные формулы всех возможных изомерных алкинов состава C_5H_8 и назовите их.

Т 3. Уравнение обратимой реакции, для которой повышение давления не вызывает смещения равновесия, это:



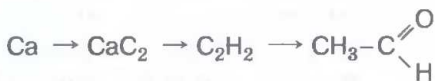
Т 4. Вода реагирует с каждым веществом набора:

а) этен, пропан, оксид кремния; в) бутен-1, бутан, пропин;

б) оксид серы(VI), этин, этен; г) карбонат натрия, пропан, этин.

Напишите уравнения реакций воды с веществами этого набора и укажите условия их протекания.

5. Составьте уравнения реакций в соответствии со схемой:



Укажите условия протекания реакций и назовите все вещества.

6*. При разложении метана получен ацетилен количеством вещества 15 моль. Вычислите объем выделившегося водорода (н. у.).

7*. Карбид кальция массой 270 г обработали водой. Образовавшийся ацетилен подвергли гидратации по реакции Кучерова. Рассчитайте массу образовавшегося уксусного альдегида, если выход ацетилена составил 80%.

Циклические углеводороды

Мы рассмотрели углеводороды, в молекулах которых атомы углерода связаны в открытые цепи. Но существуют вещества, в молекулах которых углеродные цепи замкнуты в циклы. Их называют *циклическими* углеводородами.

§ 11

ЦИКЛОАЛКАНЫ (ЦИКЛОПАРАФИНЫ)

СОСТАВ И НОМЕНКЛАТУРА ЦИКЛОАЛКАНОВ

Циклоалканы (циклопарафины) — это предельные (насыщенные) циклические углеводороды.

По составу циклоалканы отличаются от соответствующих им алканов на два атома водорода. За счет отщепления этих атомов происходит замыкание цикла (рис. 15):

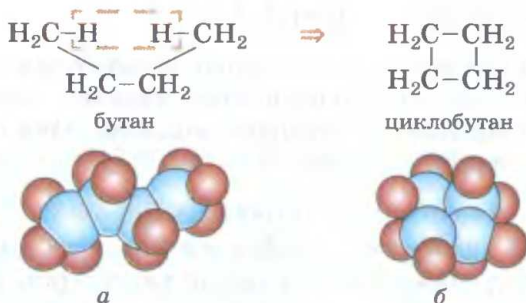
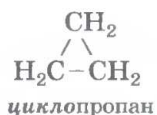


Рис. 15. Модели молекул: а — бутана; б — циклобутана

Следовательно, общая формула циклоалканов такая же, как и у этиленовых углеводородов:



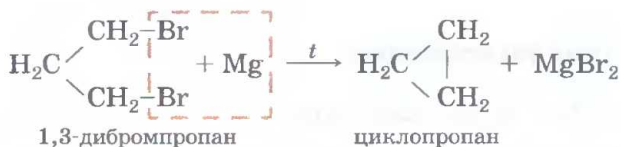
Названия циклоалканов образуют путем добавления приставки *цикло-* к названию соответствующего алкана:



ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЦИКЛОАЛКАНОВ

Циклоалканы являются составной частью некоторых сортов нефти, поэтому *в промышленности* их выделяют из нефти.

Лабораторный способ получения циклоалканов — нагревание металлов (магний или цинк) с дигалогеналканами, в молекулах которых атомы галогена разделены не менее чем тремя атомами углерода:

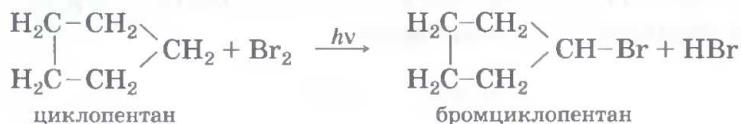


Из циклоалканов наибольшее значение имеет циклогексан, его применяют для получения других углеводородов, а также в качестве растворителя. Циклопропан используют в качестве анестезирующего средства в хирургии.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

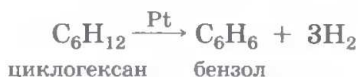
При обычных условиях циклопропан, циклобутан — газообразные вещества; циклопентан, циклогексан — жидкости, высшие циклоалканы — твердые вещества. Они практически не растворяются в воде.

Циклоалканы, содержащие пять-шесть атомов углерода, малоактивны, по химическим свойствам они подобны предельным углеводородам. Для них также характерны реакции *замещения*, которые протекают в тех же условиях, что и реакции замещения алканов. Например, циклопентан на свету реагирует с бромом:

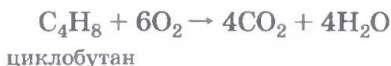


Циклоалканы, подобно алканам, подвергаются и реакциям *дегидрирования*. Например, при дегидрировании ци-

клогексана в присутствии платинового катализатора образуется бензол:



Для циклоалканов характерна реакция *горения*:



ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:



Назовите вещество X.

- 2*. Определите молекулярную формулу углеводорода, массовая доля углерода в котором равна 85,71%. Относительная плотность паров вещества по воздуху составляет 1,93.

§ 12

АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ (АРЕНЫ)

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ АРЕНОВ

Ароматическими эти соединения названы потому, что первые известные вещества этого ряда имели приятный запах. Их выделяли из ароматных бальзамов или других благовонных веществ природного происхождения. С развитием органической химии были получены соединения, сходные по строению и свойствам с известными веществами, но не имеющие запаха или даже обладающие неприятным запахом. Однако историческое название этих углеводородов сохранилось.

Изучение свойств и строения ароматических углеводородов показало, что в их молекулах содержится циклическая группировка из шести атомов углерода, которую называют *бензольным кольцом*, или *бензольным ядром*. Простейший представи-

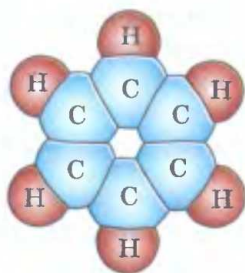
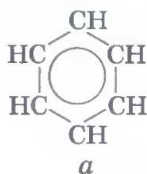


Рис. 16. Масштабная модель молекулы бензола

тель ароматических углеводородов — бензол C_6H_6 (рис. 16). В настоящее время структурную формулу бензола изображают в виде шестиугольника с окружностью внутри (а) или условно без указания атомов водорода и углерода (б):

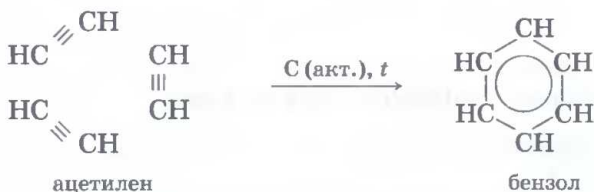


структурные формулы бензола

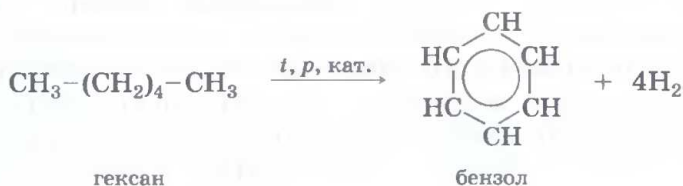
ПОЛУЧЕНИЕ БЕНЗОЛА

В промышленности основными источниками ароматических углеводородов являются каменноугольная смола, образующаяся при коксовании угля, и нефть. Бензол получают и синтетическим путем.

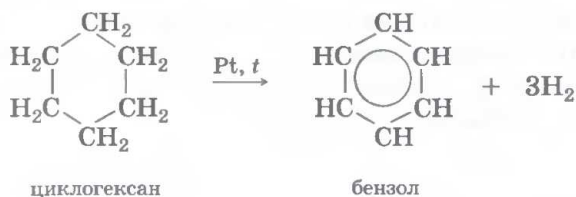
Тримеризация ацетилена. Бензол образуется при пропускании ацетилена над активированным углем при нагревании:



Дегидрирование алканов. При пропускании неразветвленных предельных углеводородов, имеющих не менее шести атомов углерода в молекуле, над нагретым катализатором цепь замыкается и выделяется водород. Например, из гексана получают бензол:



Дегидрирование циклоалканов. При нагревании циклогексана в присутствии катализатора (Pt или Pd) он превращается в бензол:



Этот метод получения бензола был разработан академиком Н. Д. Зелинским.



Николай Дмитриевич Зелинский
(1861—1953)

Русский химик-органик, академик. Научные исследования относятся к химии гетероциклов, органическому катализу, химии белков и аминокислот. Один из основоположников органического катализа и нефтехимии. Разработал метод получения бензола из циклогексана, создал угольный противогаз. Впервые в СССР начал (1932) работы по получению хлоропренового каучука. Один из организаторов Института органической химии АН СССР (ныне имени Зелинского).

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕНЗОЛА

В обычных условиях бензол — бесцветная летучая огнеопасная жидкость с неприятным запахом. Он легче воды ($\rho = 0,88 \text{ г/см}^3$) и с ней не смешивается, но растворим в органических растворителях и сам хорошо растворяет многие вещества. Бензол кипит при $80,1 \text{ }^\circ\text{C}$, при охлаждении легко застывает в белую кристаллическую массу. **Бензол и его пары ядовиты. Систематическое вдыхание его паров вызывает заболевание крови.**

Хотя бензол является непредельным по составу, для него реакции присоединения менее характерны, чем для непредельных углеводородов. Так, он не реагирует с бромной водой. Наиболее характерны для бензола *реакции замещения*, причем они протекают легче, чем в случае предельных углеводородов.

Реакции замещения

Галогенирование. Бензол взаимодействует с хлором и бромом. В отличие от этилена он не реагирует с бромной водой. Для протекания реакции необходимо действие жидкого брома при небольшом нагревании в присутствии катализатора — безводного бромида железа(III); в результате образуется тяжелая жидкость — бромбензол (рис. 17):

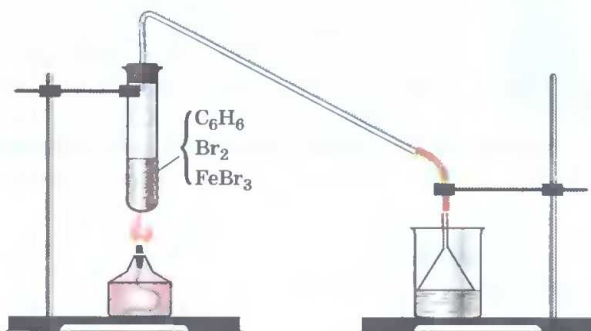
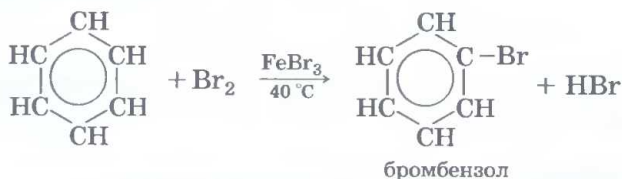
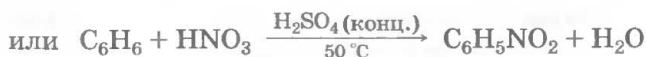
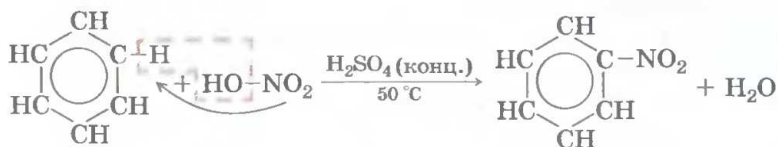


Рис. 17. Взаимодействие бензола с бромом

Вместо соли железа можно использовать железные опилки — в этом случае катализатор образуется непосредственно в реакционной смеси. При хлорировании бензола используют хлор в присутствии хлорида железа(III).

Нитрование. При действии на бензол смеси концентрированных азотной и серной кислот (*нитрующая смесь*) и небольшом нагревании (50°C) образуется тяжелая желтоватая жидкость с запахом горького миндаля — *нитробензол*:

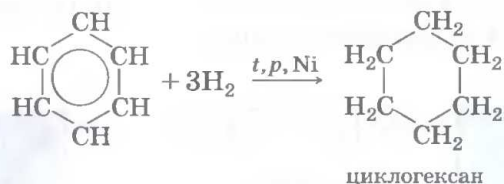


Группу атомов $-\text{NO}_2$ называют *нитрогруппой*.

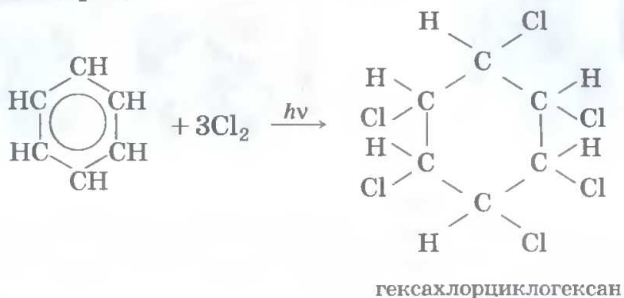
Реакции присоединения

При более жестких условиях бензол может вступать и в реакции присоединения.

Гидрирование. Взаимодействие бензола с водородом идет в присутствии катализаторов при более высоких температуре и давлении, чем гидрирование алкенов. Бензол превращается в циклогексан:



Хлорирование. Реакция протекает при освещении смеси бензола с хлором:



Гексахлорциклогексан — кристаллическое вещество, известное под названием *гексахлоран*. Как *инсектицид* его долгое время использовали для борьбы с вредными для сельскохозяйственных культур насекомыми.



В отличие от непредельных углеводородов бензол не присоединяет воду и галогеноводороды, а также не обесцвечивает бромную воду.

Реакция окисления

Бензол на воздухе горит коптящим пламенем, однако в избытке кислорода он сгорает полностью:



ПРИМЕНЕНИЕ БЕНЗОЛА

Бензол — растворитель и сырье для получения красителей, лекарств, ядохимикатов, фенола, анилина, стирола и многих других органических веществ (рис. 18).

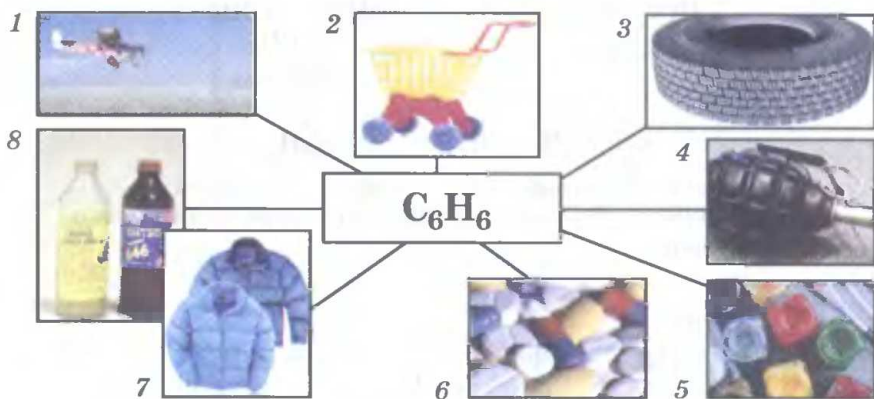
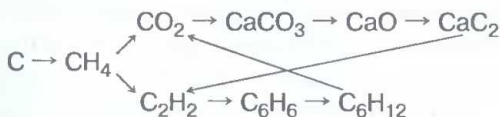


Рис. 18. Применение бензола и его гомологов для получения: 1 — средств для борьбы с вредными насекомыми и болезнями растений; 2 — пластмасс; 3 — бутадиен-стирольного каучука; 4 — взрывчатых веществ; 5 — красителей; 6 — лекарств; 7 — синтетических волокон; в качестве: 8 — растворителя

Вам также известно, что углеводороды можно получить из неорганических веществ. Например, неорганическое вещество — карбид кальция при взаимодействии с водой образует органическое вещество — ацетилен. Из ацетилена реакцией Кучерова получают уксусный альдегид, который является исходным веществом для целой цепи превращений. И наоборот, при окислении органических соединений образуются неорганические вещества: углекислый газ и вода. Следовательно, *между всеми веществами природы — неорганическими и органическими — существуют единство и генетическая связь*. В этом вы будете убеждаться по мере изучения органической химии.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. На примерах углеводородов укажите причины многообразия органических соединений. Приведите уравнения реакций, иллюстрирующих взаимопревращения углеводородов, указанные стрелками на схеме 1.
2. Приведите уравнения реакций, иллюстрирующих получение углеводородов из неорганических веществ.
3. Какие виды изомерии вам известны? Приведите соответствующие примеры.
4. Составьте уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:



§14

ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Углеводороды широко распространены в природе. Основными источниками углеводородов являются *нефть, природный и попутный нефтяной газы и каменный уголь*.

ПРИРОДНЫЙ И ПОПУТНЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗЫ

Природный газ — смесь газов, основным компонентом которой является метан (от 75 до 98% в зависимости от месторож-

дения), остальное приходится на долю этана, пропана, бутана и небольшого количества примесей — азота, оксида углерода(IV), сероводорода и паров воды.

Природный газ образует самостоятельные месторождения.

При сгорании природного газа выделяется большое количество теплоты, поэтому до 90% его расходуется в качестве топлива (на теплоэлектростанциях, промышленных предприятиях, в быту). Остальные 10% используют как сырье для химической промышленности: при получении водорода, ацетилен, сажи, различных пластмасс, медикаментов и других продуктов.

Попутный нефтяной газ — это тоже природный газ, но он встречается вместе с нефтью — находится над нефтью или растворен в ней под давлением. При извлечении нефти на поверхность давление падает, и растворимость газа уменьшается, в результате этого он выделяется из нефти.

Попутный газ содержит меньше метана (30–50%), но больше его гомологов: этана, пропана, бутана и других углеводородов. Кроме того, в нем присутствуют те же примеси, что и в природном газе.

СВОЙСТВА И СОСТАВ НЕФТИ

Нефть — маслянистая жидкость от желтого или светло-бурого до черного цвета с характерным запахом. Она легче воды и в ней практически нерастворима. Нефть представляет собой смесь углеводородов с примесями других веществ, поэтому для нее не характерна определенная температура кипения.

В зависимости от месторождения нефть имеет различный состав. Так, бакинская нефть богата циклическими углеводородами (до 90%), в грозненской нефти преобладают предельные углеводороды, а в уральской — ароматические. Наиболее часто встречаются нефти смешанного состава. По плотности различают легкую и тяжелую нефть.

Большая часть нефти (90%) используется для производства различных видов топлива и смазочных материалов. В то же время нефть — ценное сырье для химической промышленности. Из веществ, добываемых из нефти, получают синтетические каучуки, пластмассы, взрывчатые вещества, лекарственные препараты, синтетические волокна и многое другое. Поэтому можно сказать, что экономика государств зависит от нефти больше, чем от любого другого полезного ископаемого.

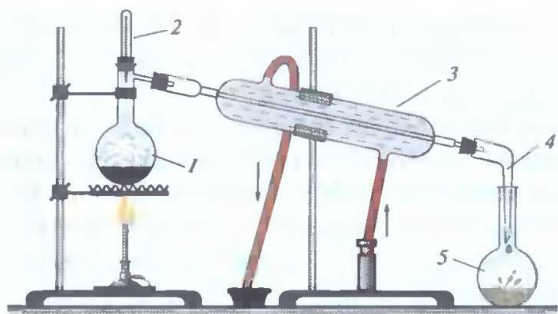


Рис. 19. Схема лабораторной установки для перегонки нефти: 1 — колба с нефтью; 2 — термометр; 3 — водяной холодильник; 4 — алонж; 5 — приемник

Нефть, добываемую из земных недр, называют *сырой*. В сыром виде нефть не применяют, ее подвергают переработке.

ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ

Первичная переработка нефти основана на физических процессах.

Сырую нефть очищают от газов, воды и механических примесей (песок, глина, минеральные соли и т. п.), затем ее подвергают фракционной перегонке.

Перегонка (ректификация) — процесс разделения смесей на отдельные компоненты, или фракции, на основании различия их температур кипения.

В состав нефти входят углеводороды, многие из которых имеют близкие температуры кипения, поэтому при перегонке (рис. 19) получают не индивидуальные углеводороды, а *фракции* с определенными интервалами температур кипения.

На нефтеперерабатывающих заводах выделяют несколько фракций нефтепродуктов.

Газовая фракция (температура кипения до 40 °С) содержит нормальные и разветвленные алканы CH_4 – C_4H_{10} . Раньше эти газы сжигали факельным способом. В настоящее время их стремятся улавливать и использовать как топливо и химическое сырье.

Бензиновая фракция (температура кипения 40–200 °С) содержит углеводороды C_5H_{12} – $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$. При повторной перегонке из нее выделяют *авиационный и автомобильный бензин* (70–120 °С).

Лигроиновая фракция (тяжелый бензин, температура кипения 150–250 °С) содержит углеводороды состава $C_8H_{18} - C_{14}H_{30}$, ее применяют в качестве горючего для тракторов, тепловозов, грузовых автомобилей.

Керосиновая фракция (температура кипения 180–300 °С) включает углеводороды состава $C_{12}H_{26} - C_{18}H_{38}$. Ее используют в качестве горючего для реактивных самолетов, ракет.

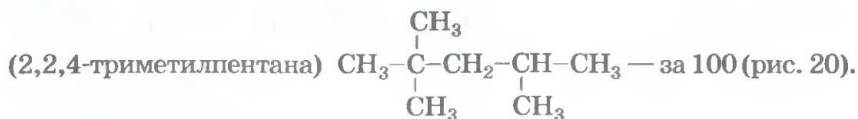
Газойль (температура кипения 270–350 °С) используется как дизельное топливо и в больших масштабах подвергается крекингу.

После отгонки указанных фракций, получивших название *светлых нефтепродуктов*, остается темная вязкая жидкость — *мазут*. Его используют как топливо в котельных установках, но основную массу подвергают перегонке (ректификации) при низком давлении (под вакуумом). В этих условиях из мазута выделяют *соляровые масла* (из них получают дизельное топливо и смазочные масла), *вазелин* (основа для косметических средств и лекарств), *парафин* (применяют для производства свечей, в медицине). Остаток от перегонки мазута — *гудрон*, его применяют при производстве материалов для дорожного строительства (асфальт).

Перегонка нефти позволяет получить не более 20% бензиновой фракции. Кроме того, важно не только количество бензина, но и его качество. Бензин должен обладать достаточно высокой *детонационной* (от фр. *detoner* — взрываться) *стойкостью*, которая зависит от строения молекул углеводородов, входящих в его состав.

Наименьшей стойкостью к детонации обладают предельные углеводороды неразветвленного строения. Предельные углеводороды с разветвленной цепью, а также непредельные и ароматические более устойчивы к детонации.

Количественно детонационную стойкость бензина характеризуют *октановым числом*. Чем больше это число, тем выше стойкость бензина к детонации. Детонационная стойкость гептана $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$, который легко детонирует, условно принята за 0, а устойчивого к детонации изооктана



При каталитическом крекинге образуется также небольшое количество ароматических углеводородов. Вследствие этого бензин каталитического крекинга обладает большей детонационной стойкостью (октановое число около 90), чем бензин фракционной перегонки.

Следовательно, *использование крекинг-процесса не только повышает выход бензина (до 65–75% в расчете на сырую нефть), но и позволяет получить бензин с более высоким октановым числом.*

Пиролиз нефтепродуктов. Этот процесс протекает при нагревании нефтепродуктов до температуры 650–800 °С. В этих условиях основными продуктами реакции являются непредельные газообразные (этилен, ацетилен) и ароматические (бензол, толуол) углеводороды.

Итак, нефть — сырье для производства не только топлива, но и многих органических веществ.

По мере возрастания масштабов добычи и переработки нефти большое значение приобретает *охрана окружающей среды* от загрязнений нефтью и нефтепродуктами. Нефтяное загрязнение особенно опасно для водоемов. Источники загрязнения могут быть различными — утечка нефти при ее перевозке (например, аварии танкеров), поступление нефтепродуктов со сточными водами предприятий и др. Легкие нефтепродукты, растекаясь тонким слоем по поверхности воды, образуют пленку, которая затрудняет газообмен. Тяжелые масла оседают на дно водоемов, вызывая токсическое поражение придонной фауны. Для уменьшения загрязнений вод нефтепродуктами создают танкеры с двойным дном и усовершенствованной конструкцией корпуса, строят очистные сооружения на нефтеперерабатывающих заводах и т. д.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Чем отличается попутный нефтяной газ от природного газа?
2. Назовите важнейшие нефтепродукты и укажите: а) чем они различаются по химическому составу; б) области их применения.
3. Чем отличается процесс фракционной перегонки нефти от крекинга?

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

II

Атомы водорода в углеводородах могут быть замещены на атомы или группы атомов, называемые функциональными группами.

Функциональная группа — это атом или группа атомов, определяющая характерные химические свойства данного класса органических соединений.

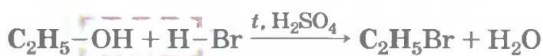
Таковыми заместителями могут быть атомы галогенов, группы атомов, содержащие кислород, азот, углерод, например:

—ОН	—СООН	—NH ₂
гидроксильная группа (в спиртах)	карбоксильная группа (в карбоновых кислотах)	аминогруппа (в аминах)

Присутствие той или иной функциональной группы определяет принадлежность вещества к определенному классу органических соединений.

Так, различные соединения, например CH₃OH, C₂H₅OH, C₃H₇OH, принадлежат к классу спиртов и обладают одинаковыми свойствами, поскольку все они содержат гидроксильную группу —ОН.

Во многих реакциях участвуют только функциональные группы, а углеводородные радикалы (R) переходят в молекулы продуктов не изменяясь, например:



Спирты. Фенолы. Амины

Известно много органических веществ, в состав которых наряду с углеродом и водородом входят кислород и азот. В данной главе рассмотрим гидроксильные производные углеводов, которые в зависимости от природы углеводородного радикала разделяют на *спирты* и *фенолы*, а также азотсодержащие вещества — *амины*.

§ 15

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ОДНОАТОМНЫЕ СПИРТЫ

ГОМОЛОГИЧЕСКИЙ РЯД И НОМЕНКЛАТУРА СПИРТОВ

Предельные одноатомные спирты — это производные предельных углеводов, в молекулах которых один атом водорода замещен на гидроксильную группу.

Общая формула веществ этого ряда



или

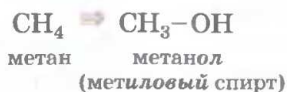


R — предельный радикал C_nH_{2n+1} .

По *систематической номенклатуре* название спирта образуют от названия соответствующего предельного углеводорода с добавлением суффикса *-ол*. Цифрой указывают номер атома углерода, с которым связана гидроксильная группа. Нумерацию углеродной цепи начинают с того конца, к которому ближе расположена гидроксильная группа.

Тривиальное название спирта образуется из названия углеводородного радикала, выраженного прилагательным, и слова «спирт».

Например:

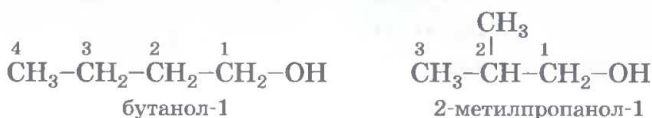


Предельные одноатомные спирты образуют гомологический ряд, в котором один член отличается от другого на гомологическую разность — группу CH_2 .

ИЗОМЕРИЯ

Для предельных одноатомных спиртов характерна *структурная изомерия*.

♦ Изомерия углеродного скелета (начиная с $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$):

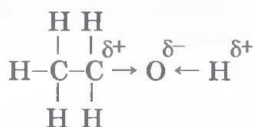


♦ Изомерия положения функциональной группы $-\text{OH}$ (начиная с $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$):



СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ СПИРТОВ

Наличие в молекуле спирта более электроотрицательно, по сравнению с углеродом и водородом, атома кислорода приводит к смещению электронной плотности в его сторону. В результате атом кислорода приобретает частичный отрицательный заряд, а атомы углерода и водорода — частичные положительные заряды:



Поэтому ковалентные связи $\text{C}-\text{O}$ и $\text{O}-\text{H}$ в молекуле спирта *полярны*, причем полярность связи $\text{O}-\text{H}$ больше полярности связи $\text{C}-\text{O}$ вследствие большей разности значений электроотрицательностей кислорода и водорода.

За счет смещения электронной плотности атом водорода гидроксильной группы более подвижен по сравнению с ато-

мами водорода, входящими в углеводородный радикал. Это приводит к появлению у спиртов очень слабых кислотных свойств и способности вступать в реакцию замещения.

Таким образом, строение молекул спиртов ярко иллюстрирует положение теории химического строения органических соединений о взаимном влиянии атомов.

Спирты можно представить как продукт замещения одного из атомов водорода в молекуле воды на углеводородный радикал (рис. 21).

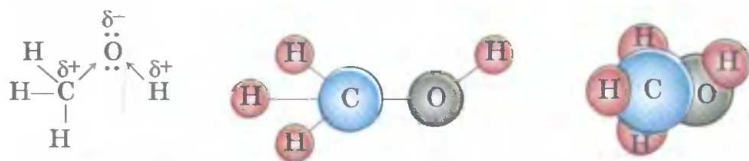


Рис. 21. Строение молекулы метилового спирта

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

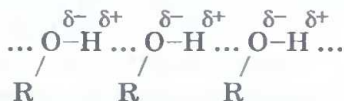
Предельные одноатомные спирты от CH_3OH до $\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{OH}$ — жидкости, а высшие — твердые вещества. Метанол, этанол и пропанол-1 имеют специфический алкогольный запах, другие жидкие спирты обладают удушливым неприятным запахом. Высшие спирты запаха не имеют.

Сравнение физических свойств спиртов со свойствами углеводов близкой молекулярной массы показывает ряд различий. В отличие от углеводов спирты:

- ♦ не являются газообразными веществами; даже первый член гомологического ряда — метанол — жидкость;
- ♦ имеют более высокие температуры плавления и кипения;
- ♦ могут растворяться в воде; низшие спирты (метанол, этанол, пропанол) неограниченно растворяются в воде.

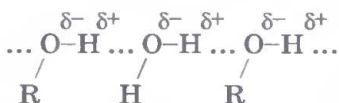
Отличительные особенности спиртов обусловлены наличием полярной гидроксильной группы и способностью молекул спиртов образовывать водородные связи. На атоме водорода гидроксильной группы имеется частичный положительный заряд, поэтому он может взаимодействовать с атомом кислорода другой молекулы, у которого есть неподелен-

ная электронная пара. Образуется межмолекулярная связь, которую, как вам известно, называют *водородной связью*:



В результате образования водородных связей молекулы спиртов ассоциированы (объединены), что обуславливает более высокие температуры кипения спиртов по сравнению с углеводородами, так как на разрыв этих связей требуется дополнительная энергия. Поэтому в отличие от углеводородов, которые являются газами, спирты с равной или близкой молекулярной массой представляют собой жидкости.

Водородные связи образуются не только между молекулами спирта, но и между молекулами спирта и воды:



Вследствие этого низшие спирты смешиваются с водой во всех отношениях. С увеличением числа атомов углерода растворимость спиртов в воде понижается, что обусловлено влиянием неполярного радикала.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте структурные формулы 2-метилбутанола-2; 2,3,4-триметилпентанола-2.

Т 2*. Число изомерных спиртов, имеющих формулу $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$, равно:

- а) 3; б) 4; в) 2; г) 1.

3*. Органическое соединение, в котором массовая доля углерода равна 68,2%, кислорода — 18,2%, водорода — 13,6%, имеет относительную плотность паров по воздуху 3,04. Определите молекулярную формулу вещества, составьте формулы возможных изомеров и назовите их по систематической номенклатуре.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЕДЕЛЬНЫХ ОДНОАТОМНЫХ СПИРТОВ

Химические свойства спиртов обусловлены наличием функциональной группы $-\text{OH}$ и полярностью связи $\text{C}-\text{O}$, поэтому для спиртов характерны реакции, которые протекают с разрывом связей $\text{O}-\text{H}$ и $\text{C}-\text{O}$.

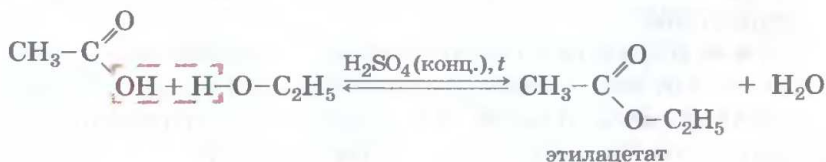
Спирты — *неэлектролиты*. Они не обладают ярко выраженными основными или кислотными свойствами, не изменяют окраску индикаторов.

Реакции с разрывом связи $\text{O}-\text{H}$

Слабые кислотные свойства. Спирты реагируют с щелочными и щелочно-земельными металлами с образованием солей — *алкоголятов*. Например, при взаимодействии этилового спирта с натрием образуется *этилат натрия*, который представляет собой твердое вещество белого цвета:



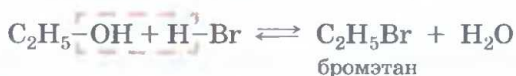
Реакция этерификации. *Реакция этерификации* — взаимодействие спиртов с органическими и неорганическими кислотами с образованием сложных эфиров. Эта реакция протекает в присутствии катализаторов — сильных неорганических кислот — и является обратимой. Например, при взаимодействии этилового спирта с уксусной кислотой образуется этиловый эфир уксусной кислоты (этилацетат):



Реакции с разрывом связи $\text{C}-\text{O}$

Слабые основные свойства. Спирты взаимодействуют с галогеноводородами. Например, если в колбу налить смесь этилового спирта с концентрированной серной кислотой и добавить бромид калия или бромид натрия (для образования бромов-

водорода), затем ее закрыть пробкой с воздушным холодильником, конец которого опущен в колбу-приемник со смесью льда и воды, то при нагревании смеси можно наблюдать поступление в приемник тяжелой маслянистой жидкости (рис. 22). Продукт реакции — галогеналкан:



Эта реакция обратима.

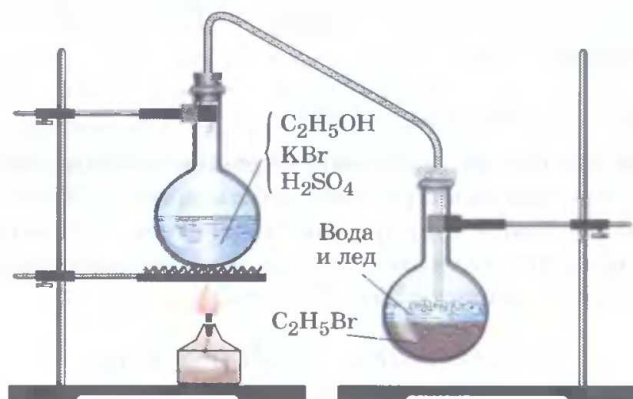
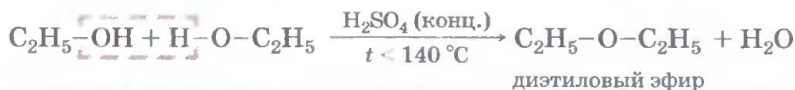


Рис. 22. Получение бромэтана из этилового спирта

Реакции дегидратации. Отщепление молекул воды происходит при нагревании спирта с концентрированной серной кислотой (водоотнимающее средство). В зависимости от условий реакции возможна внутримолекулярная и межмолекулярная дегидратация.

Межмолекулярная дегидратация — отщепление молекулы воды от двух молекул спирта. Реакция протекает при нагревании смеси до 140 °С. В результате межмолекулярной дегидратации спирта образуется *простой эфир*:



Молекулы простых эфиров состоят из двух углеводородных радикалов (одинаковых или разных), соединенных между собой атомом кислорода. Диэтиловый эфир — один

из важнейших простых эфиров — представляет собой легколетучую жидкость ($t_{\text{кип}} = 36^\circ\text{C}$) со специфическим запахом, очень огнеопасную, малорастворимую в воде.

Диэтиловый эфир — одно из первых наркотических веществ, введенных в хирургическую практику для обезболивания. Впервые применять это вещество для общего наркоза при хирургических операциях начал наш соотечественник Н. И. Пирогов. В настоящее время применяют другие наркотические вещества. Диэтиловый эфир используют в качестве растворителя, в производстве бездымного пороха.

Внутримолекулярная дегидратация — отщепление молекулы воды от одной молекулы спирта. Эта реакция протекает при нагревании смеси до температуры выше 140°C . Продукт реакции — алкен:

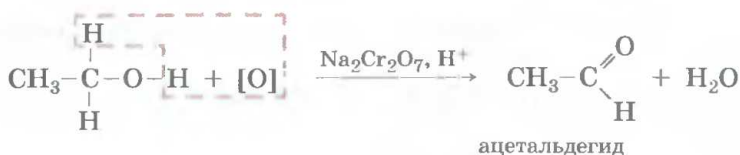


Реакции окисления

Горение (полное окисление). Спирты горят на воздухе бледно-голубым пламенем с выделением большого количества теплоты:

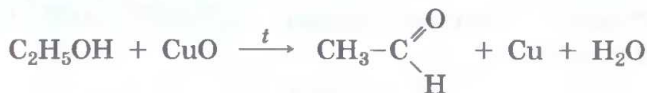


Неполное окисление. Спирты окисляются кислородом воздуха в присутствии катализаторов (например, меди) и такими окислителями, как дихромат натрия, перманганат калия и др. При этом происходит одновременный разрыв связи O—H и связи C—H у атома углерода, связанного с гидроксильной группой. Так, при взаимодействии этилового спирта с дихроматом натрия в кислотной среде оранжевая окраска ионов $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ исчезает, и появляется сине-зеленая окраска ионов Cr^{3+} :



Изменение окраски позволяет обнаружить спирт в очень низких концентрациях (следовые количества). На этом основано использование в некоторых странах трубки с дихроматом натрия для контроля состояния водителей автотранспорта. Если при выдыхании воздуха в трубку оранжевая окраска сменяется сине-зеленой, значит, выдыхаемый воздух содержит пары этанола и продуктов его окисления.

Качественная реакция на спирты. Раскаленная медная проволока, покрытая оксидом меди(II) (черного цвета), опущенная, например, в этанол, становится блестящей, и появляется специфический запах ацетальдегида:



Лабораторный опыт 2

ОКИСЛЕНИЕ СПИРТОВ ОКСИДОМ МЕДИ(II)

В пробирку налейте около 1 см³ этилового спирта. Один конец хорошо очищенной медной проволоки закрутите в спираль, другой конец вставьте в пробку. Держась за пробку, прокалите спираль в пламени спиртовки. Раскаленную спираль, покрытую оксидом меди(II) черного цвета, опустите в пробирку с этанолом. Что вы наблюдаете? Отметьте запах образовавшегося продукта и составьте уравнение реакции.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Этанол реагирует с каждым веществом набора:
- | | |
|--|---|
| а) HBr, Cu, CH ₃ COOH; | в) Ca, CH ₃ COOH, CuO; |
| б) Br ₂ , H ₂ O, NaOH; | г) C ₂ H ₆ , HNO ₃ , Ag. |

Напишите уравнения реакций этанола с веществами этого набора, укажите условия их протекания.

2. Составьте уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:



- Т 3.** На равновесие реакции $C_2H_5OH + HBr \rightleftharpoons C_2H_5Br + H_2O + Q$ не влияет:
- а) повышение температуры;
 - б) уменьшение концентрации HBr ;
 - в) увеличение давления;
 - г) увеличение концентрации H_2O .

4*. При окислении 13,8 г этанола оксидом меди(II) получили 9,24 г альдегида. Определите выход продукта реакции в процентах.

§ 17

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОДНОАТОМНЫХ СПИРТОВ

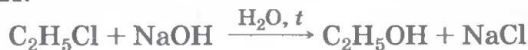
ОБЩИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ СПИРТОВ

Спирты в свободном состоянии в природе практически не встречаются, поэтому их получают в основном синтетическими методами.

Гидратация алкенов. Это один из наиболее важных *промышленных* способов получения спиртов. Например, этиловый спирт можно получить гидратацией этилена в присутствии фосфорной кислоты в качестве катализатора при температуре около $300\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 7–8 МПа:



Гидролиз галогеналканов. В лаборатории спирты могут быть получены при нагревании галогеналканов с водным раствором щелочи, при этом атом галогена замещается группой $-OH$:



СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАНОЛА И ЭТАНОЛА

Метанол. В течение многих лет метанол (метильный спирт) выделяли из продуктов пиролиза (сухой перегонки) древесины, отчего он получил название *древесного спирта*.

В настоящее время его получают синтетическим путем: взаимодействием водорода с оксидом углерода(II) (из синтез-газа). Реакция протекает при нагревании смеси до 220–300 °С в присутствии катализатора (смесь оксидов цинка и меди) и повышенном давлении 7–10 МПа:

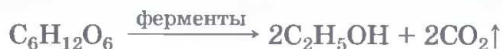


Благодаря доступности и дешевизне метанол находит широкое применение. Его используют для изготовления красителей, лекарственных веществ, для производства формальдегида — сырья для получения пластмасс, а также в качестве растворителя.

Перспективным считается использование метанола в качестве моторного топлива, поскольку добавка его к бензину повышает октановое число горючей смеси и снижает количество вредных веществ в выхлопных газах.

Метанол чрезвычайно ядовит: 5–10 см³ спирта вызывают слепоту и сильное отравление организма, а 30 см³ могут привести к смертельному исходу.

Этанол. С древних времен этиловый (*винный*) спирт получали путем *спиртового брожения*. Виноградный сок и другие фруктовые соки содержат глюкозу C₆H₁₂O₆, которая подвергается спиртовому брожению под воздействием ферментов, вырабатываемых дрожжами — одноклеточными организмами:



Этот процесс происходит при производстве вина.

Для производства этанола используют крахмал, содержащийся в картофеле и зерне, и клетчатку (целлюлозу). Но вначале их превращают в глюкозу, которую затем подвергают спиртовому брожению.

Этанол служит исходным материалом для получения медикаментов, духов и одеколонов, лаков, красителей. Из него получают пищевую уксусную кислоту, диэтиловый (медицинский) эфир и другие вещества. В медицине этанол применяют как растворитель лекарственных препаратов, дезинфицирующее средство и средство для компрессов, используют для при-

готовления экстрактов и настоек. В некоторых странах его применяют в качестве экологически чистого горючего в двигателях внутреннего сгорания.

Большие количества спирта идут на изготовление разнообразных спиртных напитков. Следует знать, что *этанол* — *ядовитое наркотическое вещество*. Употребление алкогольных напитков притупляет чувства, ослабляет функции мозга и мышечной системы, замедляет реакцию, нарушает координацию движений. Эти последствия особенно опасны, если человек, находящийся в состоянии опьянения, должен быстро принимать решения и точно их выполнять, как, например, при управлении автомобилем. При частом употреблении спиртных напитков появляется привыкание, пагубное пристрастие к ним и в конце концов тяжелое заболевание — алкоголизм. В печени этанол под действием ферментов окисляется до ацетальдегида — очень ядовитого вещества, которое вызывает тяжелое отравление, сопровождающееся головокружением и рвотой. Систематическое употребление алкогольных напитков приводит к перерождению печени (в результате возникает цирроз), сокращению продолжительности жизни человека, деградации личности, возрастанию вероятности появления неполноценных детей.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- 1*. Вычислите массу спирта, образовавшегося при взаимодействии 5,6 л (н. у.) этилена с водой.
- 2*. Вычислите массу глюкозы, которая необходима для получения 276 г этилового спирта, если выход продукта составляет 80%.

§ 18

МНОГОАТОМНЫЕ СПИРТЫ

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ

Многоатомные спирты — это производные углеводов, молекулы которых содержат несколько гидроксильных групп, связанных с разными атомами углерода.

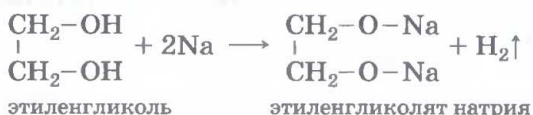
Важнейшими представителями многоатомных спиртов являются двухатомный спирт *этиленгликоль* и трехатомный спирт *глицерин*:



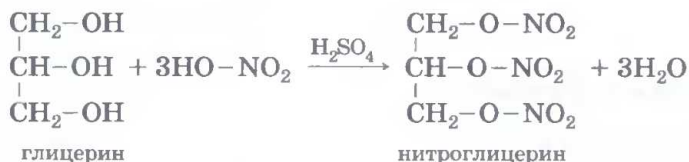
Это бесцветные вязкие жидкости сладковатого вкуса, смешиваются с водой в любых соотношениях. Глицерин очень гигроскопичен. *Этиленгликоль* — *чрезвычайно ядовитое вещество*.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В химическом отношении этиленгликоль и глицерин похожи на одноатомные спирты, однако в реакциях могут участвовать одна или все гидроксильные группы. Так, многоатомные спирты реагируют с активными металлами, образуя соли — *гликоляты* или *глицераты*:



Многоатомные спирты, как и одноатомные, взаимодействуют с неорганическими и органическими кислотами с образованием сложных эфиров. Большое промышленное значение имеет реакция глицерина с азотной кислотой, в результате которой образуется *тринитрат глицерина*, известный как *нитроглицерин*:



Нитроглицерин — взрывчатое вещество (взрывается даже от легкого сотрясения). При практическом применении им

пропитывают древесную муку, опилки и получают *динамит*, который более безопасен в работе, при хранении и транспортировке. Динамит изобрел шведский инженер-химик А. Нобель, который завещал часть своего состояния на выплату Нобелевских премий за выдающиеся достижения в науке, а также за деятельность по укреплению мира. В малых дозах нитроглицерин расширяет сосуды сердца, поэтому 1%-ный спиртовой раствор его применяют в медицине.

Этиленгликоль и глицерин проявляют и *специфические* химические свойства. Увеличение числа гидроксильных групп в молекуле усиливает кислотные свойства спиртов, что проявляется в способности этиленгликоля и глицерина образовывать соли не только при взаимодействии с активными металлами, но и с *гидроксидами тяжелых металлов*. Если к свежеприготовленному гидроксиду меди(II) в присутствии щелочи добавить глицерин или этиленгликоль, то голубой осадок $\text{Cu}(\text{OH})_2$ растворяется и образуется прозрачный раствор глицерата или гликолята меди(II) ярко-синего цвета. Это *качественная реакция на многоатомные спирты*.

Несмотря на усиление кислотных свойств, этиленгликоль и глицерин не изменяют окраску индикаторов.

ПРИМЕНЕНИЕ

Этиленгликоль используют главным образом для производства синтетического волокна *лавсана* и для приготовления *антифризов* — незамерзающих жидкостей, используемых в радиаторах автомобильных и авиационных моторов в зимних условиях.

На гигроскопичности глицерина основано его использование в парфюмерии и медицине (для изготовления мазей, кремов, смягчающих кожу), в кожевенном производстве (для предохранения кож от высыхания), в текстильной промышленности (для придания тканям мягкости и эластичности), в полиграфии (для предохранения красок от высыхания). Глицерин применяют для получения нитроглицерина и пластмасс, в пищевой промышленности (для изготовления кондитерских изделий, ликеров, прохладительных напитков), а также в других отраслях производства.



СВОЙСТВА ГЛИЦЕРИНА

1. Налейте в пробирку 1 см³ глицерина, добавьте столько же воды и встряхните. Затем добавьте в 2–3 раза больше воды. Перемешайте содержимое пробирки. Сделайте вывод о растворимости глицерина в воде.

2. В пробирку налейте 1–2 см³ раствора гидроксида натрия и добавьте несколько капель раствора сульфата меди(II). Напишите молекулярное и краткое ионно-молекулярное уравнения этой реакции.

К образовавшемуся осадку добавьте немного глицерина и перемешайте смесь стеклянной палочкой. Отметьте, какие изменения произошли. Сделайте соответствующий вывод.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Напишите уравнение реакции получения глицерата калия.
2. В двух пробирках находятся этиловый спирт и этиленгликоль. Укажите, как можно различить эти вещества.

§ 19

ФЕНОЛЫ

Фенолы — производные ароматических углеводородов, в молекулах которых гидроксильные группы непосредственно связаны с бензольным кольцом.

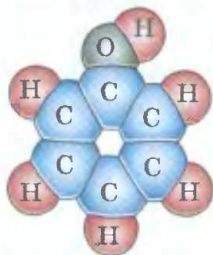


Рис. 23. Модель молекулы фенола

Простейший представитель этого класса органических соединений — фенол C_6H_5OH (рис. 23).

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Фенол — бесцветное кристаллическое легкоплавкое ($t_{пл} = 43\text{ }^\circ\text{C}$, $t_{кип} = 182\text{ }^\circ\text{C}$) вещество с характерным запахом. На воздухе он окисляется и становится розо-

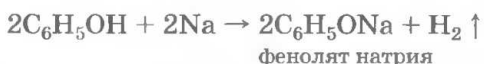
вым. При обычной температуре малорастворим в воде, является антисептиком.

Фенол — токсичное вещество, вызывает ожоги кожи.

Химические свойства фенола обусловлены наличием в его молекуле гидроксильной группы и бензольного кольца, которые взаимно влияют друг на друга.

Реакции с участием гидроксильной группы

Фенол проявляет *кислотные свойства*. Он, как и спирты, взаимодействует с активными металлами, образуя соли — *феноляты*:



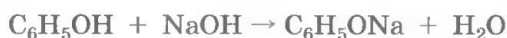
Но в отличие от спиртов фенол:

♦ *диссоциирует* в водном растворе по кислотному типу:

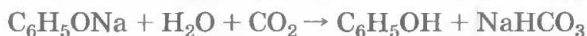


Этим свойством объясняется исторически сложившееся название фенола — *карболовая кислота*;

♦ *взаимодействует с растворами щелочей* (реакция нейтрализации):



Однако кислотные свойства фенола выражены очень слабо, поэтому даже такая слабая кислота, как угольная, вытесняет фенол из растворов его солей:



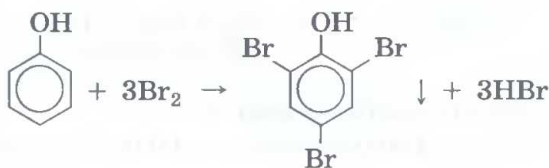
Различие кислотных свойств спиртов и фенола обусловлено влиянием радикала на гидроксильную группу. Радикал бензола фенил $-\text{C}_6\text{H}_5$ увеличивает подвижность атома водорода гидроксильной группы, а радикалы алканов (метил $-\text{CH}_3$, этил $-\text{C}_2\text{H}_5$) уменьшают ее, поэтому кислотные свойства фенола выражены сильнее, чем у спиртов.

Реакции с участием бензольного кольца

Фенол легче, чем бензол, вступает в *реакции замещения*, при этом гидроксильная группа направляет заместители в положения 2, 4, 6.

Это один из многих примеров, подтверждающих тезис теории химического строения органических соединений о взаимном влиянии атомов в молекулах.

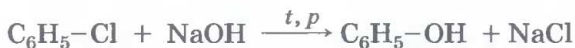
В отличие от бензола фенол реагирует с бромной водой *при комнатной температуре в отсутствие катализатора* с образованием белого осадка *2,4,6-трибромфенола*:



Эта реакция является *качественной* и используется для обнаружения фенола.

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

Фенол выделяют из каменноугольной смолы. Но потребность в нем настолько велика, что этот источник стал недостаточным. Поэтому разработаны синтетические методы получения фенола. Например, *щелочной гидролиз хлорбензола*, который осуществляется нагреванием его с раствором гидроксида натрия под давлением:



Фенол и его производные — ядовитые вещества, опасные для человека, животных и растительных организмов. Даже очень малое количество фенола, попавшее в водоем, приводит к изменению вкуса употребляемой в пищу рыбы. На производствах, связанных с получением и переработкой фенола, применяют оборудование, препятствующее проникновению вредных веществ в окружающую среду.

Фенол — один из важных продуктов нефтехимии. Его используют для получения синтетических волокон и красителей, моющих средств и средств защиты растений, лекарственных препаратов, взрывчатых веществ и феноло-формальдегидных

смол. Раствор с массовой долей фенола 3–5% применяют как антисептик в медицине для дезинфекции помещений, хирургических инструментов и т. д.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:
карбид кальция → ацетилен → бензол → хлорбензол → фенол.
Укажите условия протекания реакций.
2. В трех пробирках находятся водные растворы этанола, фенола и этиленгликоля. Укажите, с помощью каких реактивов их можно распознать. Напишите уравнения соответствующих реакций.
- 3*. Рассчитайте массу фенолята натрия, который можно получить взаимодействием 4,7 г фенола с раствором гидроксида натрия.

§ 20

АМИНЫ

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ

Амины — это производные аммиака, в молекуле которого один, два или три атома водорода замещены углеводородными радикалами (рис. 24).

В зависимости от числа замещенных атомов водорода в молекуле аммиака различают *первичные, вторичные и третичные амины*:

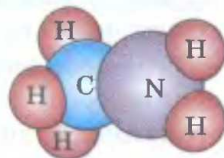


Рис. 24. Модель молекулы метиламина



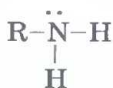
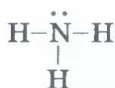
Мы рассмотрим лишь первичные амины предельного ряда. Функциональной группой первичных аминов предельного ряда является *аминогруппа* -NH_2 . Их общая формула



Названия первичных аминов образуют от названий углеводородных радикалов с добавлением суффикса *-амин*:



Строение молекул аминов аналогично строению молекулы аммиака:



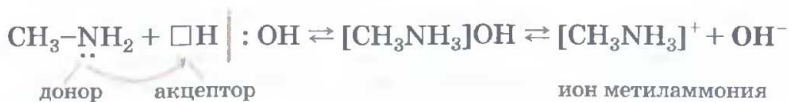
В их молекулах атом азота имеет неподеленную электронную пару, которая определяет *основные свойства как аммиака, так и аминов*. Следовательно, *амины являются органическими основаниями* — органическими аналогами аммиака.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

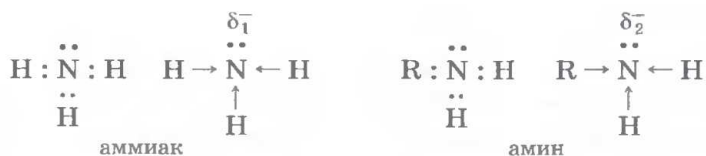
Низшие амины — газообразные вещества с запахом аммиака, хорошо растворимы в воде. Далее идут жидкости со слабым запахом тухлой рыбы и постепенно повышающейся температурой кипения. Высшие амины — твердые, нерастворимые в воде вещества, не имеющие запаха.

Химические свойства аминов обусловлены наличием в их молекулах аминогруппы и потому сходны с химическими свойствами аммиака. Неподеленная электронная пара атома азота ($-\ddot{\text{N}}\text{H}_2$) способна взаимодействовать с вакантной орбиталью иона водорода ($\square\text{H}^+$) по донорно-акцепторному механизму, поэтому амины, подобно аммиаку, проявляют основные свойства.

Взаимодействие с водой. Подобно аммиаку, амины при растворении в воде присоединяют ион водорода из молекулы воды. В результате в растворе накапливаются гидроксид-ионы, и он становится щелочным (лакмус приобретает синий цвет, фенолфталеин — малиновый):



Однако в водных растворах амины являются более сильными основаниями, чем аммиак. Это объясняется различием состава их молекул. Если в молекуле аммиака к атому азота смещаются электроны только от атомов водорода, то в молекуле амина — еще и от углеводородного радикала:



В результате частичный отрицательный заряд на атоме азота в молекуле амина больше, чем в молекуле аммиака, поэтому он сильнее притягивает ион водорода из воды. А это ведет к проявлению раствором более сильных основных свойств.

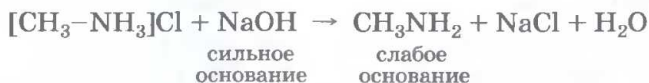
Взаимодействие с кислотами (реакция нейтрализации). Как основания амины реагируют с кислотами, образуя соли:



Соли аминов (как и соли аммония) — кристаллические вещества *немолекулярного* строения, хорошо растворимы в воде. В водных растворах они диссоциируют по типу сильного электролита:



Щелочи как более сильные основания вытесняют амины (как и аммиак) из их солей:

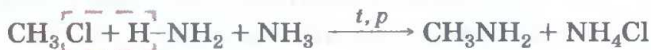


Горение. Амины, *в отличие от аммиака*, горят на воздухе (аммиак горит только в кислороде). При этом образуются оксид углерода(IV), *азот* и вода:



ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

Известно много способов получения аминов, один из них — замещение атома галогена в галогеналканах на аминогруппу. Выделяющийся при этом галогеноводород связывается избытком аммиака:



Низшие амины используют для получения лекарственных веществ и полимерных материалов. Высшие амины применяют в качестве ингибиторов коррозии некоторых металлов.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Т 1. Соляная кислота реагирует с каждым из веществ набора:

- а) С, NH_3 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$; в) NH_3 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$, CH_3COONa ;
б) CH_3NH_2 , NO , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$; г) C_2H_6 , CH_3OH , CH_3NH_2 .

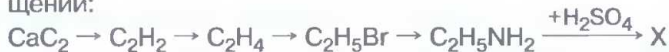
Напишите уравнения реакций для веществ этого набора.

Т 2*. При сгорании 19,6 л метиламина образуется азот объемом (л., н. у.):

- а) 10,2; б) 9,8; в) 10; г) 9,6.

3. Напишите уравнения реакций получения метиламина, имея в качестве исходного вещества метан.

4. Напишите уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:



Укажите условия протекания реакций и назовите все вещества.

5*. Выведите формулу органического вещества, если при сгорании 14,6 г этого соединения образуется 17,92 л оксида углерода(IV), 2,24 л азота и 19,8 г воды. Плотность паров вещества по гелию равна 18,25. Объемы газов измерены при нормальных условиях.

Альдегиды. Карбоновые кислоты и их производные

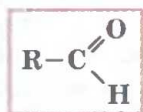
§ 21

НОМЕНКЛАТУРА И СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ АЛЬДЕГИДОВ

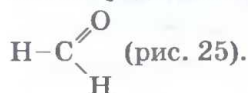
СОСТАВ И НОМЕНКЛАТУРА АЛЬДЕГИДОВ

Альдегиды — органические соединения, молекулы которых содержат функциональную альдегидную группу $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$, соединенную с углеводородным радикалом.

Общая формула альдегидов

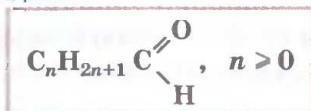


Исключение составляет простейший альдегид — формальдегид, в молекуле которого вместо радикала содержится атом водорода:



Группа атомов $>\text{C}=\text{O}$ называется **карбонильной группой**.

Мы рассматриваем предельные альдегиды. Общая формула предельных альдегидов



Названия альдегидов по **систематической номенклатуре** образуют от названий соответствующих алканов с добавлением суффикса **-аль**. Широко используют также **тривиальные** названия альдегидов, происходящие от названий кислот, в которые они переходят при окислении:

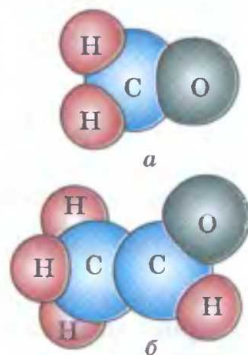
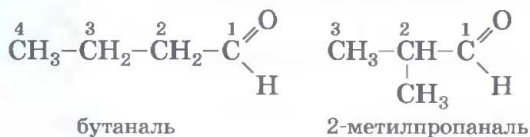


Рис. 25. Модели молекул:
а — метаналь;
б — этаналь



Альдегидная группа всегда расположена в начале углеродной цепи, поэтому для альдегидов характерна лишь *изомерия углеродного скелета* (начиная $\text{C}_3\text{H}_7\text{CHO}$). При наличии разветвленного скелета главную цепь выбирают таким образом, чтобы альдегидная группа оказалась в ней; нумерацию начинают с атома углерода функциональной группы:



СТРОЕНИЕ КАРБОНИЛЬНОЙ ГРУППЫ

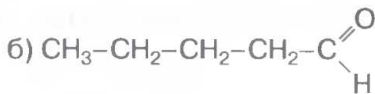
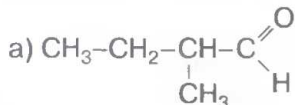
Атом углерода в карбонильной группе связан с атомом кислорода двойной связью $\text{C}=\text{O}$ (одна σ -связь и одна π -связь). По своей природе она сходна с двойной связью $\text{C}=\text{C}$. Ее отличие от двойной связи в этиленовых углеводородах состоит в том, что электронная плотность π -связи в карбонильной группе смещена в сторону более электроотрицательного атома кислорода. В результате на атоме кислорода появляется частичный отрицательный заряд, а на атоме углерода — частичный положительный:

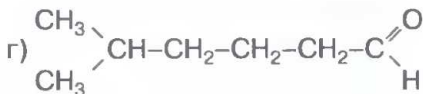
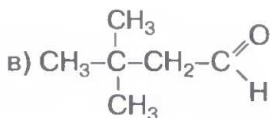


Полярность связи $\text{C}=\text{O}$ определяет многие физические и химические свойства карбонильных соединений.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Назовите соединения, формулы которых представлены ниже, и укажите формулы гомологов и изомеров:





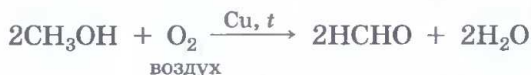
2*. Формальдегид объемом 33,6 л (н. у.) растворили в 200 см³ воды. Вычислите массовую долю (в %) формальдегида в растворе.

§ 22

ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬДЕГИДОВ

ПОЛУЧЕНИЕ

Альдегиды получают *окислением спиртов*. Например, формальдегид в промышленности получают, пропуская через реактор с раскаленной сеткой из меди или серебра смесь паров метилового спирта с воздухом:



ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Простейший альдегид — муравьиный — при обычных условиях газ, остальные — жидкости или твердые вещества. Формальдегид и ацетальдегид хорошо растворимы в воде.

С повышением молекулярной массы растворимость альдегидов в воде уменьшается. Все альдегиды имеют характерные запахи. Альдегиды, содержащие 8–12 атомов углерода, обладают приятным запахом. На этом свойстве основано их применение в пищевой промышленности и парфюмерии.

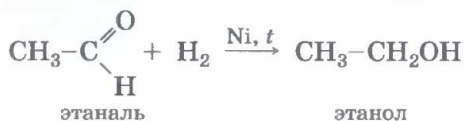
Альдегиды, как правило, раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, вредно влияют на нервную систему.

Альдегиды — химически активные соединения, что обусловлено наличием в их молекулах карбонильной группы.

Для альдегидов характерны реакции *присоединения, окисления и полимеризации*.

Реакции присоединения

Из многочисленных реакций присоединения мы рассмотрим реакцию гидрирования. При взаимодействии альдегидов с водородом в присутствии катализатора образуются спирты:



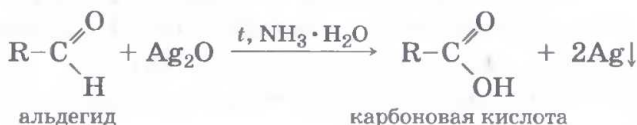
Реакции окисления

Горение (полное окисление). На воздухе альдегиды сгорают с образованием оксида углерода(IV) и воды:



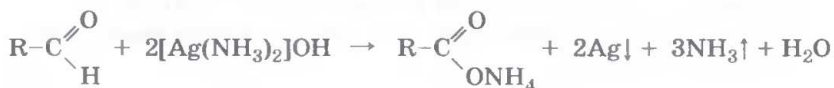
Неполное окисление. Альдегиды проявляют восстановительные свойства. Они окисляются легче, чем спирты. На них действуют не только сильные окислители (кислород воздуха, подкисленные растворы перманганата калия KMnO_4 или дихромата калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), но и слабые (аммиачный раствор оксида серебра или гидроксид меди(II)). При этом образуются соответствующие карбоновые кислоты.

Если к аммиачному раствору оксида серебра прилить раствор муравьиного или уксусного альдегида и смесь осторожно нагреть, то на стенках пробирки осаждается металлическое серебро, образуя зеркальную поверхность. Поэтому данная реакция получила название реакции «серебряного зеркала», она является качественной реакцией на альдегиды. Уравнение этой реакции часто записывают в упрощенном виде*:

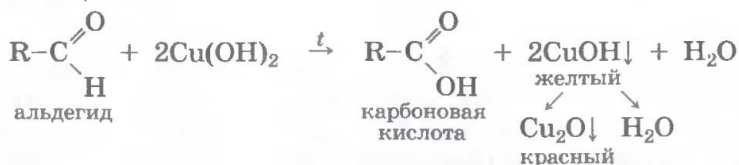


Альдегиды окисляются и гидроксидом меди(II). При нагревании свежеприготовленного гидроксида меди(II) с раствором альдегида вначале образуется желтый осадок гидроксида ме-

* Более точно этот процесс отражает уравнение:



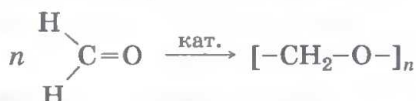
ди(I), который разлагается с образованием оксида меди(I) красного цвета:



Данная реакция, как и реакция «серебряного зеркала», является *качественной реакцией на альдегиды*.

Реакции полимеризации

Эти реакции характерны для низших альдегидов. Важное значение имеет реакция полимеризации формальдегида. В промышленных условиях ее проводят в присутствии катализатора и получают полимер со степенью полимеризации около 1000 — *полиформальдегид*:



Его используют для изготовления волокон, пленок и других изделий.

Полимеризация формальдегида (как, например, и этилена) происходит за счет разрыва π-связи.

ПРИМЕНЕНИЕ

Из карбонильных соединений наибольшее применение находят формальдегид и ацетальдегид.

Формальдегид в виде водного раствора — *формалина* используют для хранения (консервирования) анатомических препаратов, в сельском хозяйстве для дезинфекции зерно- и овощехранилищ, парников и теплиц, для протравливания семян, в кожевенном производстве — для обработки кож.

Однако основное количество формальдегида идет на производство синтетических материалов, таких, как полиформальдегид, феноло-формальдегидные смолы, из которых изготавливают электротехнические изделия, различные детали, предметы быта.

Ацетальдегид находит широкое применение в промышленном органическом синтезе. Он служит сырьем для получения уксусной кислоты и ее производных, синтетических смол и ряда других соединений.

Карбоксильная группа представляет собой сочетание гидроксильной и карбонильной групп:



В зависимости от природы углеводородного радикала различают кислоты:

- ♦ *предельные* (производные алканов)



- ♦ *непредельные* (производные алкенов и других ненасыщенных углеводородов)



В зависимости от числа атомов углерода в радикале различают кислоты:

- ♦ *низшие* (до 10 атомов углерода);
- ♦ *высшие* (свыше 10 атомов углерода).

СОСТАВ, НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОДНООСНОВНЫХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Предельные одноосновные карбоновые кислоты — это производные алканов, в молекулах которых один атом водорода замещен на карбоксильную группу.

Общая формула веществ этого ряда



Исключение составляет муравьиная кислота, в молекуле которой карбоксильная группа связана не с углеводородным радикалом, а с атомом водорода: H—COOH .

По систематической номенклатуре название кислоты образуют от названия соответствующего алкана с добавлением окончания *-овая* и слова «*кислота*».

Однако чаще всего пользуются исторически сложившимися (*тривиальными*) названиями, связанными с источниками нахождения кислот в природе (табл. 6).

**Наиболее распространенные
предельные одноосновные карбоновые кислоты**

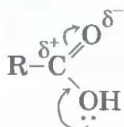
Формула кислоты	Название		Температура кипения, °С
	систематическое	тривиальное	
H-COOH	Метановая	Муравьиная	100,7
CH ₃ -COOH	Этановая	Уксусная	118,1
C ₂ H ₅ -COOH	Пропановая	Пропионовая	141,1
C ₃ H ₇ -COOH	Бутановая	Масляная	163,9
C ₄ H ₉ -COOH	Пentanовая	Валериановая	187,0
C ₅ H ₁₁ -COOH	Гексановая	Капроновая	205,3
...
C ₁₅ H ₃₁ -COOH	Гексадекановая	Пальмитиновая	271,5
C ₁₆ H ₃₃ -COOH	Гептадекановая	Маргариновая	277,0
C ₁₇ H ₃₅ -COOH	Октадекановая	Стеариновая	287,0

Для одноосновных карбоновых кислот, как и для альдегидов, характерна структурная изомерия — изомерия *углеродного скелета* (начиная с C₃H₇-COOH):



СТРОЕНИЕ КАРБОКСИЛЬНОЙ ГРУППЫ

Карбонильная (>C=O) и гидроксильная (-OH) группы, входящие в состав карбоксильной группы, оказывают взаимное влияние друг на друга:



Влияние карбонильной группы. Атом углерода карбонильной группы несет частичный положительный заряд и притягивает к себе электроны атома кислорода гидроксильной группы. Вследствие смещения электронной плотности полярность связи O-H увеличивается настолько, что атом

водорода способен отщепляться в виде иона H^+ . Поэтому карбоновые кислоты — более сильные кислоты, чем спирты:



Влияние гидроксильной группы. Смещение электронов от гидроксильной группы к карбонильной понижает частичный положительный заряд на атоме углерода, поэтому карбонильная группа в кислотах, в отличие от альдегидов, теряет способность к реакциям присоединения. Следовательно, для кислот не характерны реакции присоединения по двойной связи $>C=O$.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Низшие члены гомологического ряда предельных одноосновных карбоновых кислот — жидкости с резким запахом, смешиваются с водой в любых соотношениях. С повышением относительной молекулярной массы растворимость кислот в воде уменьшается, а температура кипения повышается (см. табл. 6). Высшие кислоты — твердые вещества без запаха, нерастворимые в воде.

Предельные одноосновные карбоновые кислоты — химически активные соединения, что обусловлено наличием карбоксильной группы. Для них характерны реакции, протекающие с разрывом связей $O-H$ и $C-O$ (замещение группы $-OH$), а также реакции замещения атома водорода у α -атома углерода.

Реакции с разрывом связи $O-H$

По свойствам карбоновые кислоты сходны со слабыми минеральными кислотами.

Диссоциация кислот. В водном растворе карбоновые кислоты *обратно* диссоциируют с образованием катиона водорода и аниона кислотного остатка:

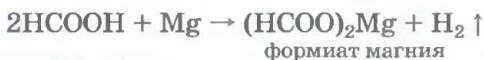


Карбоновые кислоты — слабые электролиты (муравьиная кислота средней силы). Равновесие процесса диссоциации

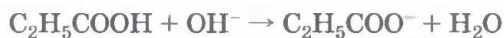
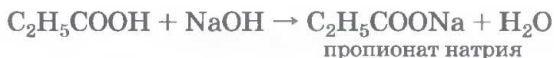
сильно смещено влево. Но тем не менее их растворы изменяют окраску индикаторов, имеют кислый вкус, проводят электрический ток, они образуют соли.

Образование солей. Карбоновые кислоты, подобно неорганическим кислотам, вступают в реакции:

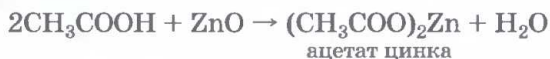
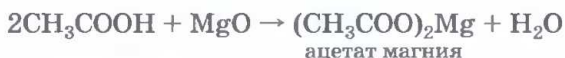
♦ с металлами, стоящими в электрохимическом ряду напряжений до водорода



♦ с основаниями (реакция нейтрализации)



♦ с основными и амфотерными оксидами



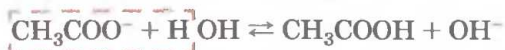
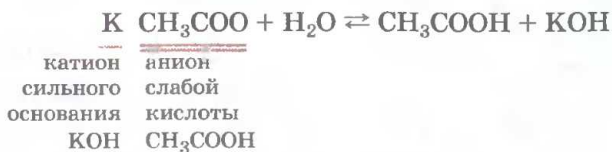
♦ с солями, образованными более слабыми и летучими кислотами, как неорганическими



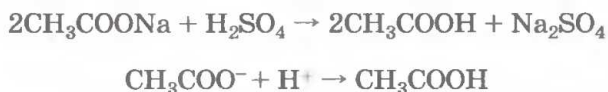
так и органическими



Поскольку карбоновые кислоты слабые, их соли в водном растворе легко гидролизуются:



Сильные неорганические кислоты вытесняют карбоновые кислоты из их солей:

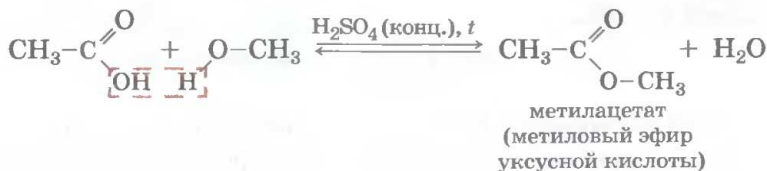


Взаимодействие ацетатов с сильной кислотой является *качественной реакцией* на ацетат-ион CH_3COO^- . Признак ее — появление запаха уксусной кислоты.

Реакции с разрывом связи C—O

При замещении группы —OH в молекулах карбоновых кислот на другие заместители образуются *функциональные производные кислот*, например сложные эфиры.

Сложные эфиры — продукты замещения гидроксильной группы на остаток —OR. Они образуются при нагревании органической кислоты со спиртом в присутствии концентрированной серной кислоты (известная вам реакция этерификации):



Реакции с участием углеводородного радикала

Карбоновые кислоты обладают и некоторыми свойствами, обусловленными наличием в их молекулах углеводородных радикалов.

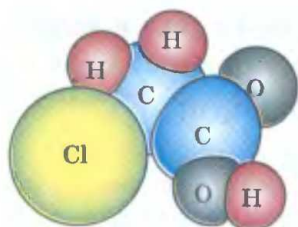


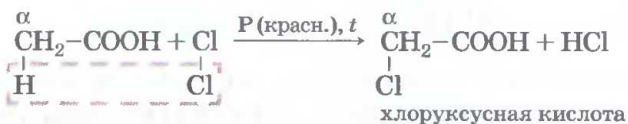
Рис. 26. Модель молекулы хлоруксусной кислоты

Горение. В кислороде карбоновые кислоты сгорают с образованием оксида углерода(IV) и воды:



Взаимодействие с галогенами. Атомы водорода при соседнем с карбоксильной группой атоме углерода (α -атом) способны замещаться на атомы галогена с образованием α -галогенкарбоновых кислот. Например,

при пропускании хлора через кипящую уксусную кислоту в присутствии красного фосфора образуется кристаллическое вещество — хлоруксусная кислота (рис. 26):



ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ МУРАВЬИНОЙ КИСЛОТЫ

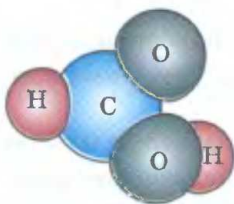
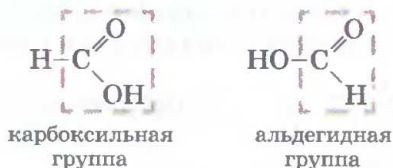


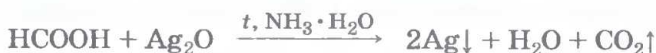
Рис. 27. Модель молекулы муравьиной кислоты

В молекуле муравьиной кислоты карбоксильная группа связана не с углеводородным радикалом, а с атомом водорода (рис. 27), таким образом, в ее молекуле наряду с карбоксильной группой имеется и альдегидная группа:



Поэтому муравьиная кислота обладает не только общими свойствами предельных одноосновных карбоновых кислот, но и специфическими.

Например, подобно альдегидам, она проявляет сильные восстановительные свойства и легко окисляется до оксида углерода(IV). Она дает реакцию «серебряного зеркала»:





Лабораторный опыт 5

СРАВНЕНИЕ СВОЙСТВ УКСУСНОЙ И СОЛЯНОЙ КИСЛОТ

В четыре пробирки налейте по 1–2 см³ раствора уксусной кислоты. В первую пробирку внесите 1–2 капли лакмуса (отметьте цвет индикатора), затем нейтрализуйте кислоту раствором щелочи. Во вторую добавьте немного порошка магния, в третью — оксида магния, а в четвертую — карбоната натрия.

Аналогичные опыты проведите с соляной кислотой.

Сравните результаты опытов и сделайте вывод. Составьте молекулярные, полные и сокращенные ионно-молекулярные уравнения проведенных реакций. Объясните причину различного написания соляной и уксусной кислот в ионно-молекулярных уравнениях. Работу оформите в виде табл. 7.

Таблица 7

Сравнение химических свойств соляной и уксусной кислот

Свойства кислот	Соляная кислота (неорганическая)	Уксусная кислота (органическая)
1. Действие на индикаторы (молекулы кислот в водном растворе диссоциируют)		
2. Взаимодействие со щелочами		
3. Взаимодействие с металлами		
4. Взаимодействие с основными оксидами		
5. Взаимодействие с солями более слабых и летучих кислот		

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Уксусная кислота в растворе реагирует с каждым веществом набора:

а) NH_3 , FeO , NaHS ;

в) SiO_2 , KHSO_4 , $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$;

б) Na_2SO_4 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, Al ;

г) ZnO , CO , Fe .

Составьте молекулярные и сокращенные ионно-молекулярные уравнения реакций уксусной кислоты с веществами этого набора.

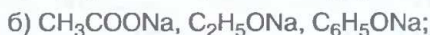
2. Составьте уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:



Укажите условия протекания реакций.

- 3*. Рассчитайте объем 20%-ного раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,22 \text{ г/см}^3$), который необходим для нейтрализации 30 г уксусной кислоты.

Т 4. Способность солей подвергаться гидролизу возрастает в ряду:



Составьте молекулярные и сокращенные ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей этого ряда.

5. Как с помощью характерных реакций распознать следующие вещества: муравьиную кислоту, ацетат натрия и уксусную кислоту? Напишите уравнения реакций, соблюдая последовательность распознавания.

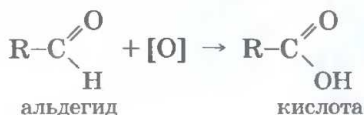
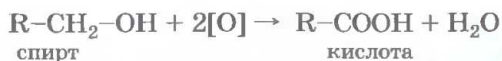
§ 24

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

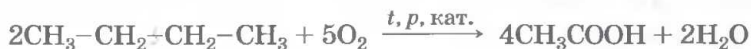
Карбоновые кислоты широко распространены в природе. Муравьиная кислота содержится в хвое ели, ее выделяют муравьи. Ожог при соприкосновении с крапивой или медузой — это результат раздражающего действия муравьиной кислоты. Валериановая кислота содержится в корнях валерианы, а пропионовая — в древесной смоле. Несмотря на это, выделение карбоновых кислот из природных источников практического значения не имеет. Основным источником получения карбоновых кислот — органический синтез.

ОБЩИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОТ

Окисление спиртов и альдегидов. В качестве окислителей используют перманганат и дихромат калия, кислород и др.:

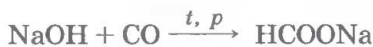


Окисление алканов. В промышленности алканы окисляют кислородом воздуха при повышенных давлении и температуре в присутствии катализаторов. Так, уксусную кислоту получают окислением бутана:



ОТДЕЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Муравьиная кислота. Особый способ получения муравьиной кислоты в промышленности — взаимодействие оксида углерода(II) под давлением с нагретым гидроксидом натрия с последующей обработкой полученного формиата натрия сильной кислотой:



Муравьиная кислота — это бесцветная прозрачная жидкость с резким запахом, хорошо растворимая в воде. *При попадании на кожу вызывает ожоги. Вдыхание ее паров сильно раздражает дыхательные пути.*

Муравьиную кислоту применяют при крашении тканей, в производстве кожи. Она обладает бактерицидными свойствами. Спиртовой раствор с массовой долей муравьиной кислоты 1,25% используют в медицине под названием «муравьиный спирт».

Уксусная кислота. Для пищевых целей уксусную кислоту получают ферментативным брожением (окислением) жидкостей, содержащих спирт (вино, пиво):



Уксусная кислота (рис. 28) представляет собой бесцветную прозрачную жидкость с характерным резким запахом. Безвод-

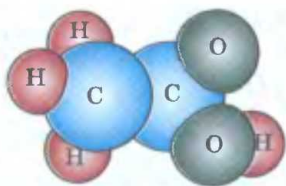


Рис. 28. Модель молекулы уксусной кислоты

ная уксусная кислота при температуре $+16,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ затвердевает в кристаллическую массу, напоминающую лед, поэтому ее называют ледяной уксусной кислотой. С водой она смешивается в любых соотношениях. Водные растворы кислоты поступают в продажу под названиями «столовый уксус» (3–9%-ный раствор) и «уксусная эссенция» (70–80%-ный раствор). *Ледяная и концентрированная уксусная кислота при попадании на кожу вызывает ожоги.*

Из карбоновых кислот уксусная кислота находит наиболее широко применение (рис. 29). Кислоту и ее производные используют для получения искусственного волокна, пластмасс, негорючей киноплёнки, красителей и т. д. Солями уксусной кислоты протравливают ткани при крашении, они способствуют закреплению красителей на волокне. Уксусную кислоту применяют также для консервирования продуктов и в качестве приправы. Ряд сложных эфиров уксусной кислоты используют в кондитерском производстве.

Высшие карбоновые кислоты. Эти кислоты содержат в радикале свыше десяти атомов углерода. Из них наиболь-

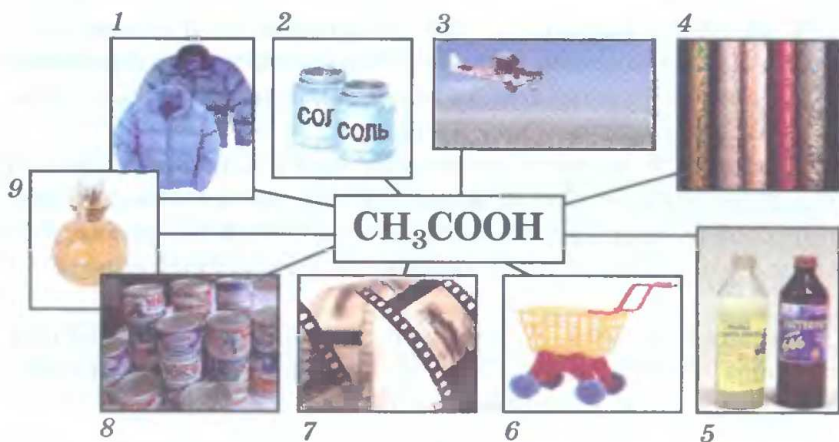


Рис. 29. Применение уксусной кислоты для получения: 1 — искусственного волокна; 2 — солей; 3 — гербицидов; 4 — красителей для тканей; 5 — растворителей; 6 — пластмасс; 7 — киноплёнки; 8 — консервов и приправ к пище; 9 — парфюмерной продукции

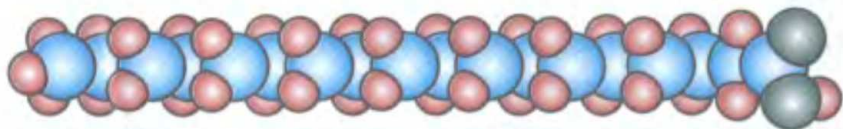


Рис. 30. Модель молекулы стеариновой кислоты

шее значение имеют *пальмитиновая* (гексадекановая) $C_{15}H_{31}COOH$ и *стеариновая* (октадекановая) $C_{17}H_{35}COOH$ кислоты. Углеводородные радикалы в их молекулах содержат неразветвленную цепь из пятнадцати и семнадцати атомов углерода, соединенных σ -связями (рис. 30). Остатки этих кислот входят в состав твердых жиров. Получают эти кислоты каталитическим окислением парафина или гидролизом жиров. В настоящее время пальмитиновую и стеариновую кислоты используют главным образом для производства мыла, изготовления стеарина, который идет на производство стеариновых свечей.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:



Укажите условия протекания реакций и назовите вещества X_1 и X_2 .

- 2*. Рассчитайте объем уксусной эссенции ($\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$), которая потребуется для приготовления 500 см^3 столового уксуса ($\rho = 1,007 \text{ г/см}^3$). Массовая доля уксусной кислоты в эссенции равна 80%, в столовом уксусе — 6%.
- 3*. При взаимодействии 11,2 л (н. у.) оксида углерода(II) с гидроксидом натрия образовалась соль, из которой получена кислота. Укажите, какая это кислота, и рассчитайте ее массу.
- 4*. Определите массу уксусной кислоты, которую получили окислением 230 г этанола, если выход продукта реакции составляет 90%.

СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

СОСТАВ И НОМЕНКЛАТУРА

Сложные эфиры карбоновых кислот — это соединения, образующиеся при взаимодействии органических кислот со спиртами.

Сложные эфиры, образованные одноосновными карбоновыми кислотами и одноатомными спиртами, имеют общую формулу

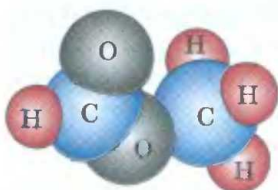
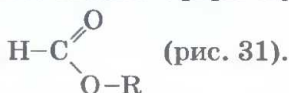
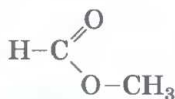


Рис. 31. Модель молекулы метилформиата

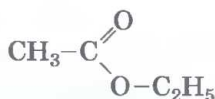
Здесь R и R₁ — углеводородные радикалы, одинаковые или разные. Исключение составляют эфиры муравьиной кислоты



Названия сложных эфиров производят от названий кислот и спиртов, которые принимают участие в образовании их молекул:



метилформиат,
или метиловый эфир
муравьиной кислоты
(муравьинометиловый эфир)



этилацетат,
или этиловый эфир
уксусной кислоты
(уксусноэтиловый эфир)

НАХОЖДЕНИЕ В ПРИРОДЕ И ПОЛУЧЕНИЕ

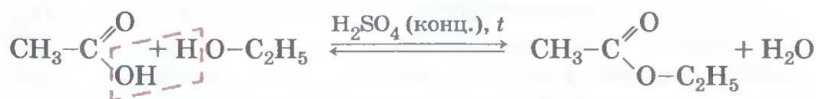
Сложные эфиры широко распространены в природе. Аромат цветов, ягод, фруктов обусловлен присутствием в них тех или иных сложных эфиров (табл. 8).

Таблица 8

Запахи сложных эфиров

Эфир	Запах
Этиловый эфир масляной кислоты	Ананас
Изоамиловый эфир уксусной кислоты	Груша
Изобутиловый эфир уксусной кислоты	Банан
Метиловый эфир масляной кислоты	Яблоко

Несмотря на это, сложные эфиры для изготовления фруктовых эссенций получают синтетическим путем: выделение их из фруктов и цветов сложно в технологическом отношении. В лаборатории их получают известной вам реакцией этерификации. Например, при легком нагревании смеси уксусной кислоты и этанола в присутствии небольшого количества концентрированной серной кислоты появляется приятный запах этилацетата — сложного эфира этанола и уксусной кислоты:



Реакция этерификации обратима. Чтобы сместить равновесие этой реакции в сторону образования сложного эфира, согласно принципу Ле Шателье нужно удалять из реакционной смеси один из продуктов реакции (отгонять эфир или связывать воду водоотнимающими средствами). Серная кислота в этой реакции является катализатором.

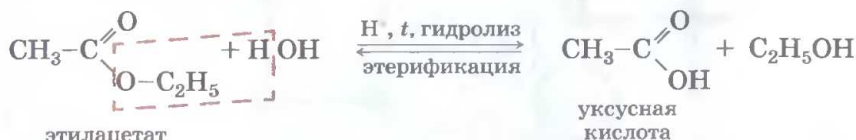
ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Сложные эфиры простейших кислот и спиртов — бесцветные летучие жидкости, малорастворимые в воде, обладают приятным запахом, кипят при более низких температурах, чем соответствующие им кислоты.

Сложные эфиры высших кислот и одноатомных спиртов — воскообразные вещества, например пчелиный воск.

Характерное свойство сложных эфиров — *гидролиз (взаимодействие с водой)*. Эта реакция обратна реакции этерификации. Процесс может проходить как в кислотной, так и щелочной среде.

Кислотный гидролиз протекает *обратно*, так как получающиеся при этом кислота и спирт вновь реагируют с образованием сложного эфира:



Щелочной гидролиз (*омыление*) протекает *необратимо*, поскольку образующаяся кислота нейтрализуется щелочью и превращается в соль, которая не реагирует со спиртом:



Эфиры легко сгорают (*полное окисление*), образуя оксид углерода(IV) и воду:



ПРИМЕНЕНИЕ

Благодаря аромату некоторые сложные эфиры используют для приготовления освежающих напитков и фруктовых вод, кондитерских изделий, духов и одеколонов. Этиловый эфир уксусной кислоты и некоторые другие сложные эфиры применяют в качестве растворителей. Ряд эфиров используют в медицине (например, лекарственный препарат салол), в производстве пластмасс.



Лабораторный опыт 6

ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЖНОГО ЭФИРА

В пробирку налейте 4–5 см³ выданной вам смеси этилового спирта, уксусной и серной кислот, для равномерного кипения добавьте немного речного песка. Пробирку закройте пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опустите в пробирку-приемник с холодной водой (в воду поместите несколько кусочков льда). Пробирку-приемник закройте ватным тампоном. Смесь *осторожно* нагревайте на слабом пламени через сетку в течение нескольких минут (рис. 32).

Что вы наблюдаете? Какое вещество собралось на поверхности воды в пробирке-приемнике?

Закончив нагревание, удалите вату. Ощущается ли запах эфира?

Составьте уравнение реакции, укажите названия реакции и ее продукта.

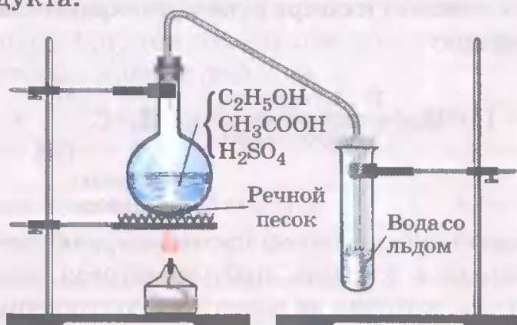


Рис. 32.
Получение
этилацетата

- Составьте уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:
карбид кальция → ацетилен → ацетальдегид → уксусная кислота → метилацетат.
* Вычислите массу метилацетата, полученного из 64 г карбида кальция, если выход эфира составляет 80%.
- Рассчитайте массу эфира, полученного из метанола и 42 г уксусной кислоты.
- При омылении этилацетата получили 34,5 г этанола. Определите массу сложного эфира, вступившего в реакцию.

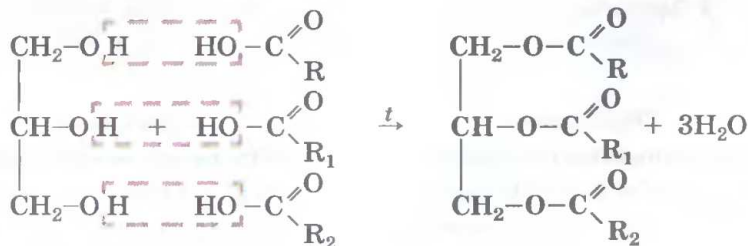
§ 26

ЖИРЫ

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ

Среди сложных эфиров особое место занимают жиры, состав которых установил французский химик Э. Шеврель. При нагревании жиров с водой в присутствии щелочи он выделил глицерин и различные карбоновые кислоты. Его соотечественник М. Бертло осуществил обратный процесс — синтез жира, нагревая глицерин с высшими карбоновыми кислотами.

Анализ и синтез жиров позволили сделать вывод, что *жиры* — это сложные эфиры трехатомного спирта глицерина и высших карбоновых кислот:



общая формула жира

Здесь R, R₁ и R₂ — углеводородные радикалы (могут быть разными и одинаковыми), как правило, с большим числом (≥15) атомов углерода. В некоторых жирах встречаются

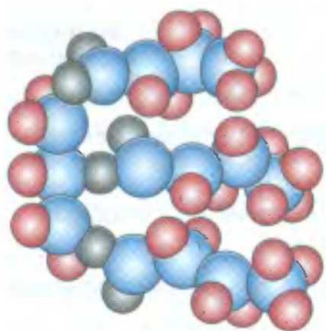


Рис. 33. Модель молекулы глицеринового эфира масляной кислоты

остатки и низших кислот, например, в сливочном масле содержатся углеводородные радикалы $-C_3H_7$, входящие в состав масляной кислоты C_3H_7COOH (рис. 33).

В зависимости от состава остатков кислот различают *твердые* и *жидкие* жиры. Твердые жиры — эфиры преимущественно *предельных* высших кислот, а жидкие жиры — *непредельных*. По происхождению жиры подразделяют на *растительные* и *животные*.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Большинство животных жиров (говяжий, бараний и др.) — твердые вещества (кроме рыбьего жира, он жидкий). Жидкие жиры встречаются главным образом в растениях, поэтому их называют *растительными маслами* (подсолнечное, кукурузное, хлопковое и др.). Известен и твердый растительный жир — кокосовое масло (схема 2).

Схема 2

Состав и свойства жиров



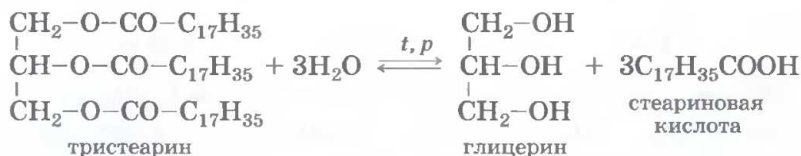
Жиры легче воды и в ней нерастворимы, но хорошо растворяются в органических растворителях, таких, как диэтиловый эфир, бензин, хлороформ и др.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Для жиров, как и для всех других сложных эфиров, характерна реакция гидролиза, а растительные масла, содержащие остатки непредельных карбоновых кислот, вступают и во все реакции ненасыщенных соединений (присоединения, полимеризации, окисления).

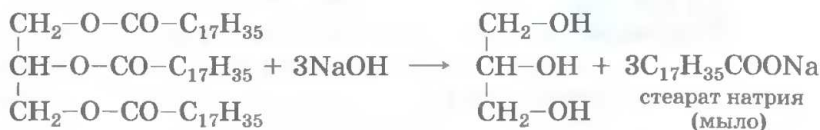
Гидролиз жиров. Этот процесс используют в технике для получения глицерина, карбоновых кислот и мыла.

Для получения глицерина и карбоновых кислот жир нагревают с водой (при 170 °С и повышенном давлении) в автоклавах:



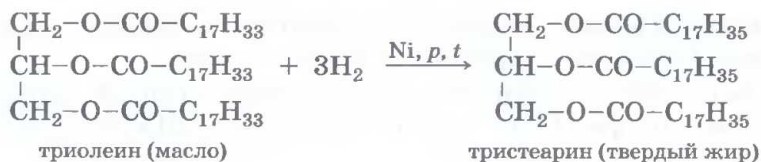
При длительном хранении в обычных условиях жиры, например сливочное масло, подвергаются частичному гидролизу. Образовавшаяся, хотя и в небольшом количестве, масляная кислота $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ придает сливочному маслу неприятный вкус и запах. Этот процесс называют *прогорканием*.

При проведении гидролиза в щелочной среде (в растворе щелочи или карбоната натрия) выделяются натриевые соли карбоновых кислот, которые являются *мылами*. Поэтому щелочной гидролиз жиров называют *омылением*:



Этот процесс известен с древних времен, когда для получения мыла животные жиры кипятили с водой и древесной золой, содержащей карбонат калия.

Гидрирование (гидрогенизация) жиров. Для получения мыла и других веществ используют преимущественно твердые жиры. Однако это ценный продукт питания. С целью экономии животных жиров растительные масла, в состав которых входят остатки непредельных кислот, превращают в твердые. Для этого проводят их гидрирование (гидрогенизацию). Через нагретую смесь масла с тонко измельченным катализатором (никель) под давлением пропускают водород. Он присоединяется по месту двойных связей ($-\text{CH}=\text{CH}-$) в углеводородных радикалах, и жидкое масло превращается в твердый продукт — саломас:



ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ЖИРОВ И ПРОДУКТОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Жиры — важная составная часть пищи. Они служат одним из источников энергии организма. Энергия требуется организму как для поддержания температуры, так и для совершения работы. При окислении жиров выделяется в два раза больше энергии, чем при окислении таких же количеств белков и углеводов (рис. 34). При полном окислении 1 г жира в среднем выделяется 38,9 кДж энергии.

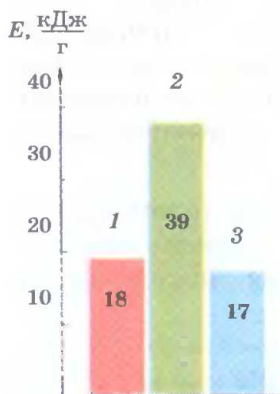


Рис. 34. Сравнительная энергетическая ценность основных компонентов пищи: 1 — белков; 2 — жиров; 3 — углеводов

Для нормальной жизнедеятельности человеку в день необходимо в среднем 65–70 г жиров. Сюда входят все жиры, включая те, которые содержатся в мясе, рыбе, молоке и молочных продуктах, а также в консервах, хлебобулочных и кондитерских изделиях и т. д.

Жиры в организме служат резервным питательным веществом. Попадая в организм, они под действием ферментов поджелудочного и кишечного сока гидролизуются с образованием глицерина и карбоновых кислот.

Продукты гидролиза всасываются ворсинками кишечника, и из них синтезируются жиры, свойственные данному организму.

Кроме того, жиры накапливаются в подкожных тканях и тканях, окружающих внутренние органы, выполняя *защитную* и *теплоизоляционную функции*.

В последнее время было установлено, что растительные масла усваиваются организмом лучше, чем животные жиры, при их употреблении снижается уровень холестерина в крови.

Из жиров получают такие продукты питания, как маргарин и майонез.

Маргарин — это тонкодисперсная эмульсия, в состав которой входят твердый жир, растительное масло, молоко, ароматизаторы, витамины, сахар, соль, пищевые красители. По составу и структуре маргарин приближается к сливочному маслу. Его используют в хлебопекарной, кулинарной и кондитерской промышленности, в сети общественного питания и т. д.

Майонез — это также тонкодисперсная эмульсия растительного масла с водой, яичным порошком, сухим молоком, сахаром, уксусом и специями. Его применяют в качестве приправы к разнообразным кулинарным блюдам для повышения их питательности и облагораживания вкуса, что способствует возбуждению аппетита и улучшению пищеварения.

При производстве маргарина и майонеза можно получать широкий ассортимент продуктов с заранее заданными свойствами. Это позволяет решать проблему сбалансированного питания людей различного возраста, а также проблему диетического питания.



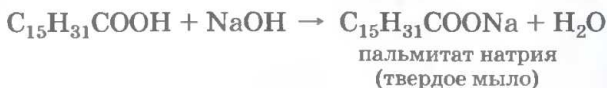
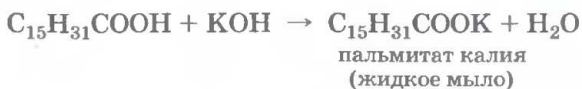
Лабораторный опыт 7

СВОЙСТВА ЖИРОВ

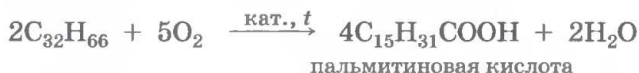
1. Растворимость жиров

В три пробирки налейте по 1 см³ воды, этилового спирта, бензина и поместите в них примерно одинаковые кусочки твердого жира или по 2–3 капли растительного масла. Наблюдайте, что происходит при встряхивании пробирок. Отметьте, в какой жидкости жиры лучше растворяются. Каким растворителем вы будете пользоваться при выведении жировых пятен с ткани?

В настоящее время мыло получают нейтрализацией синтетических кислот:



Кислоты, необходимые для производства мыла, преимущественно получают каталитическим окислением парафинов нефти:



Недостатки мыла. Растворение мыла как соли сильного основания и слабой кислоты сопровождается гидролизом, при этом создается *щелочная среда*, которая оказывает вредное воздействие на многие ткани, особенно на шерсть, шелк:



В жесткой и морской воде моющее действие мыла уменьшается (оно не мылится, не пенится) вследствие образования нерастворимых кальциевых или магниевых солей (в виде хлопьев):



Поэтому вместо мыла все чаще используют *синтетические моющие средства* (СМС).

Синтетические моющие средства. Одну из групп синтетических моющих средств составляют соли сложных эфиров высших спиртов и серной кислоты. В отличие от обычного мыла СМС не подвергаются гидролизу, поэтому их растворы *ней-*



Рис. 36.
Синтетическое
моющее средство

тральны. Они сохраняют моющее действие в жесткой и даже морской воде, так как образующиеся при этом кальциевые и магниевые соли растворимы.

Синтетические моющие средства входят в состав разнообразных стиральных порошков (рис. 36).

Недостатки СМС. Синтетические моющие средства устойчивы и с трудом разрушаются, поэтому они способны *накапливаться в окружающей среде и загрязнять ее*. Вследствие этого при создании новых моющих средств необходимо учитывать не только их эффективность, но и способность к биологическому и химическому разложению.



Лабораторный опыт 8

СВОЙСТВА МОЮЩИХ СРЕДСТВ

1. Свойства мыла

В пробирку налейте 4–6 см³ дистиллированной воды и растворите при нагревании стружки хозяйственного мыла (1 г). Полученный раствор налейте в четыре пробирки.

В первую пробирку прилейте несколько капель фенолфталеина. Отметьте цвет индикатора и составьте сокращенное ионно-молекулярное и молекулярное уравнения гидролиза мыла.

Во вторую пробирку прилейте соляной кислоты до образования хлопьев. Что собой представляют эти хлопья? Составьте молекулярное и сокращенное ионно-молекулярное уравнения реакции. Проверьте, растворяются ли хлопья при добавлении щелочи. Объясните эти явления. Сохраняет ли мыло моющее действие в кислотных растворах?

В третью пробирку прилейте раствор хлорида кальция. Что наблюдаете? Напишите молекулярное и сокращенное ионно-молекулярное уравнения реакции. Укажите, какое свойство мыла иллюстрирует данный опыт.

2. Сравнение свойств мыла и синтетических моющих средств

Приготовьте примерно 2–3 см³ раствора одного из синтетических моющих средств в дистиллированной воде.

В две пробирки влейте по 4–5 см³ жесткой воды (она содержит ионы Ca²⁺ и Mg²⁺). В одну из пробирок добавляйте по каплям раствор мыла из четвертой пробирки (опыт 1), в другую — раствор синтетического моющего средства. После добавления каждой капли содержимое пробирок встряхивайте.

Отметьте, в каком случае приходится прибавлять больше раствора для образования устойчивой пены, и сделайте вывод о преимуществах синтетических моющих средств. Укажите их недостатки.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

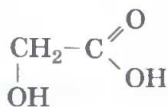
- Т** 1. Растворы мыла, карбоната натрия и щелочи можно распознать:
- а) соляной кислотой;
 - б) гидроксидом меди(II);
 - в) раствором хлорида кальция;
 - г) раствором фенолфталеина.
2. Как распознать растворы глицерина, мыла, формалина и этилового спирта? Составьте план опыта и уравнения реакций.
- 3*. Рассчитайте массу тристеарата, необходимого для получения 805 кг калиевого мыла. Выход продукта реакции составляет 80%.

ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

III

Вы познакомились с многообразными производными углеводов (спирты, амины, альдегиды, карбоновые кислоты), молекулы которых содержат одну или несколько *одинаковых* функциональных групп. Но в состав органических веществ могут одновременно входить и несколько *разных* функциональных групп.

Химические свойства таких соединений обусловлены функциональными группами, входящими в состав их молекул. Например, если в молекуле метана один атом водорода заменить на гидроксильную группу, а другой — на карбоксильную, то соединение будет проявлять свойства, характерные как для спиртов, так и для кислот:



К полифункциональным соединениям относятся *углеводы, аминокислоты, белки.*

Глава VI

Углеводы

Углеводы широко распространены в живой природе, особенно в растительном мире, и составляют основную массу органических веществ нашей планеты. Так, на долю углеводов приходится до 80% сухой массы растений. К углеводам относятся различные сахаристые вещества (глюкоза, фруктоза, сахароза), крахмал, клетчатка. Название «углеводы» историческое, оно сохранилось еще с тех времен, когда строение этих соединений было неизвестно, но установлен их состав, отвечающий общей формуле $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$, где $n, m > 3$. В этой формуле углево-

ды предстают как соединения углерода с водой — «угле-воды». Состав большинства углеводов соответствует этой формуле.

В зависимости от строения углеводы подразделяют на *моносахариды, дисахариды и полисахариды*.

§ 28

МОНОСАХАРИДЫ

Моносахариды — это углеводы, которые не гидролизуются с образованием более простых углеводов.

Среди моносахаридов наиболее распространены *глюкоза и фруктоза*.

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЫ ГЛЮКОЗЫ

Глюкоза (от греч. *glykys* — сладкий) — это бесцветное кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, сладкое на вкус. Она содержится в соке винограда, поэтому ее называют виноградным сахаром, а также в спелых фруктах и ягодах, в меде.

Состав глюкозы выражает формула $C_6H_{12}O_6$, ее строение было доказано экспериментально.

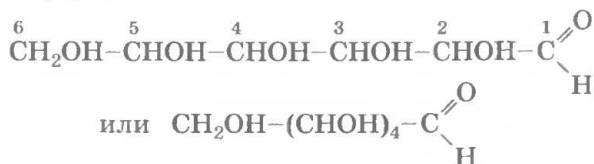
♦ При восстановлении глюкозы образуется гексан. Это свидетельствует о том, что в основе скелета молекулы находится *неразветвленная углеродная цепь*.

♦ Водный раствор глюкозы нейтральный (не изменяет окраску индикаторов), она не образует солей. Следовательно, глюкоза *не содержит карбоксильную группу*.

♦ Глюкоза дает реакцию «серебряного зеркала», что говорит о *наличии альдегидной группы* в ее молекуле.

♦ Получен сложный эфир глюкозы, в молекуле которого содержатся пять остатков уксусной кислоты, что доказывает присутствие в ее молекуле *пяти гидроксильных групп*.

На основании этих данных химическое строение глюкозы выражают формулой:

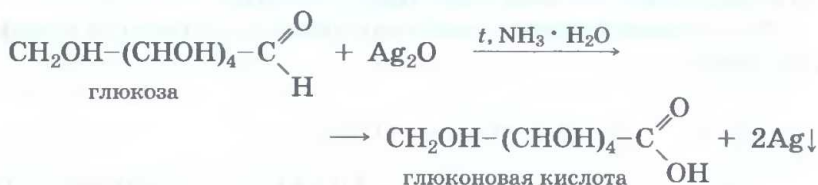


Таким образом, глюкоза — это *альдегидоспирт*.

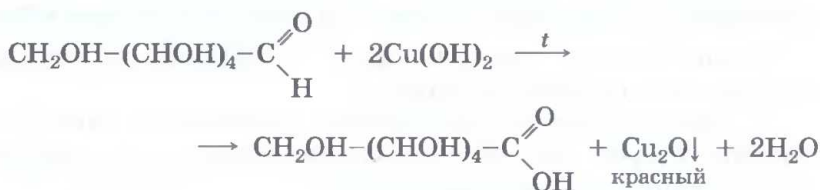
Глюкоза является бифункциональным соединением (содержит два вида функциональных групп), для нее характерны свойства альдегидов и многоатомных спиртов, а также ряд специфических свойств.

Реакции с участием альдегидной группы

Реакции окисления. Глюкоза как альдегид обладает восстановительными свойствами и реагирует с аммиачным раствором оксида серебра (реакция «серебряного зеркала»):

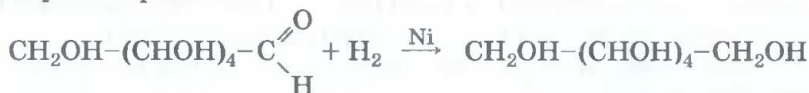


Аналогично протекает окисление глюкозы свежеприготовленным гидроксидом меди(II) при нагревании:



Лекарственный препарат *глюконат кальция* — соль глюконовой кислоты.

Реакция восстановления. Под действием водорода в присутствии катализатора альдегидная группа глюкозы восстанавливается в спиртовую группу, образуя шестиатомный спирт — *сорбит*:



Сорбит — исходное вещество для промышленного синтеза витамина С, он служит заменителем сахара для больных сахарным диабетом.

Реакции с участием гидроксильных групп

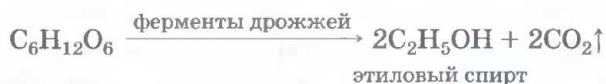
Глюкоза, как и многоатомные спирты (например, глицерин), реагирует со свежеприготовленным гидроксидом меди(II) без

нагревания (на холоду), образуя соединение ярко-синего цвета. Эту реакцию используют для обнаружения сахара в моче.

Таким образом, для подтверждения наличия в составе глюкозы двух видов функциональных групп следует проводить две качественные реакции. Сначала к исследуемому раствору нужно добавить гидроксид меди(II). Образование ярко-синего раствора докажет наличие гидроксильных групп. Затем смесь следует нагреть и по выпадению красного осадка обнаружить альдегидную группу.

Специфические свойства глюкозы

Под действием биологических катализаторов — ферментов, вырабатываемых микроорганизмами, молекулы глюкозы подвергаются расщеплению. Эту реакцию называют *брожением*. В зависимости от природы фермента различают спиртовое, молочнокислое, маслянокислое брожение и т. д. Название процесса определяется конечным продуктом реакции. Так, под влиянием ферментов дрожжей происходит *спиртовое брожение*, используемое в виноделии, пивоварении:



Молочнокислое брожение протекает под действием ферментов, которые вырабатывают молочнокислые бактерии:



Эта реакция лежит в основе производства кисломолочных продуктов (простокваша, сметана, творог, сыр). Молочная кислота образуется также при квашении капусты и огурцов, силосовании зеленых кормов для скота. Она выполняет при этом роль консерванта, препятствуя развитию процессов гниения.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ

В природе глюкоза образуется в процессе фотосинтеза, протекающего под действием энергии солнца в зеленых растениях:



В ходе этой реакции *глюкоза аккумулирует энергию Солнца*, которая таким образом становится доступной живым организмам. Ежегодно в результате фотосинтеза образуется приблизительно по 20 т органического вещества на каждого жителя Земли, при этом усваивается около 200 млрд т углекислого газа и выделяется в атмосферу около 145 млрд т свободного кислорода.

В живых организмах бóльшая часть глюкозы (примерно 70%) подвергается окислению кислородом воздуха (реакция обратна процессу фотосинтеза):



При этом выделяется такое же количество энергии, которое было поглощено при образовании глюкозы. Эта энергия используется для обеспечения процессов жизнедеятельности организма (сокращение мышц, синтез веществ и т. д.).

Глюкоза — не только источник энергии, но и *исходное вещество для синтеза многих других необходимых живому организму соединений* (гликоген, жиры, аминокислоты).

Глюкоза является необходимым компонентом крови, уровень ее содержания находится в пределах 0,08–0,11%. При некоторых заболеваниях, например сахарном диабете, количество глюкозы в крови повышается и избыток ее выводится с мочой. Содержание глюкозы в моче может при этом возрасти до 12% против обычного 0,1%.

Глюкозу применяют в медицине как средство усиленного питания и лекарственное вещество, в кондитерском производстве (изготовление карамели, мармелада, пряников и т. д.), она входит в состав напитков. Глюкозу используют для изготовления зеркал, елочных украшений (серебрение), а также в текстильной промышленности при крашении.

В промышленности глюкозу получают гидролизом крахмала и целлюлозы.

ФРУКТОЗА

Фруктоза (фруктовый сахар) имеет такую же, как и глюкоза, молекулярную формулу $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, но отличается строением:



Следовательно, фруктоза является структурным изомером глюкозы. Это кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, в три раза слаще глюкозы. В свободном виде содержится в ягодах и фруктах. Пчелиный мед представляет собой смесь глюкозы и фруктозы.

Как многоатомный спирт фруктоза дает ярко-синее окрашивание с гидроксидом меди(II) без нагревания.

В отличие от глюкозы *фруктоза не окисляется аммиачным раствором оксида серебра (не вступает в реакцию «серебряного зеркала»)*.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как, используя один реактив, доказать, что в молекуле глюкозы имеются два вида функциональных групп? Составьте план проведения опыта и уравнение реакции.
2. Напишите уравнение реакции горения глюкозы.
- Т** 3*. При молочнокислом брожении 200 г глюкозы получили 160 г молочной кислоты. Выход продукта (в %) равен:
а) 80; б) 50; в) 70; г) 90.
- 4*. При спиртовом брожении 5 г раствора глюкозы выделился оксид углерода(IV). Его пропустили через раствор гидроксида кальция, при этом выпало 0,5 г осадка. Вычислите массовую долю (в %) глюкозы в растворе.

§ 29

ДИСАХАРИДЫ

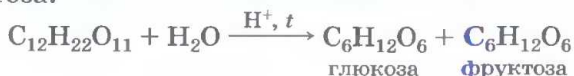
Дисахариды — углеводы, при гидролизе которых из одной молекулы образуются две молекулы моносахаридов.

Они широко распространены в природе: содержатся во многих фруктах и овощах. Наиболее распространен дисахарид сахара, молекула которого состоит из остатков молекул глюкозы и фруктозы.

Физические и химические свойства. Сахароза представляет собой кристаллическое вещество сладкого вкуса (более сладкое, чем глюкоза), хорошо растворимое в воде (в холодной — медленно, в горячей — быстро). При нагревании она бурет, разлагаясь с выделением воды и превращаясь в смесь аморфных веществ — *карамель*.

Молекулы сахарозы не содержат альдегидные группы, поэтому она не вступает в реакцию «серебряного зеркала» и не восстанавливает гидроксид меди(II). Сахароза проявляет свойства многоатомных спиртов. Так, при ее взаимодействии с гидроксидом меди(II) без нагревания образуется ярко-синий раствор.

Для сахарозы характерна реакция гидролиза. При ее нагревании в присутствии минеральной кислоты образуются глюкоза и фруктоза:



Образовавшуюся в процессе гидролиза глюкозу можно обнаружить одной из качественных реакций на альдегидную группу. Например, если полученный раствор нейтрализовать, а затем нагреть со свежеприготовленным гидроксидом меди(II), то образуется красный осадок оксида меди(I).

В живых организмах гидролиз сахарозы протекает под действием ферментов. Например, такой процесс идет в организмах пчел, которые перерабатывают цветочный нектар (раствор сахарозы) в мед — смесь глюкозы и фруктозы.

Получение и применение. Сахароза — самый распространенный из всех сахаров. Она содержится во всех частях зеленых растений. Наиболее богаты сахарозой сахарная свекла (16–20%) и сахарный тростник (14–26%). Из этих растений и получают сахарозу, называя ее соответственно *свекловичным* или *тростниковым сахаром*. Применяют ее главным образом в пищевой промышленности. Сахароза — один из основных источников углеводов в пище человека.

§ 30

ПОЛИСАХАРИДЫ

Полисахариды — это природные высокомолекулярные углеводы, макромолекулы которых содержат сотни и тысячи остатков моносахаридов.

Наибольшее значение из полисахаридов имеют крахмал, гликоген (животный крахмал), клетчатка (целлюлоза). Все эти полисахариды состоят из остатков молекул глюкозы, различным образом соединенных друг с другом. Их состав выражается общей формулой



В отличие от моно- и дисахаридов полисахариды не обладают сладким вкусом, нерастворимы в воде.

КРАХМАЛ

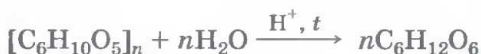
Строение и свойства крахмала

Крахмал состоит из линейных и разветвленных макромолекул (рис. 37, где точками показаны остатки молекул глюкозы). Это аморфный порошок белого цвета, нерастворимый в холодной воде. В горячей воде он набухает, образуя коллоидный раствор — клейстер.

Крахмал, подобно сахарозе, не дает реакцию «серебряного зеркала» и не восстанавливает гидроксид меди(II).

При действии раствора иода крахмал образует соединение синего цвета — это *качественная реакция на крахмал*.

Крахмал сравнительно легко подвергается *гидролизу*:



Эта реакция лежит в основе получения глюкозы в промышленности.

Нахождение в природе

Крахмал широко распространен в природе. Из курса биологии вы знаете, что это один из продуктов *фотосинтеза*. Часть глюкозы, образующейся в зеленых растениях при фотосинтезе, превращается в крахмал:

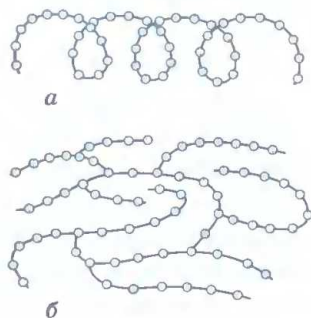


Рис. 37. Структура макромолекул крахмала:
а — линейная;
б — разветвленная

В общем виде:



В качестве резервного питательного вещества крахмал накапливается в клубнях, плодах, семенах растений. Так, клубни картофеля содержат до 24% крахмала, зерна пшеницы — до 64%, риса — 75%, кукурузы — 70%.

Получение и применение

Получают крахмал из клубней картофеля или из кукурузы и риса. Применяют его в пищевой промышленности в качестве загустителя и желирующего средства.

В кондитерском производстве крахмал перерабатывают в патоку, которую используют для приготовления джемов, мармелада, конфет и т. д. Глюкоза, полученная гидролизом крахмала, идет на производство этанола, молочной кислоты и других ценных продуктов. Крахмал используется в качестве наполнителя для мазей и присыпок, как клеящее средство.

Крахмал применяют для крахмаливания белья. Под горячим утюгом он частично гидролизуется и образует плотную пленку, что придает ткани блеск и предохраняет ее от загрязнения.

Биологическая роль крахмала. Гликоген

Крахмал — ценный питательный продукт и наряду с сахарозой является основным источником углеводов в организме человека. Он входит в состав хлеба и картофеля, круп, макаронных и кондитерских изделий. Непосредственно крахмал не усваивается организмом, сначала он подвергается гидролизу под влиянием ферментов. Этот процесс начинается уже при пережевывании пищи в полости рта под действием фермента слюны — *птиалина* и заканчивается в пищеварительном тракте образованием глюкозы. Часть глюкозы организм усваивает сразу, а избыток ее превращается в гликоген (животный крахмал).

Гликоген — полисахарид. Его макромолекулы имеют строение, подобное строению разветвленных макромолекул крахмала, но еще более разветвлены и имеют большую относительную молекулярную массу. Гликоген накапливается в печени и мышцах. В организме человека и животных он служит резервным питательным веществом, которое по мере необходимости гидролизуется до глюкозы.

ЦЕЛЛЮЛОЗА

Строение целлюлозы

Целлюлоза (клетчатка), как и крахмал, является природным полимером. Эти вещества имеют одинаковую молекулярную формулу $[C_6H_{10}O_5]_n$. Однако макромолекулы целлюлозы в отличие от макромолекул крахмала:

- ♦ содержат большее число структурных звеньев (остатков глюкозы);
- ♦ имеют только линейную структуру (вид нитей) (рис. 38);
- ♦ соединены между собой водородными связями, в образовании которых участвуют гидроксильные группы остатков глюкозы, это обеспечивает высокую механическую прочность целлюлозы.

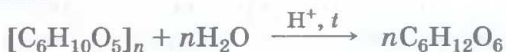


Рис. 38. Ориентация макромолекул целлюлозы в природных волокнах

Физические и химические свойства

Различие в строении макромолекул крахмала и целлюлозы обуславливает некоторое различие их физических и химических свойств. Целлюлоза — твердое волокнистое вещество белого или серого цвета, нерастворимое в воде и в обычных органических растворителях.

Гидролиз. В отличие от крахмала, целлюлоза гидролизуется в более жестких условиях (длительное нагревание в присутствии серной кислоты). Конечным продуктом гидролиза является глюкоза:

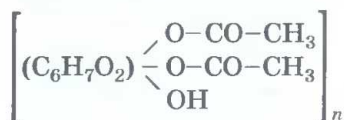


Эту реакцию используют в промышленности; полученную глюкозу далее сбраживают в спирт.

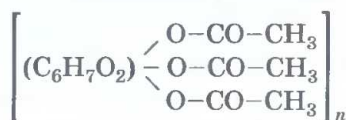
Реакция этерификации. В макромолекуле целлюлозы каждое элементарное звено $C_6H_{10}O_5$ содержит три гидроксильные группы:



Поэтому как многоатомный спирт целлюлоза образует сложные эфиры, из них большое практическое значение имеют *ацетаты* целлюлозы. Они образуются при обработке целлюлозы уксусной кислотой в присутствии серной кислоты:



диацетат целлюлозы



триацетат целлюлозы

Ацетаты целлюлозы применяют для изготовления негорючей фото- и киноплёнки, лаков и других материалов, а также для получения искусственного ацетатного волокна.

Разложение. При нагревании древесины без доступа воздуха происходит разложение целлюлозы с образованием древесного угля, метана, метанола, уксусной кислоты, ацетона, воды и других веществ.

Целлюлоза, как и крахмал, не даёт реакцию «серебряного зеркала».

Нахождение в природе, биологическая роль, получение и применение целлюлозы

Целлюлоза ещё более распространена в природе, чем крахмал. Она является строительным материалом растений, образуя в них оболочки клеток. Волокна хлопка, льна, конопли состоят, главным образом, из целлюлозы. В древесине её содержится примерно 50%, в траве и зелёных листьях — до 25%. Целлюлоза так же, как и крахмал, образуется в зелёных растениях в процессе фотосинтеза. В организмах многих животных и человека нет фермента, способного гидролизовать целлюлозу, поэтому она, в отличие от крахмала и гликогена, не усваивается ими и не может служить продуктом питания.

В промышленности целлюлозу выделяют из древесины. Образцами почти чистой целлюлозы являются вата, полученная из очищенного хлопка, и фильтровальная бумага.

Целлюлозу используют в строительном и столярном деле и как топливо (древесина). В виде волокнистых материалов (лен, конопля, хлопок) она идет на изготовление тканей — хлопчатобумажных и льняных. Целлюлоза — сырьё для получения бумаги и картона, искусственного шелка и корма для скота, а также имеет большое значение как сырьё для получения глюкозы и этилового спирта.

1. Почему продукты, содержащие крахмал, готовят при высокой температуре (картофель варят, хлеб пекут)?
 2. Укажите: а) что общего в строении макромолекул крахмала и целлюлозы; б) чем различаются по строению эти макромолекулы.
 3. Укажите, какое общее химическое свойство характерно для сахарозы, крахмала и целлюлозы. Ответ подтвердите уравнениями реакций.
 4. Составьте уравнения реакций в соответствии со схемой превращений:

$$\text{крахмал} \xrightarrow{1} \text{глюкоза} \xrightarrow{2} \text{этанол} \xrightarrow{3} \text{оксид углерода(IV)} \xrightarrow{4} \text{глюкоза}.$$
- * Вычислите количество вещества оксида углерода(IV), образующегося на третьей стадии, если было взято 243 г крахмала.

§ 31

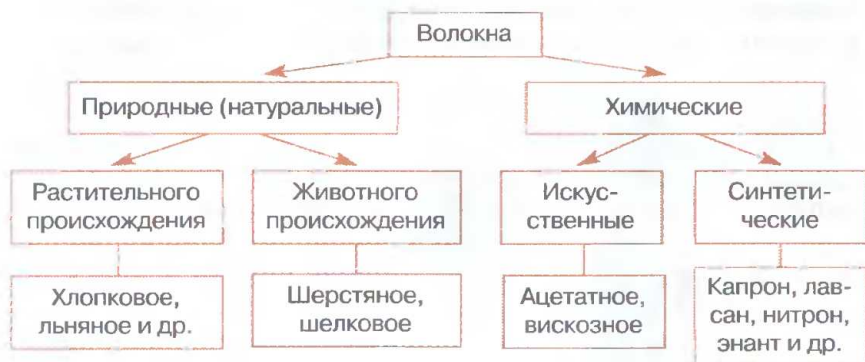
ИСКУССТВЕННЫЕ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

Волокна широко используют в промышленности и быту. Из них производят одежду, канаты, предметы домашнего обихода и т. д.

Волокна делят на природные (натуральные) и химические (схема 3).

Классификация волокон

Схема 3



Природные (натуральные) волокна могут быть растительного или животного происхождения. Вам известны хлопковые, льняные, шелковые и шерстяные волокна. Одни из них — растительного происхождения — состоят из целлюлозы, другие — животного происхождения — из белка.

С увеличением численности населения и развитием техники потребность в волокнах постоянно растет, поэтому возникла необходимость получения химических волокон.

Химические волокна получают химическими методами из доступного сырья (древесина, нефть, природный газ). Затраты на получение химических волокон во много раз меньше, чем на производство натуральных волокон. В зависимости от используемого сырья химические волокна подразделяют на искусственные и синтетические.

Искусственные волокна получают из природных полимеров (обычно целлюлозы) посредством химической обработки. Наибольшее значение среди искусственных волокон имеют ацетатное и вискозное.

Для получения волокна нужно все макромолекулы целлюлозы сориентировать параллельно друг другу. При производстве ацетатного волокна, для того чтобы сделать молекулы подвижными, целлюлозу превращают в ацетаты, которые растворяют в смеси дихлорметана и этанола. Следовательно, ацетатное волокно представляет собой сложный эфир целлюлозы. Образовавшийся вязкий раствор продавливают через фильеры — металлические колпачки с многочисленными отверстиями (рис. 39). Вытекающие из фильеры тонкие струйки раствора обрабатывают нагретым воздухом. По мере испарения растворителя формируются тонкие длинные волоконецка. Так же получают и другие химические волокна. Упорядоченное расположение макромолекул приводит к повышению прочности волоконца и образуемых ими нитей.

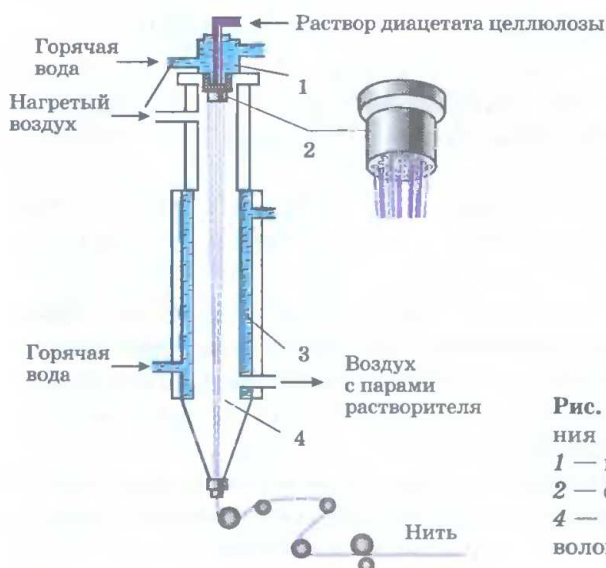


Рис. 39. Схема формирования ацетатного волокна: 1 — прядильная головка; 2 — фильера; 3 — шахта; 4 — пучок образующихся волокон

Ацетатное волокно не сминается, обладает приятным блеском, поэтому его используют для изготовления трикотажных изделий, тканей (платьевых, подкладочных, декоративных, мебельных). Недостаток ацетатного волокна — низкая прочность к истиранию, кроме того, оно хуже впитывает влагу, чем хлопковое волокно.

Вискозное волокно — химически обработанная целлюлоза. Из него получают искусственный шелк для производства тонких тканей и трикотажных изделий, кордную ткань, служащую каркасом в покрышках авто- и авиашин.

Синтетические волокна получают из *синтетических* полимеров. Из большого числа синтетических волокон рассмотрим капрон и лавсан.

Важнейшие свойства *капронового волокна* — механическая прочность, устойчивость к истиранию (по этому показателю превосходит все виды волокон) и действию многократных деформаций (изгибов), высокая эластичность. Из капрона можно получить тончайшую нить, такая нить длиной в 9 км будет весить всего 1 г. Волокно не впитывает влагу (негигроскопично), поэтому не теряет прочности во влажном состоянии, после стирки быстро сохнет и принимает прежний вид. Однако оно неустойчиво к растворам кислот и недостаточно термостойко (при нагревании прочность его снижается, а при 215 °С волокно плавится), поэтому нельзя гладить вещи из капрона горячим утюгом.

Капроновое волокно используют для производства особо прочного автомобильного и авиационного корда, парашютных тканей, канатов, конвейерных лент, искусственного меха.

На основе *лавсана* изготавливают ткани и трикотаж для верхней одежды, ковры, обивочные материалы, тюль и т. д. Поскольку лавсан негигроскопичен, то при производстве тканей его используют в смеси с другими волокнами: лавсан обеспечивает прочность, износостойкость изделия, а другие волокна — его гигиеничность. Ткани из лавсана (или с лавсаном) почти не мнутся. Техническую нить из лавсана используют в производстве шинного корда, рыболовных сетей, канатов, парусных тканей и т. д.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Чем отличаются искусственные волокна от синтетических? Приведите примеры.
2. Укажите, чем отличается: а) шерстяная ткань от хлопчатобумажной; б) природные волокна от химических.

Аминокислоты. Белки

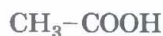
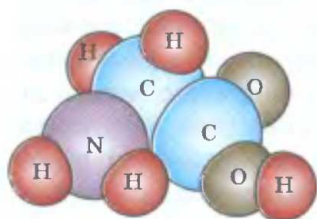
§ 32

АМИНОКИСЛОТЫ

СОСТАВ, НОМЕНКЛАТУРА И ИЗОМЕРИЯ

Аминокислоты — это органические соединения, содержащие две функциональные группы — аминогруппу $-\text{NH}_2$ и карбоксильную группу $-\text{COOH}$.

Их можно рассматривать как производные карбоновых кислот, в радикале которых атом водорода замещен на аминогруппу (рис. 40). Сравните:



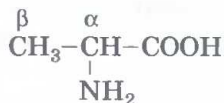
уксусная кислота



аминоуксусная кислота
(глицин)

Рис. 40. Модель молекулы аминокислоты

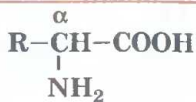
Названия аминокислот образуют от названий соответствующих карбоновых кислот с добавлением части слова «амино-» и указанием места расположения аминогруппы. Атом углерода, связанный с карбоксильной группой, обозначают буквой α , следующие — буквами β , γ , δ , ϵ . Многие аминокислоты имеют тривиальные названия. Например:



α -аминопропионовая кислота (аланин)

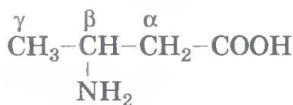
На практике чаще используют именно тривиальные названия аминокислот.

Наибольшее значение имеют α -аминокислоты, так как они участвуют в построении белковых молекул. Состав α -аминокислот можно выразить общей формулой

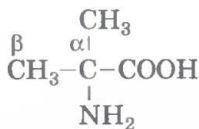


Для аминокислот характерна структурная изомерия.

- ♦ Изомерия углеродного скелета (начиная с $\text{H}_2\text{NC}_3\text{H}_6\text{COOH}$):

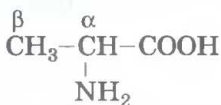


β -аминомасляная кислота

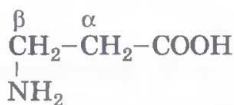


α -амино- α -метилпропионовая кислота

- ♦ Изомерия положения аминогруппы (начиная с $\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{COOH}$):



α -аминопропионовая кислота



β -аминопропионовая кислота

ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Аминокислоты представляют собой бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде. Многие кислоты имеют сладкий вкус.

Молекулы аминокислот содержат две функциональные группы противоположного характера. Аминогруппа обуславливает основные свойства аминокислот, а карбоксильная группа — кислотные. Следовательно, подобно таким неорганическим веществам, как гидроксиды алюминия, цинка, аминокислоты являются *органическими амфотерными соединениями*:



основные свойства
(свойства аминов)

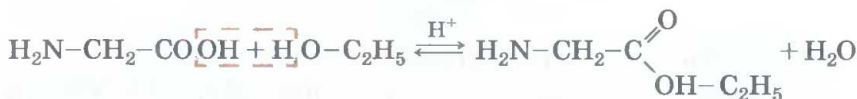
кислотные свойства
(свойства карбоновых кислот)

Реакции с участием карбоксильной группы

Проявляя свойства *кислот*, аминокислоты взаимодействуют с активными металлами, оксидами и гидроксидами металлов, солями слабых или летучих кислот, а также со спиртами (реакция этерификации). Например:



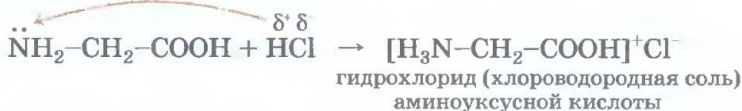
натриевая соль
аминоуксусной кислоты



этиловый эфир
аминоуксусной кислоты

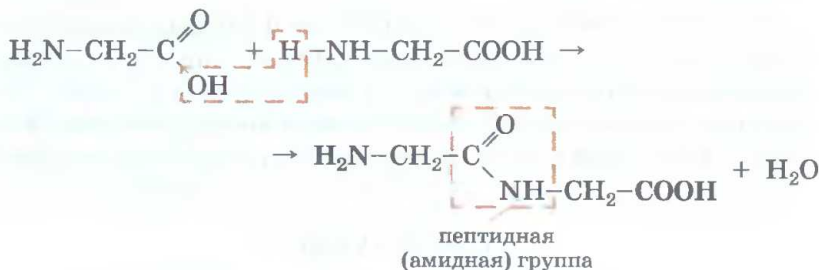
Реакции с участием аминогруппы

Как основания аминокислоты реагируют с кислотами:



Особые свойства аминокислот

Наличие в молекуле аминокислоты двух функциональных групп приводит к появлению новых свойств. Так, молекулы аминокислот могут реагировать друг с другом. При этом происходит взаимодействие карбоксильной группы одной молекулы и аминогруппы другой молекулы. Реакция сопровождается отщеплением молекулы воды и образованием *пептида*. При взаимодействии двух молекул аминокислоты образуется дипептид:

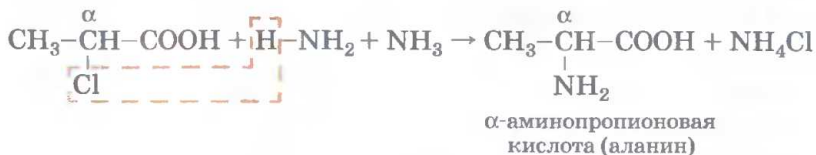


Образовавшийся дипептид имеет в своем составе аминогруппу и карбоксильную группу, поэтому он может взаимодействовать с третьей молекулой, образуя *трипептид*, и т. д. В итоге образуется *полипептид*. Группу атомов $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-$ называют *пептидной*, или *амидной, группой*, а связь между атомами углерода и азота в ней — *пептидной (амидной) связью*.

ПОЛУЧЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ

Биологически важные (природные) α -аминокислоты получают гидролизом белков (см. § 33).

Один из синтетических способов получения α -аминокислот — замещение атома галогена в соответствующих α -галогенкарбоновых кислотах на аминогруппу:



ЗНАЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ

Биологическое значение α -аминокислот определяется тем, что они являются структурными единицами («кирпичиками»), из которых построены все растительные и животные белки. Поступая вместе с пищей в организм, белки расщепляются на α -аминокислоты, которые организм использует для синтеза собственных белков. В связи с этим аминокислоты делят на заменимые и незаменимые.

Заменимые аминокислоты синтезируются в организме. К ним относятся глицин, аланин, глутаминовая кислота, серин, аспарагиновая кислота и др.

Незаменимые аминокислоты не синтезируются в организме и поступают только с пищей. Это лизин, валин, триптофан, лейцин и др. Их недостаток в пище приводит к нарушению многих функций организма и, несмотря на достаточную калорийность питания, может быть причиной прекращения роста организма, истощения.

Например, белок кукурузы зеин не содержит лизина. Животные, которые не получали с пищей один только этот белок, несмотря на обильное кормление, теряли в весе. Отсутствие же в пище триптофана может быть причиной тяжелого заболевания глаз — катаракты.

Недостающие аминокислоты нужно добавлять в пищу человеку и в корм животным. Организм может усваивать их в свободном виде. Даже малые их дозы позволяют ускорить рост животных и снизить расход кормов.

Некоторые аминокислоты применяют в качестве лечебных средств, например глутаминовую кислоту — при нервных заболеваниях, гистидин — при язве желудка.

Аминокислоты находят применение и в пищевой промышленности. Например, глутаминовую кислоту добавляют в консервы и пищевые концентраты для улучшения вкуса.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

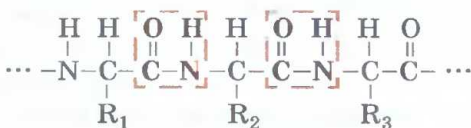
- Т** 1. К аминокислотам относится соединение состава:
а) $C_5H_{11}N$; б) $C_5H_{12}O_2$; в) $C_5H_{10}O_2$; г) $C_5H_{11}O_2N$.
2. Составьте структурные формулы изомерных аминокислот состава $C_4H_9O_2N$ и назовите их.
3. Докажите амфотерность α -аминопропионовой кислоты (напишите не менее трех уравнений реакций).

§ 33

БЕЛКИ

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ БЕЛКОВ

Белки — это природные высокомолекулярные соединения, построенные из остатков α -аминокислот, соединенных между собой пептидными (амидными) связями:



R_1, R_2, R_3 — радикалы α -аминокислот

Белки имеют очень высокую относительную молекулярную массу: от нескольких десятков тысяч до сотен тысяч и даже нескольких миллионов.

Все природные белки содержат *пять* химических элементов: *углерод, водород, кислород, азот и серу*. Из других элементов встречается *фосфор*, реже — *железо*. По химическому составу белки делят на две группы:

- ♦ *протеины (простые)* — белки, при гидролизе которых образуются только α -аминокислоты;

- ♦ *протеиды (сложные)* — белки, при гидролизе которых помимо аминокислот образуются и другие компоненты (остатки полисахаридов, ортофосфорной кислоты, катионы металлов и др.).

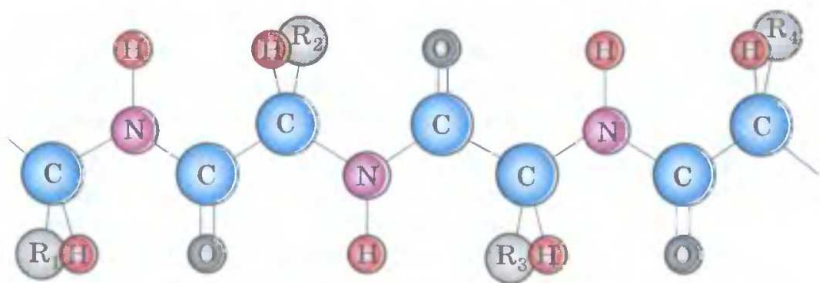


Рис. 41. Первичная структура белка

Каждый белок имеет свое индивидуальное и постоянное строение*. Различают первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры белковой молекулы.

Первичная структура — определенная последовательность чередования аминокислотных остатков в линейной полипептидной цепи (рис. 41). Нарушение последовательности чередования остатков аминокислот в цепи резко изменяет свойства белка. Например, если в молекуле гемоглобина, состоящей из 574 остатков аминокислот, изменится взаимное расположение хотя бы только глутаминовой кислоты и валина, то человек окажется тяжелобольным.

Вторичная структура — форма полипептидной цепи в пространстве. Один из ее вариантов — α -спираль, которую можно представить в виде ленты, обвивающей поверхность цилиндра (рис. 42). Устойчивость α -спирали обеспечивается за счет образования водородных связей между атомами водорода NH-групп и атомами кислорода CO-групп основной цепи.

Третичная структура — это конфигурация, которую принимает в пространстве закрученная в спираль полипептидная цепь. Спиралеобразная цепь способна

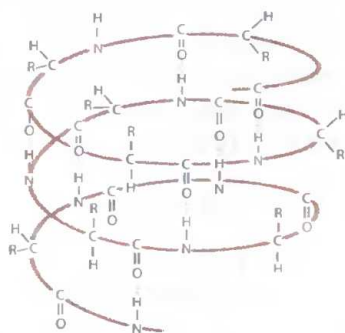


Рис. 42. Вторичная (спиралевидная) структура белка

* Материал подлежит изучению на общеобразовательном уровне (2 ч в неделю), но не входит в требования к уровню подготовки выпускников.

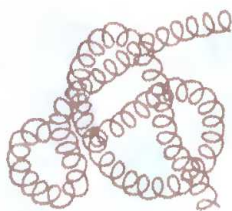


Рис. 43. Третичная структура белка

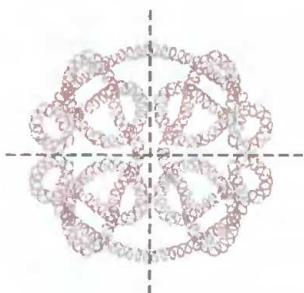


Рис. 44. Четвертичная структура белка

сворачиваться в клубок (рис. 43). Образование третичной структуры белков обусловлено взаимодействием функциональных групп между собой. Например, между карбоксильной и гидроксильной группами образуется *сложноэфирный мостик*, между атомами серы — *дисульфидный мостик*. В формировании третичной структуры белка большую роль играют и водородные связи. Вследствие этого происходит стабилизация третичной структуры белка.

Четвертичная структура — это соединенные друг с другом макромолекулы белков. Они образуют комплекс (рис. 44). Например, гемоглобин представляет собой комплекс из четырех макромолекул. Только при такой структуре гемоглобин способен присоединять и транспортировать кислород в организме.

Четвертичную структуру имеют не все белки.

Третичная (и, если существует, четвертичная) структура белка определяет его специфические свойства, физиологическую активность. Нарушение этой структуры приводит к утрате белком особых свойств — например, пропадает каталитическая активность ферментов.

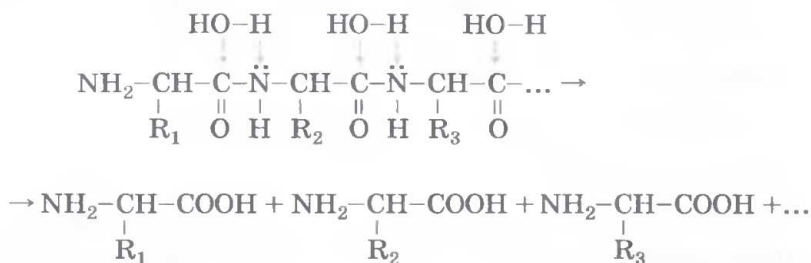
ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

По агрегатному состоянию различают твердые, жидкие или полужидкие (студнеобразные) белки. По растворимости в воде белки подразделяют на растворимые и нерастворимые. Некоторые из них, например белок куриного яйца, с водой образуют коллоидные растворы.

Белки содержат всевозможные функциональные группы, поэтому их нельзя отнести к определенному классу соединений. *Белки — это высшая форма существования органических веществ.*

Молекулы белков содержат аминогруппы и карбоксильные группы, следовательно, они, подобно аминокислотам, обладают *амфотерными свойствами* и образуют соли как с кислотами, так и с основаниями.

Гидролиз. При нагревании белков с растворами кислот или щелочей происходит гидролиз по пептидным связям (разрушение первичной структуры). Конечным продуктом гидролиза являются α -аминокислоты:



В организме человека и животных гидролиз белков протекает в более мягких условиях — под влиянием ферментов (пепсина, трипсина и др).

Денатурация. *Денатурация* — это разрушение вторичной и третичной структур белка с сохранением первичной структуры (рис. 45). Она происходит под действием физических или химических факторов (нагревание до 60–100 °С, радиация, действие солей тяжелых металлов, кислот, щелочей и т. д.). Денатурация протекает, например, при варке мяса и яиц.

При сильном нагревании белки разлагаются с выделением летучих продуктов, обладающих *запахом жженных перьев*. На этом свойстве основано обнаружение белков, установление белкового происхождения волокон (шерсть, натуральный шелк).



Рис. 45. Схема процесса денатурации белка

Качественные реакции. *Биуретовая реакция* — это качественная реакция на пептидную группу $-\text{NH}-\text{CO}-$. В щелочной среде раствор белка в присутствии солей меди(II) приобретает сине-фиолетовую окраску:

раствор белка + NaOH + $\text{CuSO}_4 \rightarrow$ фиолетовое окрашивание

Ксантопротеиновая реакция — это реакция на белки, содержащие остатки *ароматических* аминокислот. Такой белок при действии азотной кислоты дает желтое окрашивание (продукт взаимодействия азотной кислоты с бензольными кольцами). Эту реакцию можно наблюдать на коже рук при неосторожном обращении с азотной кислотой:

раствор белка + $\text{HNO}_3 \rightarrow$ желтое окрашивание

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

Белок — носитель жизни. В осуществлении важных для организма процессов участвуют и другие вещества, но ни одно из них не может сравниться с белками по разнообразию своих функций. Главная из них — *каталитическая функция белков*. Практически все реакции в организме с участием других веществ (жиры, углеводы и т. д.) протекают под действием ферментов, которые по своей природе являются белками.

Следовательно, *белки невозможно заменить углеводами или жирами, как последние заменяют друг друга.*

Белки служат также:

♦ *строительным материалом* клеток (из них построены опорные, мышечные, покровные ткани);

♦ *транспортным средством* (например, белок крови гемоглобин доставляет к тканям кислород, а из тканей удаляет углекислый газ);

♦ *защитой от инфекций* (некоторые специфические белки — *антитела* — способны обезвреживать вирусы, бактерии, чужие клетки);

♦ *источником энергии* (при окислении 1 г белка выделяется в среднем 18 кДж энергии, в этом белки значительно уступают углеводам и жирам).

Белки *регулируют* обменные процессы (например, инсулин регулирует обмен глюкозы); выполняют *двигательную функцию* (например, миозин — белок мышц); а белки-рецепторы воспринимают и *передают сигналы*, поступающие от соседних клеток или из окружающей среды.

Следовательно, благодаря белкам организм имеет возможность двигаться, расти, усваивать пищу, размножаться, реагировать на внешние воздействия и т. п. Поэтому белки жизненно необходимы любому организму и являются важнейшим компонентом пищевых продуктов. Ежедневная норма для здорового человека — не менее 100 г белка. Главными поставщиками белков служат мясо, рыба, яйца, творог и зернобобовые культуры. Недостаток белков в пище может вызвать заболевание, а длительное белковое голодание приводит к полному истощению и смерти.



Лабораторный опыт 9

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА БЕЛКИ

1. Биуретовая реакция

Налейте в пробирку 2–3 см³ раствора белка (куриный белок, растворенный в воде) и столько же 10%-ного раствора гидроксида натрия, хорошо взболтайте, а затем добавьте несколько капель раствора сульфата меди(II). Отметьте, в какой цвет окрашивается белок.

2. Ксантопротеиновая реакция

В пробирку налейте 2–3 см³ раствора белка и прибавьте *осторожно* несколько капель азотной кислоты, затем смесь нагрейте. Отметьте цвет образовавшегося осадка. Укажите, остатки каких аминокислот можно обнаружить в белках этой реакцией.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

- Т** 1. Для всех белков характерны свойства:
- а) растворимость и свертывание;
 - б) амфотерность и денатурация;
 - в) гидролиз и растворимость в солях;
 - г) летучесть и горение.
2. Почему белковую пищу нельзя заменять на продолжительное время пищей, содержащей только жиры и углеводы?
3. Почему кожа желтеет при попадании на нее концентрированной азотной кислоты?
4. Предложите способ доказательства наличия белков в продуктах питания, шерстяных и шелковых тканях.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА*

IV

§ 34

ФЕРМЕНТЫ. ВИТАМИНЫ

Ферменты (энзимы) — это белки, выполняющие роль биологических катализаторов.

Практически все биохимические реакции, происходящие в живых организмах, являются каталитическими. Объясняется это тем, что организмы получают в качестве источников энергии и строительного материала относительно устойчивые в химическом отношении вещества. В клетках осуществляются два хорошо сбалансированных процесса:

- ♦ расщепление пищевых белков, углеводов и жиров;
- ♦ синтез из образующегося строительного материала соединений, необходимых данному организму.

Оба процесса невозможны один без другого.

Как расщепление, так и синтез органических веществ в клетке протекают в мягких условиях: невысокая температура, нормальное давление, разбавленные растворы, среда, близкая к нейтральной, и т. п. Чтобы биохимические реакции происходили при этих условиях с необходимой (часто очень большой) скоростью, требуются катализаторы, в качестве которых и выступают ферменты.

Ферменты, как и другие катализаторы, подчиняются общим закономерностям катализа:

- ♦ не изменяют направления реакций;
- ♦ не смещают равновесие, но ускоряют его достижение;
- ♦ не расходуются в ходе химического превращения;
- ♦ снижают энергию активации реакции.

* Материал подлежит изучению как в непрофильных классах профильных школ (1 ч в неделю), так и на общеобразовательном уровне (2 ч в неделю), но не входит в требования к уровню подготовки выпускников.

От небиологических катализаторов ферменты отличаются более высокой каталитической активностью и специфичностью действия. Каждый из них катализирует определенную реакцию или группу определенных реакций.

Для ферментов характерна высокая чувствительность к изменению внешних условий: температуры, pH, состава среды и т. п. Они активны при температуре организма. При более низкой температуре их действие ослабевает. При сильном нагревании ферменты как белковые вещества свертываются (денатурируются) и теряют активность. Каталитическое действие они проявляют при определенном значении pH. Так, пепсин, содержащийся в желудочном соке, активен в сильнокислотной среде (pH = 1,7), а фермент слюны пتيالин — в среде, близкой к нейтральной (pH = 6,8).

Ферментативные процессы издавна применяют в пищевой и легкой промышленности (изготовление сыров, чая, табака, обработка кож и др.), виноделии, пивоварении и других отраслях производства. Ферменты регулируют также процессы, протекающие в тесте при выпечке хлеба. Они используются в медицине для лечения некоторых заболеваний, например фермент плазмин — для лечения тромбозов сосудов, пепсин — при желудочных заболеваниях, рибонуклеаза — для борьбы с некоторыми вирусными инфекциями. Важное направление их применения — очистка сточных вод микробиологическим путем.

Известно, что потребности организма не ограничиваются белками, жирами, углеводами и солями. Организму необходимы еще микроскопические количества так называемых витаминов.

Еще в 1880 г. русский исследователь Н. И. Лунин провел опыт. Он рассадил мышей в две клетки и одних кормил натуральным молоком, других же — искусственным молоком, приготовленным из очищенных веществ, входящих в состав натурального молока, — казеина, жира, молочного сахара и солей. В первой клетке мыши чувствовали себя прекрасно, во второй — гибли одна за другой. Из опыта следовало, что в натуральном молоке присутствуют в ничтожном количестве какие-то неизвестные вещества, крайне необходимые для жизни. Эти данные были подтверждены многими учеными. В 1912 г. польский ученый К. Функ назвал такие вещества витаминами (от лат. *vita* — жизнь), а заболевания, вызванные отсутствием витаминов, — *авитаминозами*.

Витамины — низкомолекулярные органические соединения различной химической природы, необходимые для осуществления жизненно важных биохимических и физиологических процессов в живых организмах.

Витамины требуются организму в небольших по сравнению с основными питательными веществами количествах. Суточная потребность человека в том или ином витамине выражается миллиграммами или даже долями миллиграмма. Однако при их отсутствии в организме развиваются тяжелые заболевания, вызванные авитаминозами: цинга, рахит, куриная слепота, полиневрит и др.

Более распространенный характер имеет витаминная недостаточность — *гиповитаминоз*. Если вы заболели ангиной, постоянно устаете, у вас плохое настроение, понижена работоспособность, ослаб иммунитет, то налицо дефицит витаминов.

Поскольку организм человека и животных некоторые витамины не синтезирует вообще, а другие синтезирует в недостаточном количестве, то они *обязательно* должны поступать в готовом виде с пищей. Первоисточником витаминов являются растения. Человек получает витамины или непосредственно с растительной пищей, или косвенно — через продукты животного происхождения, в которых витамины были накоплены из растительных материалов во время жизни животных.

Как правило, витамины не токсичны, но прием их в дозах, превышающих рекомендуемые нормы в несколько раз, вызывает отравления, называемые *гипервитаминозами*. Особенно опасны в этом отношении витамины А и D.

Обычно витамины обозначают буквами латинского алфавита: А, В, С и т. д. — или присваивают им наименование, указывающее на их биологическую роль. Так, витамин Е называют токоферолом (от греч. *токос* — деторождение, *феро* — несущий). Каждый витамин стимулирует деятельность ферментов, катализирующих строго определенные химические превращения в организмах.

Витамины делят на два класса: *растворимые в воде* и *растворимые в жирах* (табл. 9).

Важнейшие витамины и их биологическое действие

Витамин	Биологическое действие
Водорастворимые витамины	
Аскорбиновая кислота, витамин C	Антиоксидант. Стимулирует действие ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные процессы в живой клетке. Недостаток его вызывает заболевание цингой
Биотин, витамин H	Входит в состав ферментов, способствующих клеточному делению. Недостаток витамина вызывает замедление роста, поражение кожных покровов, выпадение волос
Фолиевая кислота, витамин B₁₂	Участвует в синтезе пуриновых и пиримидиновых оснований, нуклеиновых кислот. Недостаток его вызывает нарушение роста, анемию
Жирорастворимые витамины	
Ретинол, витамин A	Необходим для роста и развития организма, участвует в зрительном процессе. Недостаток его ведет к слепоте, похуданию
Кальциферол, витамин D₂	Влияет на активность ферментов, регулирующих обмен фосфора и кальция в растущем организме. Недостаток его вызывает заболевание рахитом

Для человеческого организма важны все витамины, но особое место по своей значимости для здоровья людей занимает *витамин С* (аскорбиновая кислота). Прежде всего этот витамин является *антиоксидантом* и в сочетании с другими антиоксидантами, например витаминами Е и А, защищает наш организм от оксидантов — соединений, разрушающих клетки. Этим свойством витамина С объясняется его положительное действие при многих заболеваниях.

Недостаток витамина С вызывает цингу. В прошлом это заболевание начиналось в любых условиях, когда люди не могли полноценно питаться, т. е. включить в рацион свежие фрукты, овощи, зелень. Цинга была непременным спутником морских путешественников, обычным явлением во время войн и в армиях, и среди мирных жителей. Витамин С необходим для синтеза *колла-*

гена — белка, который образует соединительную ткань в нашем организме. Эта ткань удерживает зубы в деснах, связывает друг с другом органы, укрепляет кровеносные сосуды. Если перестать употреблять продукты, содержащие витамин С, то скоро зубы начнут расшатываться, десны распухнут и будут кровоточить, кожа станет неприятно сухой, на ней появятся кровоизлияния.

Ежедневный прием 200–250 мг витамина С в период эпидемии гриппа снижает вероятность заболевания. Кроме того, люди, дополнительно принимающие витамин С, меньше подвержены риску возникновения сердечных и онкологических заболеваний, гипертонической болезни.

Организм человека не синтезирует витамин С, поэтому на вашем столе постоянно должны быть свежие овощи, фрукты, зелень — единственный источник витамина С.

Содержание витаминов в ряде продуктов (овощи, фрукты, молоко и др.) подвержено резким сезонным колебаниям, а в некоторых продуктах их очень мало (белый хлеб, макароны) или они совсем отсутствуют (маргарин, сахар). В связи с этим зимой и ранней весной необходимы витаминизация пищевых продуктов и употребление витаминов. Витамины применяют и в животноводстве для повышения продуктивности скота.

В промышленности одни витамины (А, В, С, РР и др.) получают синтетическим путем, другие выделяют из природных источников: D₂ и А — из рыбьих жиров, Е — из растительных жиров, С — из плодов шиповника.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Сравните ферменты и витамины.
2. Охарактеризуйте понятия: гиповитаминоз, авитаминоз и гипervитаминоз.

§ 35

ГОРМОНЫ. ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ПРЕПАРАТЫ

Гормоны — органические вещества, вырабатываемые железами внутренней секреции и являющиеся регуляторами важнейших функций организма человека и животных: обмена веществ, роста, полового развития, размножения и т. д.

Некоторые гормоны вырабатываются корой надпочечников и половыми железами. Они регулируют рост организма и процессы его старения, влияют на функции размножения и многие другие стороны жизнедеятельности. Например, кортизон — один из 20 гормонов, вырабатываемых корой надпочечников, регулирует обмен углеводов, применяется при лечении многих тяжелых болезней (ревматизм, бронхиальная астма, воспалительные процессы, аллергические заболевания).

Другие гормоны вырабатываются поджелудочной железой (инсулин, глюкагон) и гипофизом (соматотропин — гормон роста, окситоцин, тиреотропин). Инсулин регулирует обмен углеводов (содержание сахара в крови), глюкагон повышает концентрацию сахара в крови. Эти гормоны применяют при диабете (инсулин), заболеваниях щитовидной железы (тиреотропин), для усиления лактации (пролактин) и стимуляции родовой деятельности (окситоцин).

Гормон щитовидной железы тироксин усиливает все виды обмена веществ. Гормон, который вырабатывает мозговое вещество надпочечников, — адреналин повышает кровяное давление, учащает ритм сердечных сокращений.

Подобно витаминам и ферментам, гормоны в очень небольших концентрациях проявляют чрезвычайно высокую физиологическую активность. Недостаток и избыток гормонов вызывают тяжелые заболевания. Гормональная регуляция находится под контролем центральной нервной системы.

В отличие от витаминов гормоны не поступают в организм извне, поэтому потребность в том или другом гормоне у человека и животного может возникнуть лишь в случае нарушения нормальной деятельности соответствующей железы.

Гормоны широко используют в современной медицине как лекарственные препараты, многие из них для этих целей получают синтетически.

Лекарственные вещества (препараты) — соединения, применяемые для лечения или предупреждения заболеваний.

Лекарственные средства начали применять еще в глубокой древности. В ту пору люди использовали для лечения болезней растения в разных видах (настойки, отвары и др.), высушенных насекомых, органы животных. С развитием научных знаний из природных источников были получены индивидуальные, достаточно чистые вещества, отличающиеся постоянством действия, поддающиеся определенной дозировке и удобные для

употребления. Так, были получены широко применяемые алкалоиды, гормоны, витамины и др.

В современной медицине наряду с природными соединениями широко применяют и синтетические лекарственные препараты.

Первые синтетические лекарственные вещества появились в последней четверти XIX в. Например, в 1887 г. было получено жаропонижающее средство фенацетин, в 1896 г. — пирамидон, в начале XX в. — веронал и т. д. Химики-органики в содружестве с медиками, микробиологами и фармацевтами создали множество синтетических препаратов, которые не имеют себе подобных среди природных веществ.

Сегодня медицина располагает огромным количеством разнообразных лекарственных средств (свыше 12 тыс.).

Лекарственные средства обычно классифицируют по характеру действия, оказываемому на организм. Одни препараты обладают противомикробным действием (например, сульфаниламидные препараты: белый стрептоцид, норсульфазол, фталазол, сульфадимезин и др.) и излечивают ангину, воспаление легких, скарлатину и другие инфекционные заболевания. Другие помогают снять боль (аспирин, парацетамол, анальгин). Существуют лекарства, которые воздействуют на сердце и кровеносные сосуды (нитроглицерин, анаприлин, дибазол). Получены антигистаминные (для лечения аллергических заболеваний), противоопухолевые (для лечения злокачественных новообразований) и психофармакологические (влияющие на психическое состояние человека) препараты.

Лекарственные препараты делят также на *причинные* и *симптоматические*. Первые действуют непосредственно на причину болезни и устраняют ее, например акрихин, поражающий возбудителя малярии, или сердечные препараты, возвращающие больной сердечной мышце нормальную силу. Препараты второй группы, не устраняя причины заболевания, уничтожают лишь вызванные им отклонения от нормы. Это, например, аспирин, снижающий температуру, или пирамидон, устраняющий невралгическую боль, и т. п.

В связи с тем что лекарственные препараты независимо от характера их действия *чужды и токсичны для организма*, очень важна их правильная дозировка.

Число лекарственных средств огромно, мы остановимся на часто применяемых в медицинской практике различных сульфаниламидных препаратах.

Выбор препарата зависит от его фармакологических особенностей, а также от природы возбудителя и течения заболевания. Существенное значение имеют данные о распределении препаратов по органам и тканям, всасываемости из желудочно-кишечного тракта, путях и скорости выведения из организма.

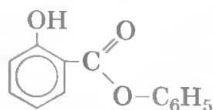
Так, установлено, что стрептоцид, норсульфазол, сульфадимезин, этазол и сульфадиметоксин относительно легко всасываются и быстро накапливаются в нужных для проявления бактериостатического действия концентрациях в крови и органах. Поэтому данные препараты применяют при лечении различных инфекционных заболеваний. Другие препараты, такие, как фталазол, фтазин, плохо всасываются, относительно долго находятся в кишечнике в высоких концентрациях, поэтому они применяются главным образом при инфекционных заболеваниях желудочно-кишечного тракта.

Всасывание и скорость выведения из организма в значительной мере определяют дозу и частоту приема лекарств. Так, сульфаниламидные препараты, задерживающиеся в организме в течение длительного периода времени, например сульфадиметоксин, достаточно применять лишь один раз в день. От химических свойств действующего вещества зависит и время приема лекарственного препарата: до или после еды.

В практике лечения различных заболеваний обнаружилось явление *привыкания* (приспособления) микроорганизмов к тому или иному препарату. Постепенно появляются новые поколения микроорганизмов, на которые привычное лекарство уже не действует, и болезнь все труднее поддается лечению. Поэтому одно из направлений развития химико-фармацевтической промышленности — обновление лекарственных препаратов.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Сравните гормоны и витамины.
2. Желудочное средство салол имеет строение:



Опишите физические свойства и укажите, в какие химические реакции может вступать это соединение.

Практические работы

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

При проведении практических работ по органической химии необходимо выполнять все правила безопасности, которые вы изучили ранее. Кроме того, нужно иметь в виду, что практически все органические соединения *горючи*, а их *пары взрывоопасны*. Большинство органических веществ *обладают запахом*. Дурнопахнущие и слезоточивые вещества надо сливать в специально отведенную стеклянную посуду, снабженную пробками. *Выливать токсичные и дурнопахнущие вещества в канализацию категорически запрещается*. Все работы, при проведении которых может произойти загрязнение воздуха, должны выполняться только в вытяжном шкафу.

Запомните: экспериментальная работа с органическими веществами сопряжена с опасностью получения *термических и химических ожогов*, поэтому необходимо четко выполнять инструкции к практическим работам.

Термические ожоги обычно являются следствием неумелого или неосторожного обращения с легковоспламеняющимися веществами или нагретыми до высокой температуры предметами. (Повторите правила работы с нагревательными приборами и горячей посудой.) К особенно тяжелым последствиям может привести воспламенение органических веществ, так как при этом ожог может сопровождаться отравлением воспламенившимся веществом, а возникший пожар — принести значительный материальный ущерб. Поэтому каждый работающий должен знать, какие из используемых веществ являются легковоспламеняющимися и какие меры надо принимать, чтобы избежать их воспламенения. Наиболее распространенные легковоспламеняющиеся вещества, с которыми вы можете столкнуться не только в лаборатории, но и в повседневной жизни, это *диэтиловый эфир, гексан, бензол, метиловый и этиловый спирты, ацетон*.

Посуда, в которой находится легковоспламеняющаяся жидкость, должна быть обязательно закрыта (не слишком плотно) корковой пробкой и находиться вдали от зажженных газовых горелок и спиртовок. *Категорически запрещается выливать легковоспламеняющиеся жидкости в раковины,*

ведра, мусорные ящики и урны. Вблизи открытой посуды с легковоспламеняющимися жидкостями запрещается подключать электроприборы к клеммам, находящимся под током, так как от электрической искры может возникнуть пожар.

Работа 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Опыт 1. Качественное определение углерода и водорода

Наличие углерода и водорода в органическом соединении можно установить по продуктам его окисления.

1. Зажгите спиртовку или парафиновую свечу. Над пламенем 2–3 с подержите сухой стакан в перевернутом положении. Почему запотел стакан?

2. Смочите стакан раствором гидроксида кальция (известковой водой) и снова в таком же положении подержите над пламенем. Объясните причину появления белых пятен на стенках стакана.

Напишите уравнение реакции.

На основании проведенных опытов сделайте вывод о качественном составе сгоревшего вещества. Составьте уравнение реакции горения парафина, приняв, что в его составе есть алкан, содержащий 18 атомов углерода в молекуле.

Опыт 2. Качественное определение хлора

Определение наличия хлора в органическом соединении основано на окрашивании пламени в зеленый цвет хлоридами меди, которые образуются при взаимодействии оксида меди(II) с продуктами разрушения и сгорания органического вещества, содержащего хлор.

1. Для проведения опыта один конец медной проволоки загните кольцом, а другой вставьте в пробку (рис. 46). Держась за пробку, прокалите кольцо в пламени до прекраще-

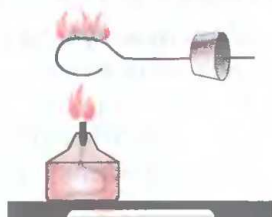


Рис. 46. Качественное определение хлора в органическом веществе

ния его окрашивания. Остывшее кольцо опустите в небольшую порцию исследуемого вещества, например тетрахлорметана или другого органического соединения, содержащего хлор. Затем вновь внесите кольцо в пламя спиртовки. Отметьте зеленое окрашивание пламени.

2. Получите у учителя три пробирки с неизвестными органическими веществами. Определите, в какой из них находится хлорсодержащее органическое вещество.

Работа 2

КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ СОЛИ

Опыт 1. Получение уксусной кислоты



Рис. 47. Получение уксусной кислоты

В пробирку, закрепленную в штативе, как показано на рис. 47, внесите 3–4 г ацетата натрия и прилейте 2–3 см³ раствора серной кислоты. Пробирку закройте пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опустите в пустую пробирку. Нагревайте смесь веществ до тех пор, пока в пробирке-приемнике соберется 1–2 см³ кислоты.

Отметьте физические свойства уксусной кислоты. Составьте уравнение реакции.

Опыт 2. Свойства уксусной кислоты

Разбавьте полученную уксусную кислоту наполовину водой и разлейте в четыре пробирки. В первую пробирку внесите 1–2 капли раствора лакмуса (отметьте цвет индикатора), затем нейтрализуйте кислоту раствором щелочи. Во вторую пробирку добавьте немного порошка магния, в третью — оксида меди(II), а в четвертую — карбоната натрия.

Составьте полные и краткие ионно-молекулярные уравнения проведенных реакций. Сделайте вывод.

Опыт 3. Гидролиз ацетата натрия

В пробирку налейте 1–2 см³ дистиллированной воды, добавьте 1–2 капли раствора фенолфталеина, а затем 1–2 кристаллика ацетата натрия. Раствор встряхните для ускорения растворения соли.

По изменению окраски фенолфталеина сделайте вывод о реакции среды в растворе ацетата натрия.

Напишите краткое ионно-молекулярное и молекулярное уравнения гидролиза этой соли.

Работа 3

УГЛЕВОДЫ

Опыт 1. Взаимодействие глюкозы с гидроксидом меди(II)

1. Налейте в пробирку 2 см³ раствора гидроксида натрия и прибавьте не более трех капель раствора сульфата меди(II). К свежеприготовленному гидроксиду меди(II) добавьте 1 см³ раствора глюкозы. Встряхните смесь. Что вы наблюдаете? Что доказывает данный опыт? Какие соединения вступают в аналогичную реакцию?

2. Нагрейте содержимое пробирки. Какие изменения вы наблюдаете? О чем они свидетельствуют? Какие вещества при нагревании с гидроксидом меди(II) ведут себя аналогичным образом?

Составьте уравнение реакции глюкозы с гидроксидом меди(II) при нагревании. Сделайте вывод о строении глюкозы.

Опыт 2. Качественная реакция на крахмал

1. К 0,5–1 см³ крахмального клейстера в пробирке добавьте каплю спиртового раствора иода. Что вы наблюдаете?

2. Нагрейте полученную смесь крахмального клейстера с иодом. Какие изменения происходят? Восстанавливается ли прежняя окраска при охлаждении?

Объясните наблюдаемое явление.

3. Нанесите несколько капель спиртового раствора иода на кусочек хлеба и на срез клубня картофеля. Что вы наблюдаете?

Опыт 3. Гидролиз крахмала

1. Нагрейте в пробирке крахмальный клейстер со свеже-приготовленным гидроксидом меди(II). Восстанавливается ли гидроксид меди(II) крахмалом?

2. К 2–3 см³ крахмального клейстера добавьте 0,5 см³ раствора серной кислоты и кипятите смесь 2–3 мин, взбалтывая при этом жидкость. Остудите содержимое пробирки и разделите его на две части.

К одной части добавьте 2–3 капли раствора иода. Появляется ли синяя окраска?

Вторую порцию используйте для доказательства наличия полученной в результате гидролиза глюкозы.

Объясните наблюдаемые явления и составьте уравнения химических реакций.

Работа 4

ВОЛОКНА И ПОЛИМЕРЫ

Опыт 1. Изучение свойств синтетического волокна

1. Тигельными щипцами внесите образец капронового волокна (изделия из капрона) в пламя спиртовки, затем поднесите влажную красную лакмусовую бумажку к выделяющимся газам. Отметьте цвет лакмусовой бумажки.

2. Поместите немного капронового волокна в фарфоровую чашку и нагрейте ее. Когда волокно расплавится, прикоснитесь к нему стеклянной палочкой и, отведя ее в сторону, вытяните тонкую капроновую нить. Опыт повторите несколько раз. Какое свойство полимера проявилось в этом опыте?

3. В четыре пробирки поместите кусочки капронового волокна. В первую пробирку прилейте раствор азотной кислоты, во вторую — серной кислоты, в третью — гидроксида натрия, а в четвертую — ацетон. Осторожно встряхните содержимое пробирок. Что вы наблюдаете?

Сделайте вывод об отношении капрона к различным веществам.

Опыт 2. Распознавание волокон

Вам выданы пронумерованные пакетики, в которых содержатся образцы волокон. Пользуясь приведенными в табл. 10

приложений сведениями о волокнах, определите содержимое каждого пакетика.

Последовательность анализа волокон

1. Распознавание волокон начните с их сжигания, которое проводите несколько раз. При этом проследите:

- а) с какой скоростью происходит горение;
- б) каков запах продуктов горения;
- в) какой характер имеет остаток после сгорания.

Этим опытом вы установите принадлежность волокна к определенной группе: целлюлозным, белковым, синтетическим.

2. Отметьте действие продуктов горения или разложения на индикатор.

3. Проверьте действие на волокна кислот, щелочей и ацетона.

Опыт 3. Свойства полиэтилена

1. Исследуйте физические свойства полиэтилена (кусочек полиэтиленовой пробки, крышки и т. д.): а) внешний вид; б) плотность (легче или тяжелее воды); в) действие органических растворителей; г) отношение к нагреванию. Установите, можно ли из расплава вытянуть нить.

2. Исследуйте химические свойства полиэтилена: а) поведение в пламени спиртовки (горючесть, цвет пламени, образуется ли копоть при горении, продолжает ли гореть вне пламени, обладают ли продукты горения запахом); б) стойкость по отношению к растворам кислот и щелочей.

Сделайте вывод о физических и химических свойствах полиэтилена на основе проведенных опытов.

Опыт 4. Распознавание полимеров

В разных пронумерованных пакетиках содержатся образцы полимеров. Пользуясь приведенными в табл. 11 приложений данными, определите содержимое каждого пакетика.

Работа 5

РЕШЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Задание 1. Выданы пробирки с: а) этиловым спиртом; б) раствором глицерина; в) раствором уксусной кислоты; г) раство-

ром ацетата натрия. Определите химическим способом каждое из указанных веществ.

Задание 2. Докажите опытным путем, что в спелых фруктах содержится глюкоза.

Задание 3. Докажите опытным путем, что сырой картофель, белый хлеб, крупы (рис, манка) содержат крахмал.

Задание 4. В состав меда входят глюкоза и фруктоза. Докажите наличие глюкозы в растворе меда.

Задание 5. В четырех пробирках находятся растворы крахмала, сахарозы, глюкозы и глицерина. Определите каждое вещество с помощью качественных реакций.

Задание 6. В двух пробирках находятся растворы белка и глюкозы, в третьей — растительное масло. Определите химическим способом каждое из указанных веществ.

Задание 7. Исходя из этанола, получите одно из следующих веществ: а) сложный эфир; б) этилен; в) ацетальдегид. Отметьте, как вы установили наличие полученных веществ.

Составьте уравнения химических реакций, укажите условия их протекания.

Распознавание волокон

Волокно, состав	Характер горения	Действие продуктов разложения или горения на индикаторы	Действие на волокно кислот и щелочей при обычных условиях		
			HNO ₃ (ρ = 1,4 г/см ³)	H ₂ SO ₄ (ρ = 1,84 г/см ³)	NaOH (10%)
Природные (натуральные) волокна					
Хлопковое (хлопчатобумажная ткань) [C ₆ H ₁₀ O ₅] _n	Горит быстро, с запахом жженой бумаги. Остается серый пепел	Окрашивают влажную лаковую бумажку в красный цвет	Растворяется, образуя бесцветный раствор	Растворяется	Набухает, не растворяясь
Шерстяное, шелковое Состоят из белков, молекулы которых содержат остатки аминокислот, соединенные пептидными связями –CO–NH–	Горят медленно, с запахом жженого перья, образуя хрупкий шарик черного цвета, растапливающийся в порошок	Окрашивают влажную лаковую бумажку в синий цвет	Набухают и окрашиваются в желтый цвет	Разрушаются	Разрушаются

Волокно, состав	Характер горения	Действие продуктов разложения или горения на индикаторы	Действие на волокно кислот и щелочей при обычных условиях		
			HNO ₃ (ρ = 1,4 г/см ³)	H ₂ SO ₄ (ρ = 1,84 г/см ³)	NaOH (10%)
Искусственные волокна					
<i>Вискозное</i> [C ₆ H ₁₀ O ₅] _n	Горит быстро, с запахом жженой бумаги. Остаются следы золы	Окрашивают влажную лакмусовую бумажку в красный цвет	Растворяется, образуя бесцветный раствор	Растворяется, образуя красно-коричневый раствор	Сильно набухает и растворяется
<i>Ацетатное</i> $\left[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2 \begin{array}{l} \diagup \text{OCOCH}_3 \\ \diagdown \text{OCOCH}_3 \\ \diagdown \text{OCOCH}_3 \end{array} \right]_n$	Горит быстро, образуя нехрупкий шарик темно-бурого цвета. Вне пламени не горит	Окрашивают влажную лакмусовую бумажку в красный цвет	Растворяется, образуя бесцветный раствор	Растворяется	Омывается, принимая желтоватый оттенок, и растворяется
Синтетическое волокно					
<i>Капрон</i> $\left[\begin{array}{c} \text{H} \qquad \text{O} \\ \qquad \parallel \\ -\text{N}-(\text{CH}_2)_5-\text{C}- \end{array} \right]_n$	Плавится, образуя твердый блестящий шарик темного цвета; при горении распространяется неприятный запах	Окрашивают влажную лакмусовую бумажку в синий цвет	Растворяется, образуя бесцветный раствор	Растворяется, образуя бесцветный раствор	Не растворяется

Распознавание полимеров

Полимер, состав	Внешние признаки	Отношение к нагреванию	Характер горения	Действие продуктов разложения или горения на индикаторы и другие вещества
Полиэтилен $[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$	Полупрозрачный, эластичный, на ощупь жирный	Размягчается, из расплава можно вытянуть нить	Горит синеватым пламенем, распространяя запах горячей свечи; продолжает гореть вне пламени	Не обесцвечивают раствор бромной воды
Поливинилхлорид $\left[\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{Cl} \end{array} \right]_n$	Относительно мягкий, при понижении температуры становится твердым и хрупким, цвет различный	Быстро размягчается	Горит коптящим пламенем, выделяя хлороводород; вне пламени не горит	Окрашивают влажную лакмусовую бумажку в красный цвет; с раствором AgNO_3 образуют белый осадок
Феноло-формальдегидная смола 	Твердая, хрупкая, окрашена в темные цвета от коричневого до черного	При сильном нагревании разлагается	Трудно загорается, распространяя запах фенола; вне пламени постепенно гаснет	Продукты разложения не исследуются

Качественные реакции на органические вещества*

Вещества	Реагенты	Наблюдаемые признаки
Органические соединения, содержащие π -связь между атомами углерода (алкены, алкадиены и алкины)	Br_2 (бромная вода)	Обесцвечивание
Спирты: одноатомные	CuO (раскаленная медная проволока, покрытая CuO)	Медный блеск (Cu) и запах альдегида
многоатомные	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ (свежеприготовленный)	Ярко-синий раствор
Фенол	Br_2 (бромная вода)	Белый осадок 2,4,6-трибромфенола
Альдегиды	Ag_2O ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	Реакция «серебряного зеркала» (при нагревании)
	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ (свежеприготовленный)	Красный осадок Cu_2O (при нагревании)
Карбоновые кислоты	Индикатор (лакмус)	Розовый раствор
	Na_2CO_3 (р-р)	Выделение газа CO_2
Уксусная кислота	—	Характерный запах уксуса
Муравьиная кислота	Ag_2O ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	Реакция «серебряного зеркала» (при нагревании)
Олеиновая кислота	Br_2 (бромная вода)	Обесцвечивание
Раствор мыла	Раствор кислоты	Белые хлопья жирных кислот

* Уравнения реакций смотрите в соответствующих разделах учебника.

Вещества	Реагенты	Наблюдаемые признаки
Углеводы: глюкоза	$\text{Ag}_2\text{O} (\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$	Реакция «серебряного зеркала» (при нагревании)
	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ (свежеприготовленный)	1. На холоду ярко-синий раствор. 2. При нагревании красный осадок Cu_2O
фруктоза	$\text{Ag}_2\text{O} (\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$	Не реагирует
	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ (свежеприготовленный)	Ярко-синий раствор, <i>не изменяющийся</i> при нагревании
сахароза	$\text{Ag}_2\text{O} (\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$	Не реагирует
	Раствор кислоты	Образовавшаяся в результате гидролиза глюкоза дает реакцию «серебряного зеркала» (при нагревании)
крахмал	I_2 (р-р)	Синее окрашивание
Белок	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ в щелочной среде	Фиолетовый раствор
	HNO_3 (р-р)	Желтое окрашивание

ОТВЕТЫ

§ 1. 5. 132 г.

§ 3. 1. C_2H_6 . 2. C_3H_7Cl . 3. C_6H_{14} . 4. C_3H_8O .

§ 4. 2. б. 4. б. 5. 160 л. 6. C_4H_{10} .

§ 5. 4. г.

§ 6. 4. C_8H_{18} . 6. 37321 кДж.

§ 7. 5. 12600 кДж. 6. C_3H_6 .

§ 8. 5. 185 л. 6. $V(C_2H_4) = 6,22$ л, $V(HCl) = 6,22$ л. 7. C_3H_6 .

§ 9. 5. 460 cm^3 .

§ 10. 6. 1008 л. 7. 148,5 г.

§ 11. 2. C_4H_8 .

§ 12. 3. 162,5 cm^3 . 4. 52,2 г.

§ 15. 2. б. 3. $C_3H_{11}OH$.

§ 16. 4. 70%.

§ 17. 1. 11,5 г. 2. 675 г.

§ 19. 3. 5,8 г.

§ 20. 2. б. 5. $C_4H_9NH_2$.

§ 21. 2. 18,37%.

§ 22. 2. 88%. 4. 23,1%.

§ 23. 3. 81,97 cm^3 .

§ 24. 2. 35,3 cm^3 . 3. $HCOOH$ — муравьиная кислота, $m(HCOOH) = 23$ г.
4. 270 г.

§ 25. 1. 59,2 г. 2. 51,8 г. 3. 66 г.

§ 26. 3. 10,08 л.

§ 27. 3. 927,1 кг.

§ 28. 3. а. 4. 9%.

§ 30. 4. 6 моль.

Предметный указатель

А

- Алкадиены 49
- Алканы 28
- Алкены 38
- Алкины 54
- Альдегиды 97
- Аминогруппа 76, 93
- Аминокислоты 140
- Амины 93
- Арены 63
- Ароматические углеводороды 63
- Ацетальдегид 98
- Ацетаты целлюлозы 136
- Ацетилен 54

Б

- Белки 144
- Бензол 64
- Брожение 129
- Бутадиен-1,3 50

В

- Вазелин 36, 73
- Витамины 152
- Волокно (а)
 - ацетатное 138
 - вискозное 139
 - искусственные 138
 - натуральные 137
 - синтетические 139
 - химические 138
- Вулканизация 51

Г

- Газойль 73
- Гидрирование 45
- Гидрогалогенирование 46
- Гидрогенизация 120
- Гликоген 134
- Глицерин 88
- Глюкоза 127
- Гомологи 20

- Гомологическая разность 20
- Гомологический ряд 20
- Гормоны 154
- Группа

- альдегидная 97
- гидроксильная 76
- карбоксильная 76, 103
- карбонильная 97
- функциональная 76

Гудрон 73

Д

- Дегидрирование 34
- Денатурация белков 147
- Детонационная стойкость 73
- Дивинил 49
- Дисахариды 131

Ж

- Жиры 117

И

- Изобутан 12
- Изомерия 12
 - структурная 21
- Изомеры 12
- Изооктан 73
- Изопрен 49

К

- Капрон 139
- Карбоновые кислоты 102
- Каучуки 50
 - натуральный 50
 - синтетический 52
- Керосин 73
- Кислота
 - аминокусусная 140
 - аскорбиновая 153
 - бутановая 104
 - карболовая 91
 - линолевая 118

- линоленовая 118
- масляная 104, 118
- метановая 104
- молочная 129
- муравьиная 104, 108
- олеиновая 118
- пальмитиновая 113
- стеариновая 113
- уксусная 104, 111
- хлоруксусная 108
- этановая 104

Клетчатка 135

Коллаген 153

Крахмал 133

Крекинг 34, 74

Л

Лавсан 139

Лекарственные вещества 155

Лигроин 73

М

Мазут 73

Майонез 121

Маргарин 121

Метан 19

Метаналь 98

Метанол 77, 85

Моносахариды 127

Мыла 122

Н

Насыщенные углеводороды 31

Нефть 71

Нитробензол 66

Нитрование 66

О

Озокерит 36

Октановое число 73

Омыление 115

П

Парафин 36, 73

Пептид 142

Пептидная связь 142

Перегонка 72

Пирилиз 34, 75

Полимеризация 46

Полисахариды 132

Поливинилхлорид 58

Полиэтилен 46

Предельные углеводороды 19

Р

Растительные масла 118

Реакция

— биуретовая 148

— брожения 129

— галогенирования 31, 45

— гидратации 46

— гидрирования 45

— гидрогалогенирования 46

— гидрогенизации 120

— дегидрирования 34

— дегидратации 44, 82

— замещения 31

— изомеризации 34

— ксантопротеиновая 148

— Кучерова 58

— нитрования 66

— отщепления 44

— полимеризации 46

— «серебряного зеркала» 100

— этерификации 81

Резина 51

Ректификация 72

С

Саломас 120

Сахароза 131

Сложные эфиры 107, 114

Спирт(ы)

— винный 86

— древесный 85

— метиловый 77

— многоатомные 87

— предельные одноатомные 77

— этиловый 77

Т

Трихлорметан 32

У

Углеродородный радикал 21

Углеводороды 19

— ароматические 63

— диеновые 49

— насыщенные 31

— ненасыщенные 38

— непредельные 38

— предельные 19

Углеводы 126

Ф

Фенол(ы) 90

Ферменты 150

Формалин 101

Формальдегид 98

Фотосинтез 129, 133

Фреоны 35

Фруктоза 130

Х

Хлороформ 32

Ц

Целлюлоза 135

Циклоалканы 61

Циклопарафины 61

Э

Эластичность 51

Этаналь 98

Этанол 77, 86

Этерификация 81

Этиленгликоль 88

Этин 54

Эфир(ы)

— диэтиловый 82

— простые 82

— сложные 107, 114

ОГЛАВЛЕНИЕ

Как работать с учебником	3
Введение в органическую химию	
§ 1. Предмет органической химии. Особенности органических соединений и их реакций	5
§ 2. Теория строения органических соединений	9
§ 3. Вывод химических формул	14
I. УГЛЕВОДОРОДЫ	
<i>Глава I. ПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ</i>	
§ 4. Гомологический ряд, номенклатура и изомерия алканов	19
§ 5. Электронное и пространственное строение молекулы метана	26
§ 6. Свойства и применение алканов	30
<i>Глава II. НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ</i>	
§ 7. Алкены. Гомологический ряд, номенклатура и изомерия. Строение молекулы этилена	38
§ 8. Получение, свойства и применение алкенов	43
§ 9. Алкадиены. Натуральный и синтетические каучуки	48
§ 10. Алкины	54
<i>Глава III. ЦИКЛИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ</i>	
§ 11. Циклоалканы (циклопарафины)	61
§ 12. Ароматические углеводороды (арены)	63
§ 13. Генетическая взаимосвязь углеводородов	69
§ 14. Природные источники углеводородов	70
II. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ УГЛЕВОДОРОДОВ	
<i>Глава IV. СПИРТЫ. ФЕНОЛЫ. АМИНЫ</i>	
§ 15. Предельные одноатомные спирты	77
§ 16. Химические свойства предельных одноатомных спиртов	81
§ 17. Получение и применение предельных одноатомных спиртов	85
§ 18. Многоатомные спирты	87
§ 19. Фенолы	90
§ 20. Амины	93

*Глава V. АЛЬДЕГИДЫ. КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ
И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ*

§ 21. Номенклатура и строение молекул альдегидов	97
§ 22. Получение, свойства и применение альдегидов	99
§ 23. Карбоновые кислоты и их производные	102
§ 24. Получение и применение карбоновых кислот	110
§ 25. Сложные эфиры карбоновых кислот	114
§ 26. Жиры	117
§ 27. Мыла и синтетические моющие средства	122

III. ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Глава VI. УГЛЕВОДЫ

§ 28. Моносахариды	127
§ 29. Дисахариды	131
§ 30. Полисахариды	132
§ 31. Искусственные и синтетические волокна	137

Глава VII. АМИНОКИСЛОТЫ. БЕЛКИ

§ 32. Аминокислоты	140
§ 33. Белки	144

IV. БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

§ 34. Ферменты. Витамины	150
§ 35. Гормоны. Лекарственные препараты	154

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	158
Приложения	165
Ответы	170
Предметный указатель	171

Учебное издание

Новошинский Иван Иванович
Новошинская Нина Степановна

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

11 класс

Базовый уровень

Учебник
для общеобразовательных
учреждений

3-е издание

Ответственный редактор *И. А. Костенчук*
Художественный редактор *С. Н. Якубовский*
Корректоры *Т. Г. Люборец, Г. А. Голубкова*
Верстка *И. Д. Петровской, Л. Х. Матвеевой*

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.60.953.Д. 002307.03.09

от 12.03.09 выдано Федеральной службой по надзору
в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Подписано в печать 22.06.09. Формат 60х90/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 11.
Тираж 7000 экз. Заказ 65.

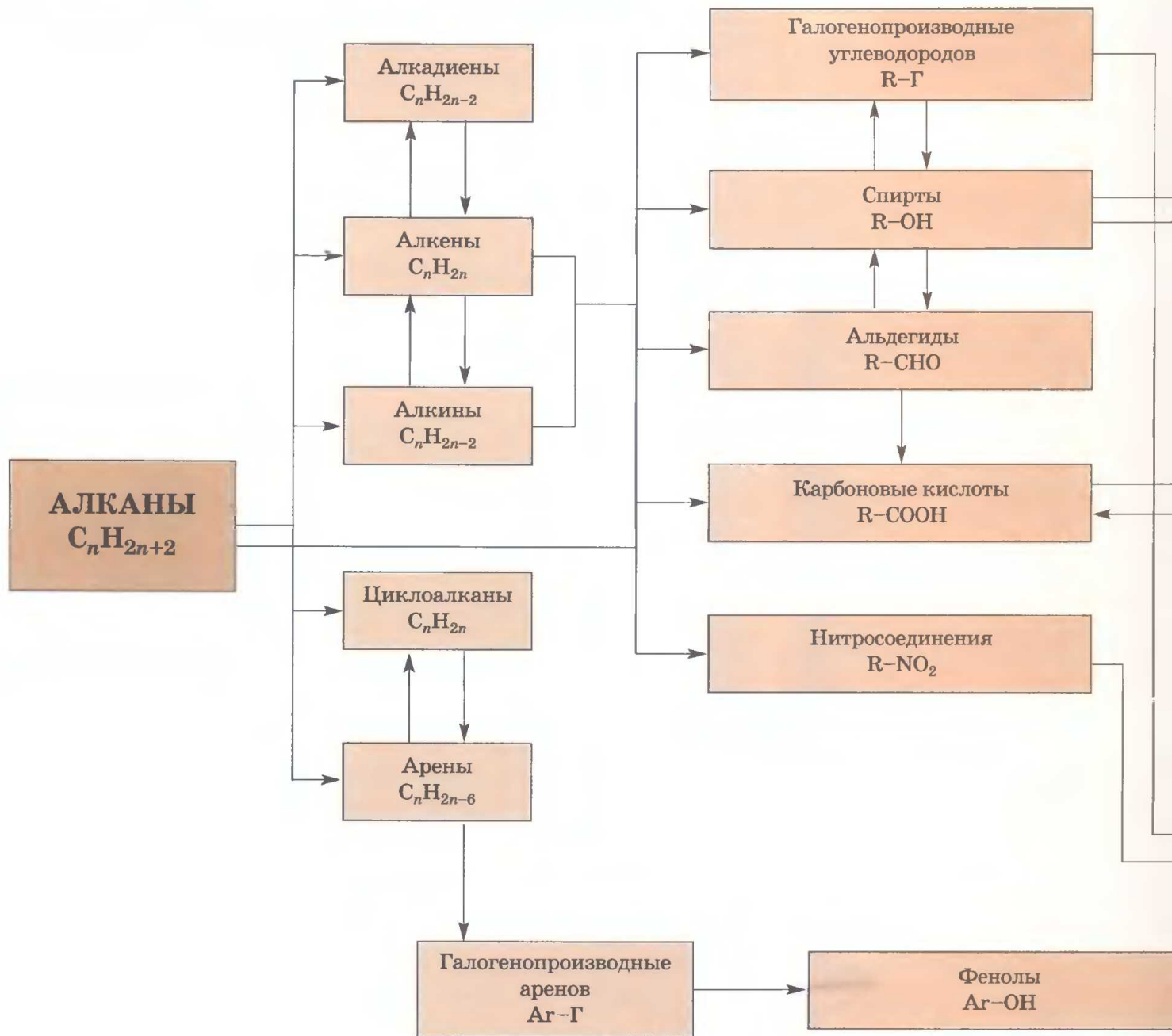
ООО «Торгово-издательский дом «Русское слово — РС».
125009, Москва, ул. Тверская, д. 9/17, стр. 5.
Тел.: (495) 969-24-54, 658-66-60.

Отпечатано в ОАО
«Издательство «Советская Кубань»
350000, г. Краснодар, ул. Раппаповская, 106

ISBN 978-5-9932-0295-2



ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ВАЖНЕЙШИМИ КЛАССАМИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ



КАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ВАЖНЕЙШИМИ КЛАССАМИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

