

Г. Е. Рудзитис
Ф. Г. Фельдман

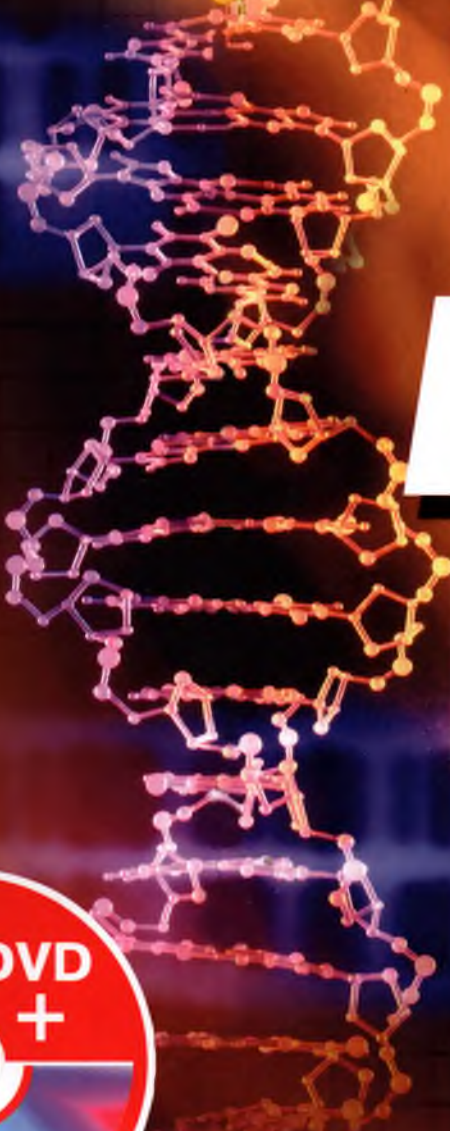
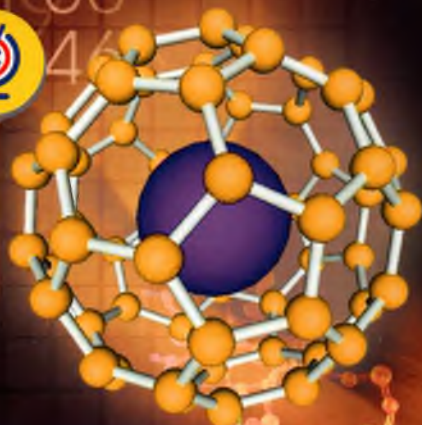
Х10

И

М

И

Я




ПРОСВЕЩЕНИЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

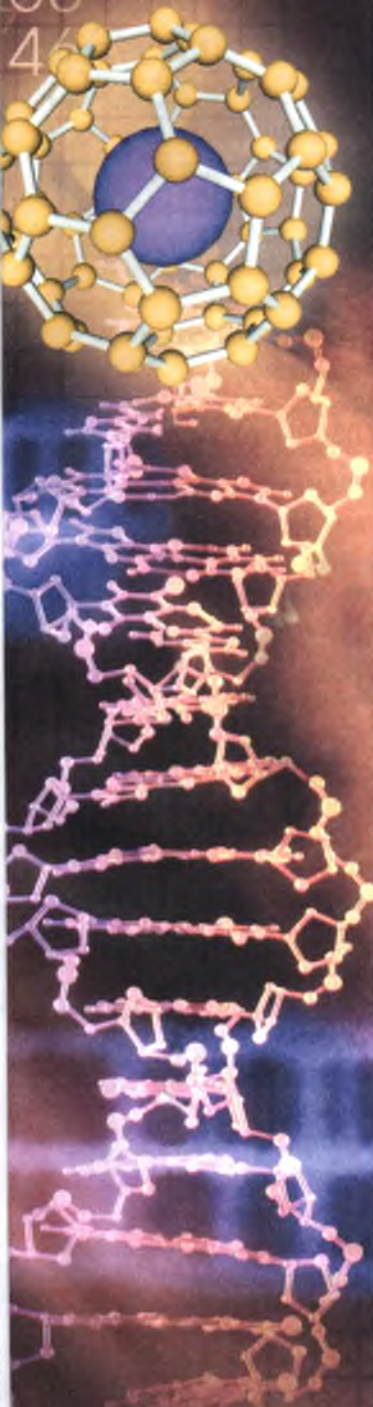
ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																	
		А I Б	А II Б	А III Б	А IV Б	А V Б	А VI Б	А VII Б	А VIII Б	А VIII Б	А VIII Б								
1	1	H ВОДОРОД 1,00794						(H)		He ГЕЛИЙ 4,002602									
2	2	Li ЛИТИЙ 6,941	Be БЕРИЛЛИЙ 9,01218	B БОР 10,811	C УГЛЕРОД 12,011	N АЗОТ 14,0067	O КИСЛОРОД 15,9994	F ФТОР 18,998403	Ne НЕОН 20,179										
3	3	Na НАТРИЙ 22,98977	Mg МАГНИЙ 24,305	Al АЛЮМИНИЙ 26,98154	Si КРЕМНИЙ 28,0855	P ФОСФОР 30,97376	S СЕРА 32,066	Cl ХЛОР 35,453	Ar АРГОН 39,948										
4	4	K КАЛИЙ 39,0983	Ca КАЛЬЦИЙ 40,078	Sc СКАНДИЙ 44,9559	22	Ti ТИТАН 47,88	23	V ВАНАДИЙ 50,9415	24	Cr ХРОМ 51,9961	25	Mn МАРГАНЕЦ 54,9380	26	Fe ЖЕЛЕЗО 55,847	27	Co КОБАЛЬТ 58,9332	28	Ni НИКЕЛЬ 58,69	
	5	29	Cu МЕДЬ 63,546	30	Zn ЦИНК 65,39	31	Ga ГАЛЛИЙ 69,723	32	Ge ГЕРМАНИЙ 72,59	33	As МЫШЬЯК 74,9216	34	Se СЕЛЕН 78,96	35	Br БРОМ 79,904	36	Kr КРИПТОН 83,80		
5	6	Rb РУБИДИЙ 85,4678	Sr СТРОНЦИЙ 87,62	39	Y ИТРИЙ 88,9059	40	Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	41	Nb НИОБИЙ 92,9064	42	Mo МОЛИБДЕН 95,94	43	Tc ТЕХНЕЦИЙ [98]	44	Ru РУТЕНИЙ 101,07	45	Rh РОДИЙ 102,9055	46	Pd ПАЛЛАДИЙ 106,42
	7	47	Ag СЕРЕБРО 107,8682	48	Cd КАДМИЙ 112,41	49	In ИНДИЙ 114,82	50	Sn ОЛОВО 118,710	51	Sb СУРЬМА 121,75	52	Te ТЕЛЛУР 127,60	53	I ИОД 126,9045	54	Xe КСЕНОН 131,29		
6	8	Cs ЦЕЗИЙ 132,9054	Ba БАРИЙ 137,33	57	La-Lu ★	72	Hf ГАФНИЙ 178,49	73	Ta ТАНТАЛ 180,9479	74	W ВОЛЬФРАМ 183,85	75	Re РЕНИЙ 186,207	76	Os ОСМИЙ 190,2	77	Ir ИРИДИЙ 192,22	78	Pt ПЛАТИНА 195,08
	9	79	Au ЗОЛОТО 196,9665	80	Hg РУТУТЬ 200,59	81	Tl ТАЛЛИЙ 204,383	82	Pb СВИНЕЦ 207,2	83	Bi ВИСМУТ 208,9804	84	Po ПОЛОНИЙ [209]	85	At АСТАТ [210]	86	Rn РАДОН [222]		
7	10	Fr ФРАНЦИЙ [223]	Ra РАДИЙ [226]	89	Ac-Lr ★★	104	Rf РЕЗЕРФОРДИЙ [261]	105	Db ДУБНИЙ [262]	106	Sg СИБОРГИЙ [266]	107	Bh БОРИЙ [267]	108	Hs ХАССИЙ [269]	109	Mt МЕЙТНЕРИЙ [268]		
		ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R₂O	RO	R₂O₃	RO₂	R₂O₅	RO₃	R₂O₇	RO₄								
		ЛЕГКИЕ ВОЗДУШНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH₄	RH₃	RH₂	RH									
		* ЛАНТАНОИДЫ	La ЛАНТАН 138,9055	Ce ЦЕРИЙ 140,12	Pr ПРАЗЕОДИМ 140,9077	Nd НЕОДИМ 144,24	Pm ПРОМЕТИЙ [145]	Sm САМАРИЙ 150,36	Eu ЕВРОПИЙ 151,96	Gd ГАДОЛИНИЙ 157,25	Tb ТЕРБИЙ 158,9254	Dy ДИСПРОЗИЙ 162,50	Ho ГОЛЬМИЙ 164,9304	Er ЭРБИЙ 167,26	Tm ТУЛИЙ 168,9342	Yb ИТТЕРБИЙ 173,04	Lu ЛУТЕЦИЙ 174,967		
		** АКТИНОИДЫ	Ac АКТИНИЙ [227]	Th ТОРИЙ 232,0381	Pa ПРОТАКТИНИЙ [231]	U УРАН 238,0289	Np НЕПТУНИЙ [237]	Pu ПУЛТОНИЙ [244]	Am АМЕРИЦИЙ [243]	Cm КЮРИЙ [247]	Bk БЕРКЛИЙ [247]	Cf КАЛИФОРНИЙ [251]	Es ЭЙНШТЕЙНИЙ [252]	Fm ФЕРМИЙ [257]	Md МЕНДЕЛЕВИЙ [258]	No НОБЕЛИЙ [259]	Lr ЛОУРЕНСИЙ [260]		



– металлы
 – неметаллы
[98] – массовые числа наиболее устойчивых разновидностей

50
4/4



Г. Е. РУДЗИТИС Ф. Г. ФЕЛЬДМАН

ХИМИЯ

10 класс

УЧЕБНИК ДЛЯ
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
С ПРИЛОЖЕНИЕМ
НА ЭЛЕКТРОННОМ НОСИТЕЛЕ (DVD)

Базовый уровень

Рекомендовано Министерством образования
и науки Российской Федерации

Москва
«Просвещение»
2014



УДК 373.167.1:54
ББК 24.1я72
Р83



На учебник получены **положительные экспертные заключения** по результатам **научной** (заключение РАН № 10106–5215/67 от 15.10.2013 г.), **педагогической** (заключение РАО № 01–5/7д–325 от 21.10.2013 г.) и **общественной** (заключение РКС № 406 от 07.02.2014 г.) экспертиз.

Рудзитис Г. Е.

Р83 Химия. 10 класс : учеб. для общеобразоват. организаций с прил. на электрон. носителе (DVD) : базовый уровень / Г. Е. Рудзитис, Ф. Г. Фельдман. — М. : Просвещение, 2014. — 224 с. : ил. — ISBN 978-5-09-028570-4.

Данный учебник — основной элемент информационно-образовательной среды учебно-методического комплекта по органической химии для 10 класса. Учебник позволяет обеспечить достижение предметных, метапредметных и личностных результатов образования в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования. Материал учебника организован в соответствии с разными формами учебной деятельности, что даёт возможность отрабатывать широкий спектр необходимых умений и компетенций. Эффективный самоконтроль учащиеся осуществляют с помощью рубрики «Личный результат».

УДК 373.167.1:54
ББК 24.1я72

ISBN 978-5-09-028570-4

© Издательство «Просвещение», 2014
© Художественное оформление.
© Издательство «Просвещение», 2014
Все права защищены

Дорогие друзья!

Вы уже знакомы с важнейшими химическими понятиями, основными законами химии и со свойствами многих классов неорганических соединений. Вы умеете составлять химические формулы и уравнения реакций, решать задачи, проводить химический эксперимент. Эти знания пригодятся вам в этом году, при изучении органических соединений.

Материал учебника распределён по темам, состоящим из отдельных параграфов. Прежде всего познакомьтесь с тем, как построен параграф:

- как выделены основной и дополнительный тексты;
- какова система навигации (для чего служат рубрики и значки);
- как выделены в тексте понятия;
- какие иллюстрации есть в параграфе.

Материал, напечатанный мелким шрифтом, предназначен тем, кто заинтересовался химией и хочет расширить и углубить свои знания.

Основные понятия в конце параграфа нужно запомнить и уметь их объяснять. Их же удобно использовать, когда нужно найти информацию в Интернете.

Требования к освоению материала каждого параграфа сформулированы в рубрике «**Личный результат**». Ориентируясь на них, вы сможете осуществить самоконтроль и оценить свои знания.

Имеющиеся в учебнике схемы и таблицы могут послужить вам многократно — и при изучении и усвоении нового материала, и при повторении и обобщении уже изученного. Если вы что-то забыли, то, взглянув на соответствующую схему или таблицу, вы вспомните самое основное, существенное.

Очень важно правильно организовать самостоятельную учебную работу. Готовясь к урокам, одновременно с чтением материала учебника делайте заметки. Это будет ваш личный информационный ресурс. Заведите папку с файлами или используйте блокнот (обычную тетрадь) либо компьютер. К каждому уроку составляйте краткую схему-конспект. Выпишите главную идею, основные понятия, основные тезисы. Записывайте химические формулы, уравнения реакций, образцы решения задач, полезные ссылки и т. п.

Старайтесь ответить на все вопросы, выполнить упражнения и решить задачи, имеющиеся в параграфе. Контролируйте свой личный результат.

Желаем успеха!

ГЛАВА I

ТЕОРИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ПРИРОДА ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

§1

Предмет органической химии

- Какой элемент лежит в основе всех органических соединений?
- Какие классы органических соединений вам известны?
- С какими органическими соединениями вы сталкиваетесь в быту?

Органические вещества. В 9 классе при изучении химии элемента углерода вы узнали, что такие соединения углерода, как оксид углерода(IV), оксид углерода(II), угольная кислота, карбонаты и ряд других, из-за их свойств относят к неорганическим веществам. А вот *углеводороды* (соединения углерода с водородом) и *производные углеводородов* (спирты, карбоновые кислоты, альдегиды и др.) относят к органическим веществам. Помимо углерода и водорода, в состав молекул органических веществ могут входить кислород, азот, фосфор, сера и галогены.

Определение

Углеводороды и их производные изучает ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ — особый раздел химии.

Выделение органической химии в самостоятельную науку вызвано, во-первых, многочисленностью органических соединений (их число уже превышает 25 млн и продолжает быстро увеличиваться) и, во-вторых, чрезвычайной важностью этих соединений для человека. Достаточно сказать, что из углеводородов состоит нефть — основа современной энергетики и химической промышленности.

Возникает вопрос: *почему органических веществ так много?* Их многообразие связано с тем, что атомы углерода могут соединяться между собой как простой, так и двойной и тройной связью, образуя цепочки разной длины (линейные, разветвлённые и замкнутые). К атомам углерода могут присоединяться атомы или группы атомов других элементов.

Необходимо отметить, что принципиальных различий между органическими и неорганическими веществами не существует. Особенность органических соединений состоит в том, что большинство из них имеет молекулярное строение и, как следствие, низкие температуры кипения и плавления. Почти все органические вещества горючи и разлагаются при нагревании.

Со многими органическими веществами вы знакомы из повседневной жизни: это уксусная и аскорбиновая кислоты, природный газ, бензин, резина, различные пластмассы, шерстяные и хлопчатобумажные изделия, изделия из синтетических волокон и многие другие вещества (рис. 1).

Становление органической химии как науки. В начале XIX столетия все известные вещества делили по их происхождению на две группы: *вещества минеральные* и *вещества органические*. Многие учёные того времени считали, что органические вещества могут образовываться только в живых организмах при помощи особой «жизненной силы». Такие взгляды назывались *виталистическими* (от лат. *vita* — жизнь).

Развитие науки позволило постепенно преодолеть устоявшиеся заблуждения. Так, в 1828 г. немецкий химик Ф. Вёлер впервые получил органическое вещество из неорганического: это была мочевина, которая образуется в организме человека и животных.

Дальнейшие органические синтезы (в 1845 г. немецкий учёный А. Кольбе искусственным путём получил уксусную кислоту, в 1854 г. французский учёный М. Бертло синтезировал жир, а в 1861 г. русский учёный А. М. Бутлеров получил сахаристое вещество) полностью опровергли утверждение виталистов о том, что органические вещества могут образовываться только в живых организмах. (В настоящее время синтезированы не только те органические вещества, которые встречаются в природе, но и такие,



Рис. 1. Ткани состоят из органических веществ

Вёлер Фридрих (1800—1882)

Немецкий химик. Иностраннный член Петербургской АН (с 1853 г.). Его исследования посвящены как неорганической, так и органической химии. Открыл циановую кислоту (1822), получил алюминий (1827), бериллий и иттрий (1828).

каких в природе нет: красители, лекарственные препараты, различные полимеры, искусственные и синтетические волокна и др.)

К середине XIX столетия было установлено, что в состав всех органических веществ входит углерод. Органическую химию стали называть химией соединений углерода.

В 50-е гг. XIX в. в науку вошло понятие «валентность». В 1858 г. немецкий ученый Ф. Кекуле установил, что *углерод в органических соединениях всегда четырёхвалентен*.



Кекуле Фридрих Август (1829—1896)

Немецкий химик-органик. Его исследования были сосредоточены в области теоретической органической химии и органического синтеза. Высказал мысль о валентности как целом числе единиц сродства, которым обладает атом (1857). Углерод считал четырёхосновным (т. е. четырёхвалентным) элементом.

Развитие промышленности и торговли с начала XIX столетия предъявляло всё более высокие требования ко многим отраслям науки, в том числе и к органической химии. Например, нужно было обеспечить текстильную промышленность красителями. Для развития пищевой промышленности необходимо было совершенствовать методы переработки сельскохозяйственных продуктов. Начали разрабатываться новые методы синтеза органических веществ. Но всему этому мешало недостаточное теоретическое обоснование практических задач. Например, учёные не могли объяснить валентность углерода в таких соединениях, как этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 и др. Было непонятно, почему

могут существовать различные вещества с одинаковой относительной молекулярной массой. Например, молекулярная формула глюкозы, как и фруктозы (одной из составных частей мёда), — $C_6H_{12}O_6$. Одинаковую молекулярную формулу C_2H_6O имеют этиловый спирт и диметиловый эфир. Учёные-химики также не могли объяснить, почему два элемента — водород и углерод — могут образовывать такое большое число различных соединений и почему органических веществ существует так много.

К 50-м гг. XIX в. особенно острой стала задача выявления зависимости свойств веществ не только от их состава, но и от строения. Требовалась разработка такой теории, которая смогла бы связать воедино отдельные факты, обобщить и систематизировать накопленный материал. Такой теорией стала *теория химического строения органических соединений*, созданная А. М. Бутлеровым (1861).

Углеводороды. Производные углеводородов. Органическая химия



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Каковы были взгляды виталистов на получение органических веществ?
2. Какие учёные экспериментально доказали ошибочность взглядов виталистов? Кратко охарактеризуйте открытия этих учёных.
3. Какие вещества называют органическими? Какие элементы могут входить в состав органических веществ?
4. Почему органическую химию выделили в отдельный раздел химии?
5. Поясните, какие затруднения возникли в развитии органической химии в середине XIX в.

Тестовые задания

1. Формулы только органических веществ записаны в ряду

- 1) CH_4 , CO_2 , C_2H_6 3) C_2H_4 , Na_2CO_3 , C_3H_8
2) C_2H_2 , C_2H_6 , C_6H_6 4) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, C_2H_2 , CO

2. Первым учёным, синтезировавшим органическое вещество из неорганических, был

- 1) А. М. Бутлеров 3) Ф. Кекуле
2) М. В. Ломоносов 4) Ф. Вёлер



Используя электронное приложение к учебнику, выполните тесты к § 1. Ознакомьтесь с биографиями Й. Я. Берцелиуса, Ф. Вёлера, Ф. Кекуле и А. Кольбе.

Личный результат

Я могу объяснить, почему органическую химию выделили в отдельный раздел химии.

Я знаю основные предпосылки возникновения теории химического строения.

§2

Теория химического строения органических веществ

- Как зависят свойства вещества от строения его кристаллической решётки?
- Как составить структурную формулу вещества?

Бутлеров Александр Михайлович (1828—1886)

Русский химик-органик. Развивал теорию химического строения органических веществ (1861). Предсказал и изучил изомерию множества органических соединений. Синтезировал многие вещества (например, уротропин).

Создание теории строения органических соединений связано с именами химиков XIX в.: Э. Франкланда, Ш. Жерара, Ф. Кекуле, А. Купера и др. Большая роль в развитии этой теории (1861) принадлежит великому русскому учёному Александру Михайловичу Бутлерову (1828—1886). Он подробно разработал понятие о химическом строении веществ, установил, что химическое строение вещества определяет его свойства, и доказал, что его теория позволяет предсказывать существование новых веществ с заданными свойствами.

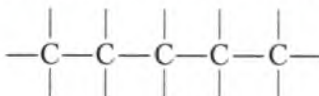
Основные положения теории строения органических веществ

1. Все атомы, образующие молекулы органических веществ, связаны в определённой последовательности согласно их валентностям.

Порядок соединения атомов в молекуле и характер их связей А. М. Бутлеров назвал *химическим строением*. Химическое строение молекулы можно изобразить с помощью структурных формул, учитывающих геометрическое расположение атомов.

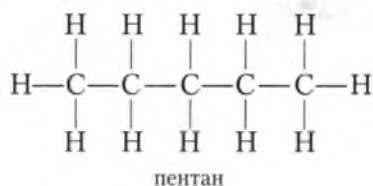
При составлении структурных формул органических веществ учитывают, что в органических соединениях углерод всегда четырёхвалентен, а также то, что его атомы способны образовывать цепи и циклы.

Соединение атомов углерода в цепи можно изобразить так:



Мы получили *углеродный скелет* молекулы.

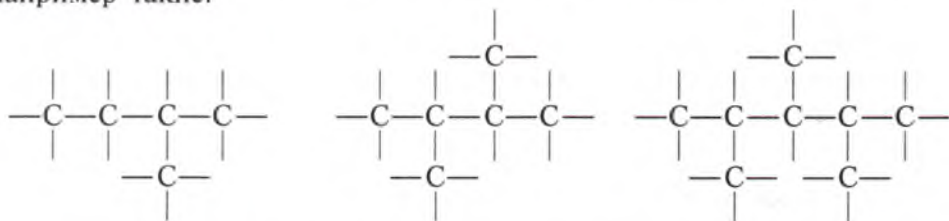
К свободным связям атома углерода присоединяются атомы или группы атомов других элементов, например атомы водорода:



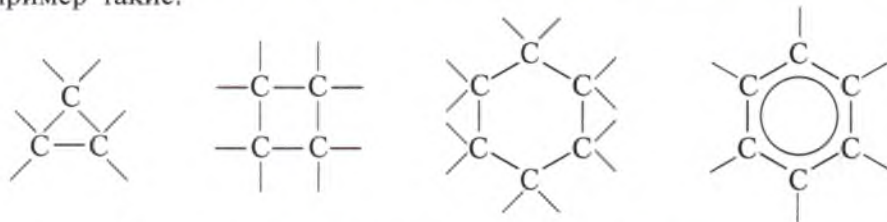
В структурных формулах органических веществ часто не изображают связи между атомами углерода и водорода. Такие формулы называют *сокращёнными структурными формулами*:



Во многих соединениях атомы углерода располагаются вдоль прямой, образуя линейные цепи, как, например, в молекуле пентана. В других соединениях атомы углерода образуют разветвлённые цепи, например такие:



Атомы углерода могут образовывать замкнутые цепи, т. е. *циклы*, например такие:

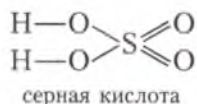


Для изображения строения органических веществ часто используют *шаростержневые* или *объёмные модели* молекул (рис. 2). Эти модели позволяют судить о взаимном расположении атомов, входящих в молекулу. Модели можно изготавливать из пластмассы, пластилина, металла и других материалов. Для каждого элемента установлен свой цвет (С — чёрный, Н — белый, О — красный, N — синий, S — жёлтый и т. д.).

Например, свойства неорганических веществ зависят от строения их кристаллических решёток. Отличия свойств нейтральных атомов от свойств ионов объясняются их электронным строением. В дальнейшем мы убедимся, что органические вещества с одинаковыми молекулярными формулами, но с разным строением различаются по физическим и химическим свойствам.

4. *Атомы и группы атомов в молекулах веществ взаимно влияют друг на друга.*

Как нам уже известно, свойства неорганических соединений, содержащих гидроксогруппы* —ОН, зависят от того, с какими атомами эти группы связаны — с атомами металлов или неметаллов. Так, например, гидроксогруппу содержат как основания, так и кислоты. Однако свойства этих веществ разные; сравните, например, свойства ионного соединения гидроксида натрия и свойства серной кислоты, имеющей молекулярное строение:



В дальнейшем мы убедимся, что органические соединения также могут иметь различные свойства в зависимости от того, с какими атомами или группами атомов связаны гидроксогруппы.

Значение теории строения органических веществ. Разработанная А. М. Бутлеровым теория не только объяснила строение молекул всех известных органических веществ и их свойства. Она позволила предсказать существование неизвестных и новых веществ, найти пути их синтеза. Прошло более 150 лет с тех пор, как была создана теория химического строения органических веществ, но и теперь химики всех стран используют её в своих работах.

На основе этой теории органическая химия стала быстро развиваться как отдельная отрасль науки. В сравнительно короткий срок было синтезировано множество органических соединений и возникли совершенно новые отрасли химической промышленности. Русский учёный Н. Н. Зинин в 1842 г. разработал промышленный метод получения анилина из бензола. Этот метод стал основой для производства синтетических красителей. По методу, разработанному академиком С. В. Лебедевым, в нашей стране в 1932 г. впервые в мире началось промышленное производство синтетического каучука. В развитие нефтяной

* Группу —ОН также называют гидроксильной группой.

промышленности огромный вклад внесли В. В. Марковников (1837—1904) и Н. Д. Зелинский (1861—1953).

В наши дни органической химии принадлежит особая роль в переработке сельскохозяйственных продуктов, природного газа и каменного угля.

С этими и многими другими важными аспектами современной органической химии вы ознакомитесь при её дальнейшем изучении.

Химическое строение. Теория химического строения веществ. Углеродный скелет. Изомерия. Изомеры



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Что А. М. Бутлеров подразумевал под химическим строением вещества? В качестве примеров приведите как органические, так и неорганические вещества.

2. Изложите основные положения теории химического строения органических веществ.

3. На конкретных примерах поясните, что такое изомерия.

4. Приведите примеры из курса неорганической химии, которые доказывают, что свойства веществ зависят от их строения, а строение веществ — от их свойств.

5. Приведите примеры, подтверждающие, что в молекулах атомы или группы атомов влияют друг на друга.

6. Охарактеризуйте научное и практическое значение теории А. М. Бутлерова.



Используя электронное приложение к учебнику, выполните тесты к § 2. Ознакомьтесь с разделом «Это интересно» и с биографиями А. М. Бутлерова, Э. Франкланда, Ш. Жерара и А. Купера.

Личный результат

Я знаю, что нужно учитывать при составлении структурной формулы органического вещества.

Я умею различать три основных типа углеродного скелета: разветвлённый, неразветвлённый и циклический.

Практическая работа 1

Качественное определение углерода, водорода и хлора в органических веществах

- Повторите правила техники безопасности при использовании лабораторного оборудования.
- Что такое качественная реакция?

1. Качественное определение углерода и водорода. В сухую пробирку поместите около 1 г порошка оксида меди(II) и 0,2 г парафина, или бензина, или вазелина. Если в опыте используется парафин, нагрейте пробирку до плавления парафина и затем содержимое её встряхните, чтобы вещества хорошо перемешались.

Пробирку закрепите в штативе в горизонтальном положении (рис. 3) и поместите в неё недалеко от открытого конца немного безводного сульфата меди(II). Пробирку закройте пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опустите в другую пробирку с известковой водой. Содержимое первой пробирки слегка нагрейте и наблюдайте за происходящими изменениями.

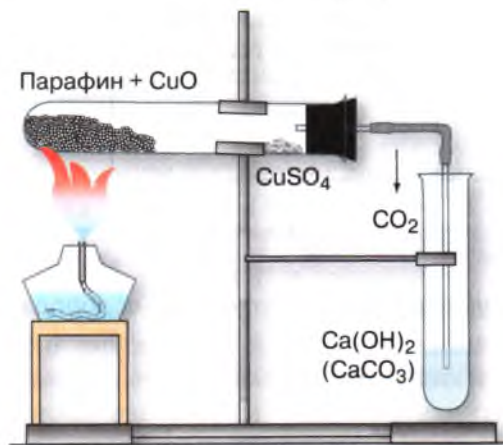


Рис. 3. Качественное определение углерода в органическом веществе

- Почему изменяется цвет сульфата меди(II)? О содержании какого элемента в исследуемом веществе это свидетельствует?
- О содержании какого элемента свидетельствует помутнение известковой воды?
- Что образовалось из оксида меди(II) и какие наблюдения это подтверждают? Напишите уравнения всех реакций, которые происходят при этом. Для парафина используйте его усреднённую формулу $C_{23}H_{48}$.

2. Качественное определение хлора. Возьмите спираль из медной проволоки и прокаливаете её в пламени до тех пор, пока пламя не перестанет окрашиваться в зелёный цвет. Прокалённую спираль опустите в пробирку с тетрахлорметаном или в другое органическое вещество, содержащее хлор, затем вновь поместите спираль в пламя горелки. Наблюдайте зелёное окрашивание пламени, свидетельствующее о наличии хлора во взятом органическом растворителе.

При взаимодействии меди с хлором образуется хлорид меди(II), который окрашивает пламя в зелёный цвет.

- Какой элемент окрашивает пламя в зелёный цвет?

3. Отчёт о работе оформите в виде таблицы.

Что делали (названия опытов, рисунки приборов с обозначениями)	Что наблюдали (ваши наблюдения и соответствующие уравнения реакций)	Выводы

Личный результат

Я могу определить наличие атомов углерода, водорода и хлора в органических веществах.

Состояние электронов в атоме

- Приведите примеры, доказывающие, что атомы имеют сложное строение.
- Какое строение имеют ядра атомов?
- Что называют энергетическим уровнем? Изобразите схемы строения атомов углерода, натрия, хлора и аргона.

При изучении неорганической химии вы узнали, что атом — сложная частица. В центре атома находится положительно заряженное ядро, вокруг ядра располагаются отрицательно заряженные электроны. Ядро атома, в свою очередь, состоит из положительно заряженных протонов и нейтральных частиц — нейтронов.

В нейтральном атоме электроны в зависимости от энергии их связи с ядром распределяются по нескольким *энергетическим уровням*, обозначаемым латинской буквой *n*.



Важная информация

Число энергетических уровней в атоме элемента соответствует номеру периода, в котором находится этот элемент.

Электроны, наиболее прочно связанные с ядром и обладающие наименьшим запасом энергии, находятся на первом энергетическом уровне ($n = 1$).

Максимальное число электронов на энергетическом уровне определяют по формуле

$$N = 2n^2$$

Согласно этой формуле на первом энергетическом уровне ($n = 1$) могут находиться два электрона ($N = 2 \cdot 1^2 = 2$), на втором ($n = 2$) — восемь электронов ($N = 2 \cdot 2^2 = 8$), на третьем ($n = 3$) — восемнадцать электронов ($N = 2 \cdot 3^2 = 18$) и т. д.

Раньше учёные полагали, что электроны вращаются по орбитам вокруг положительно заряженных ядер и удерживаются на определённом расстоянии от них. Теперь доказано, что таких орбит в атомах не существует. На основе расчётов и опытных данных установлено, что электрон может находиться на различных расстояниях от ядра. Удалось также установить *вероятность* пребывания электронов на определённом расстоянии от ядра. Так, в атоме водорода вероятность нахождения электрона у самого ядра равна нулю, при удалении от ядра она

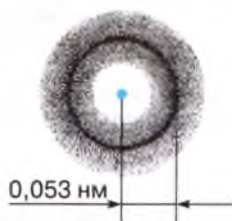


Рис. 4. Сферическая форма электронной орбитали в атоме водорода

быстро возрастает, достигая максимального значения на расстоянии $0,53 \cdot 10^{-10}$ м, а затем постепенно убывает. Пребывание электрона на определённом расстоянии от ядра можно условно изобразить точками. Там, где электрон находится чаще, расположение точек будет более плотным, где реже — менее плотным. В этом случае область нахождения электрона в атоме водорода можно изобразить в виде облака сферической формы, плотность которого наибольшая на расстоянии $0,53 \cdot 10^{-10}$ м от ядра (рис. 4).



Определение

Пространство вокруг атомного ядра, в котором наиболее вероятно нахождение электрона, называют **ОРБИТАЛЬЮ**.

Различают четыре типа орбиталей, которые обозначают латинскими буквами *s*, *p*, *d* и *f*. Каждой орбитали соответствует свой уровень энергии электрона.



Определение

Электроны, которые при движении образуют орбиталь сферической формы, принято называть ***s*-электронами**.

Таким образом, единственный электрон атома водорода — это *s-электрон*. В атоме гелия He имеется уже два *s*-электрона, находящиеся на одной *s*-орбитали. Поэтому возникает вопрос: *как могут два электрона сосуществовать на одной электронной орбитали?* Принято считать, что электроны обладают внутренним свойством, характеризующим их отношение к магнитному полю, — **спином** (от англ. *spin* — веретено). В магнитном поле энергия электрона с одним направлением спина увеличивается, а с противоположным направлением спина уменьшается.



Важная информация

На одной орбитали могут находиться лишь два электрона, обладающие противоположными (антипараллельными) спинами.

Если на орбитали находится один электрон, его называют *неспаренным*, если два, то это *спаренные электроны*. Спаренные электроны имеют противоположно направленные спины.

Расположение электронов в атомах (их *электронные конфигурации*) изображают при помощи *электронных формул*, например:



Более наглядно расположение электронов по орбитальям можно изобразить с помощью *графических электронных формул*:

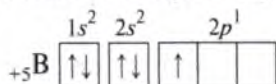


где клетка — орбиталь, стрелка — электрон, разнонаправленные стрелки — электроны с противоположными (антипараллельными) спинами.

У лития Li третий, а у бериллия Be четвёртый электроны располагаются на втором энергетическом уровне. Эти электроны тоже образуют орбитали сферической формы, но большего размера:



У бора B появляется пятый электрон (третий на втором энергетическом уровне):



Этот электрон при движении образует орбиталь, имеющую форму гантели (рис. 5).

Определение

Электроны, которые при движении образуют орбиталь гантелеобразной формы, называют *p-электронами*.

Если за начало осей координат принять центр атомного ядра, то гантелеобразные *p-орбитали* располагаются вдоль координатных осей, как показано на рисунке 5.

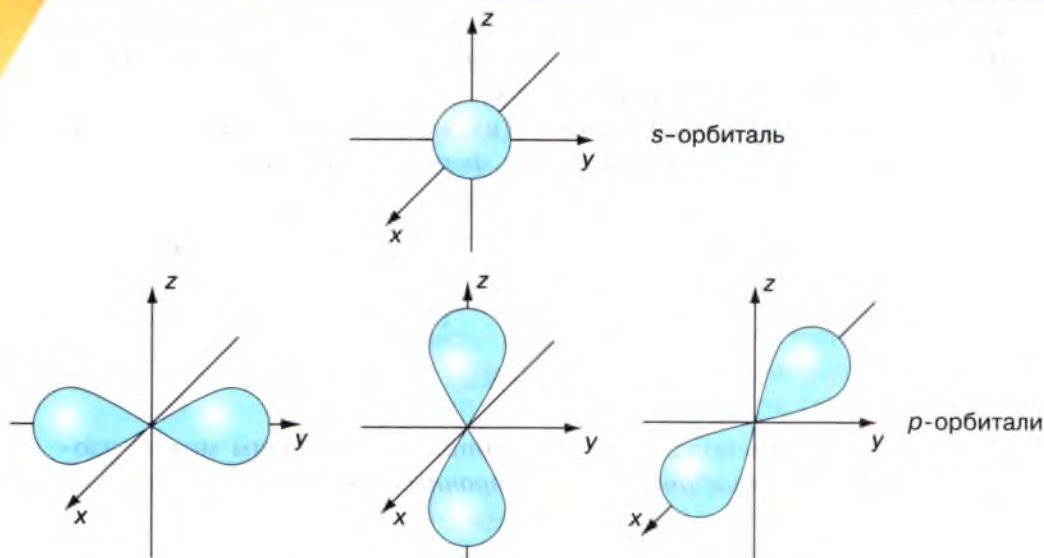
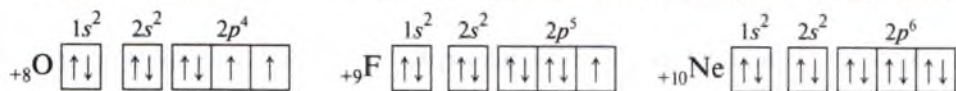


Рис. 5. Возможное расположение s - и p -орбиталей в пространстве

На каждом энергетическом уровне, начиная со второго, могут находиться три p -орбитали. Они взаимно перпендикулярно ориентированы в пространстве вдоль осей x , y , z (p_x , p_y , p_z). В атомах бора В, углерода С и азота N на $2p$ -орбиталях находится по одному электрону. В атомах кислорода О, фтора F и неона Ne происходит спаривание электронов:



Таким образом, на одном и том же энергетическом уровне могут находиться электроны с различной формой орбиталей. Такие электроны отличаются друг от друга энергией связи с ядром. Поэтому принято энергетические уровни делить на *подуровни*. На первом энергетическом уровне имеется один s -подуровень, а на втором — s - и p -подуровни, на третьем — s -, p - и d -подуровни.

Важная информация

Электроны, обладающие различным запасом энергии, могут поглощать или излучать её определёнными порциями — квантами и переходить при этом на другой энергетический уровень.

Согласно современным представлениям электроны в атоме могут обладать только определёнными величинами энергии и переходить с одного энергетического уровня на другой лишь скачком.

Формы d - и f -орбиталей мы рассмотрим в II классе.

Энергетические уровни и подуровни. Электронные орбитали. s -Электроны. p -Электроны. Спин электрона. Спаренные электроны. Электронная конфигурация. Графические электронные формулы



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Что называют атомной орбиталью?
2. Какие электроны называют s -электронами? p -электронами? Изобразите их орбитали.
3. Изобразите электронные конфигурации атомов кислорода и фтора с помощью электронных и графических электронных формул.

Тестовые задания

1. Установите соответствие между электронной формулой атома и его названием.

- | | |
|--------------------------|-----------|
| 1) $1s^2 2s^2 2p^6$ | А. натрий |
| 2) $1s^2 2s^2 2p^3$ | Б. неон |
| 3) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ | В. бор |
| 4) $1s^2 2s^2 2p^1$ | Г. азот |

2. Электронную формулу внешнего слоя $\dots 2s^2 2p^5$ имеет атом элемента

- 1) Cl 2) N 3) F 4) B

3. Электронная формула $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ соответствует частице

- 1) F^- 2) Si^{4+} 3) S^{2-} 4) P^{3+}

Личный результат

Я знаю строение электронных оболочек атомов 1-го и 2-го периодов.

Я умею различать понятия «электронная оболочка» и «электронная орбиталь».

Я могу изображать электронные конфигурации атомов элементов 1-го и 2-го периодов с помощью электронных и графических электронных формул.

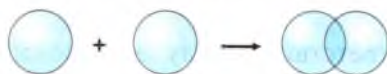
§5

Электронная природа химических связей в органических соединениях

- Какие виды химической связи вам известны?

Способы образования ковалентной связи. Органические соединения отличаются от неорганических в основном тем, что обладают молекулярным строением. Между атомами в их молекулах существуют ковалентные связи с незначительной полярностью. Эти связи образуются в результате перекрывания $s-s$ -, $s-p$ - и $p-p$ -электронных орбиталей.

Чем больше перекрываются электронные орбитали взаимодействующих атомов, тем больше выделяется энергии, а следовательно, тем прочнее химическая связь. При образовании ковалентной связи наибольшее перекрывание наблюдают в случае двух s -орбиталей:



а также s -орбитали и p -орбитали и двух p -орбиталей (рис. 6, а, б).

Определение

Химическую связь, образующуюся в результате перекрывания орбиталей вдоль линии, соединяющей центры ядер двух атомов, называют σ -СВЯЗЬЮ (сигма-связью).

Для p -орбиталей возможен ещё один вид взаимного перекрывания — боковое $p-p$ -перекрывание, в результате которого образуются две области повышенной электронной плотности (рис. 6, в). При этом ни одна из них не лежит на линии, соединяющей центры ядер двух атомов.

Определение

Химическую связь, образующуюся в результате перекрывания орбиталей в двух областях, т. е. вне линии, соединяющей центры ядер атомов, называют π -СВЯЗЬЮ (пи-связью).

Как правило, π -связи менее прочные, чем σ -связи.

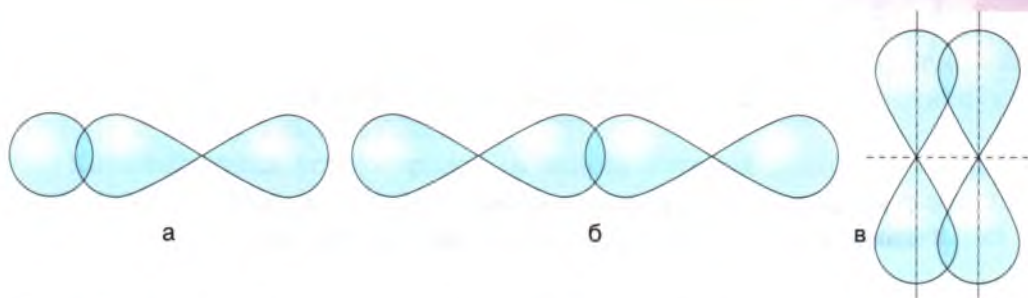


Рис. 6. s - p -Перекрывание в молекуле HCl (а); p - p -перекрывание в молекуле Cl_2 (б); боковое p - p -перекрывание (в)

Природа химической связи была установлена в результате совместного использования расчётных квантово-механических и экспериментальных методов исследования. Большая роль принадлежит двум квантово-механическим методам, наглядно показывающим распределение электронной плотности в молекуле: *методу валентных связей* (ВС), разработанному Л. Полингом, и *методу молекулярных орбиталей* (МО), разработанному в 30-х гг. XX в. Ф. Хундом и Р. Маллиkenом. Оба метода являются приближёнными, и при решении конкретной задачи используют метод, наиболее подходящий для данного случая. Эти методы позволяют, в частности, оценивать способность молекул к химическим реакциям. В данном учебнике при описании строения молекул органических веществ используется метод валентных связей.

π -Связь. σ -Связь. Метод валентных связей



Подумайте, ответьте, выполните...

1. В чём сущность образования ковалентных связей?
2. В чём различие между σ -связью и π -связью?
3. К какому виду по способу перекрывания орбиталей относят связи в соединениях H_2 , I_2 , HCl и H_2O ?



Используя электронное приложение к учебнику, выполните тесты к § 5.

Личный результат

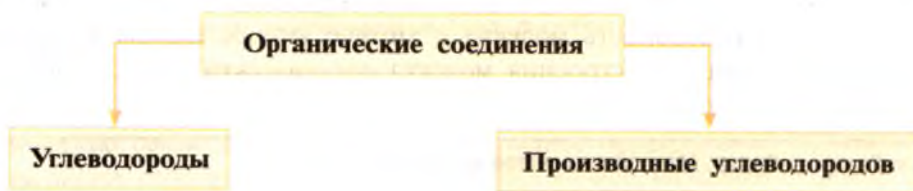
Я умею объяснять механизм образования и особенности σ - и π -связей.

§6

Классификация органических соединений

- С какой целью в науке используют классификацию?
- Какие принципы классификации веществ вам известны?

Так как органических соединений очень много, то необходимо их сгруппировать по определённым классам, т. е. классифицировать. При ознакомлении с простейшими представителями каждого класса соединений можно получить общее представление о соединениях всех классов. Основой классификации органических веществ принято считать вещества, которые состоят только из углерода и водорода. Такие вещества называют углеводородами. Все остальные органические вещества — производные углеводородов. Их можно считать соответствующими продуктами замены одного или нескольких атомов водорода в молекуле углеводорода атомами или даже группами атомов других элементов:



Химией углеводородов и их производных назвал органическую химию в 1871 г. К. Шорлеммер — немецкий химик-органик.

Любая классификация основана на определённых признаках. В основу современной классификации органических соединений положены два важнейших признака:

- строение углеродного скелета молекулы;
- наличие в молекуле функциональных групп.



Определение

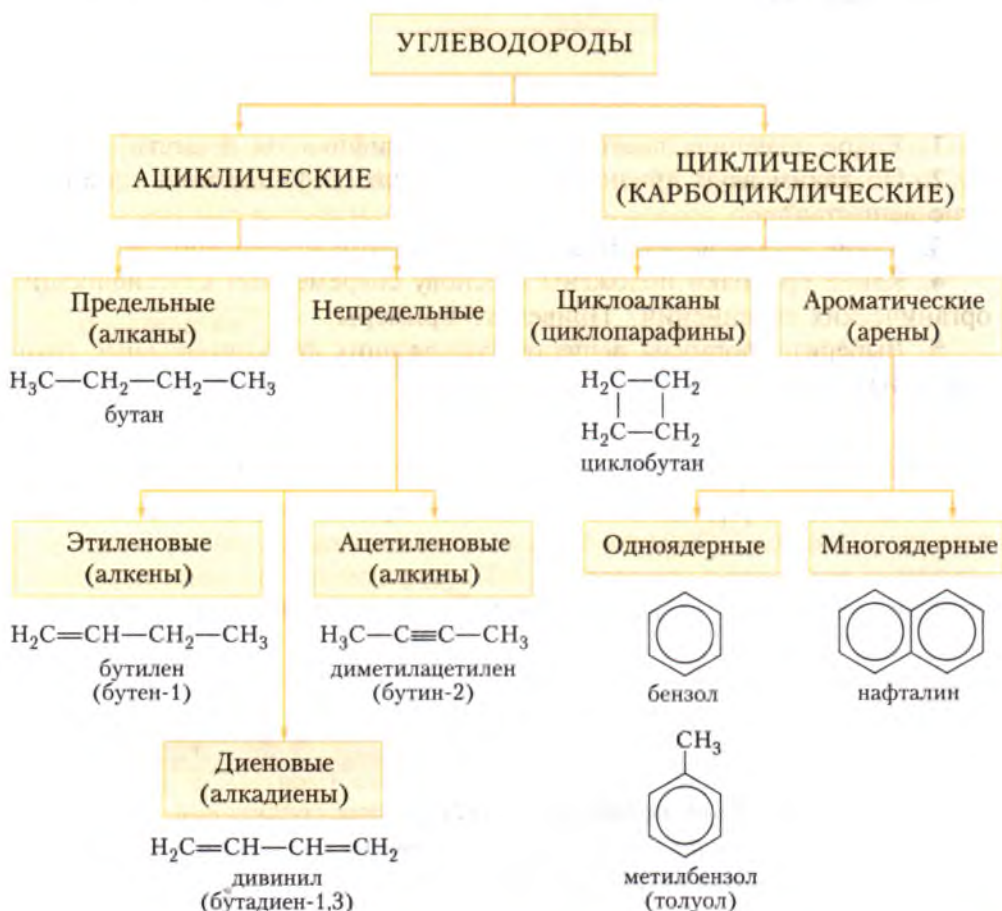
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ГРУППА — это атомы или группа атомов в молекуле вещества, определяющие его химические свойства.

К функциональным группам относят, например, гидроксогруппу (гидроксильную группу) $-\text{OH}$, аминогруппу $-\text{NH}_2$ и др. По функциональным группам определяют принадлежность данного соединения к тому или иному классу веществ.

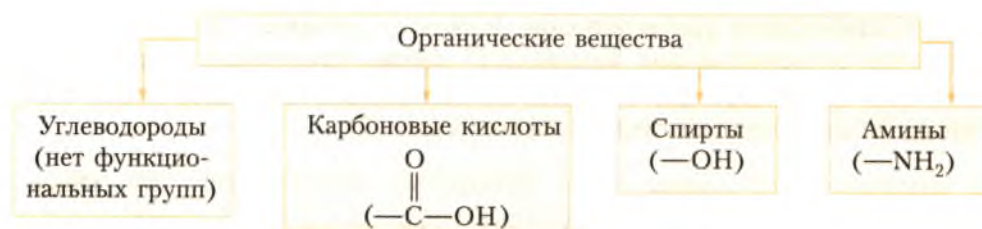
Классификация углеводородов, в основу которой положено их химическое строение и вид химической связи, представлена на схеме 1. Если же за основу классификации взять наличие функциональных групп, то она будет выглядеть иначе (схема 2).

Схема 1

Классификация органических соединений по строению углеродного скелета и по кратности связей



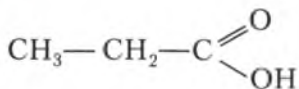
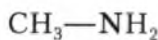
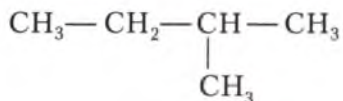
Классификация органических соединений по функциональным группам



Функциональная группа

3 Подумайте, ответьте, выполните...

1. Какое значение имеет в химии классификация веществ?
2. По каким двум признакам принято классифицировать органические вещества?
3. Какие вещества называют производными углеводородов?
4. Какие признаки положены в основу современной классификации органических соединений? Приведите примеры.
5. Выберите формулы веществ, содержащих функциональные группы, и назовите эти группы.



Личный результат

Я знаю принципы классификации органических соединений.

Я могу по структурной формуле органического вещества определить его принадлежность к тому или иному классу.

ГЛАВА II

ПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ — АЛКАНЫ

Электронное и пространственное строение алканов

§7

- Какие вещества называют углеводородами?
- Что показывает структурная формула вещества?
- Что такое электроотрицательность?

Углеводороды — это органические соединения, состоящие из двух элементов — углерода и водорода. Существует огромное количество углеводородов. Вам уже известно строение молекул углеводородов метана CH_4 , пропана C_3H_8 , бутана C_4H_{10} (см. § 2). В молекулах этих веществ валентные возможности углерода и водорода полностью использованы, и атомы других элементов к ним присоединиться не могут.

Определение

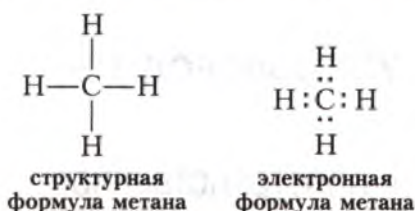
Углеводороды с общей формулой $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, которые не присоединяют водород и другие элементы, называют **ПРЕДЕЛЬНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ** или **АЛКАНАМИ**.

В общей формуле предельных углеводородов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ буква n — целое число, показывающее, сколько атомов углерода содержится в молекуле данного углеводорода. Так, например, в молекуле углеводорода декана содержится 10 атомов углерода. Его молекулярная формула $\text{C}_{10}\text{H}_{2 \cdot 10 + 2}$, т. е. $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$.

Согласно международной номенклатуре (см. § 8) предельные углеводороды называют *алканами*. Исторически сложившееся название предельных углеводородов — *парафины* (от лат. *parrum affinis* — не обладающие сродством) связано с тем, что по сравнению с другими углеводородами они относительно менее активны (не взаимодействуют ни с кислотами, ни со щелочами).

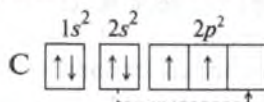
Простейшим представителем алканов является метан.

Строение молекулы метана. Молекулярная формула метана CH_4 :

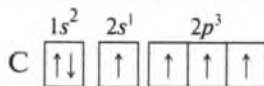


Так как атом углерода имеет большую электроотрицательность (2,5), чем атом водорода (2,1), то в молекуле метана происходит незначительное смещение общих электронных пар в сторону атома углерода.

Чтобы выяснить пространственное строение молекулы метана, необходимо вспомнить о формах электронных орбиталей и размещении электронов по энергетическим уровням и подуровням. Например, строение атома углерода изображают следующей схемой:



Так как на p -подуровне второго энергетического уровня имеется свободная орбиталь, то её может занять один из $2s$ -электронов:



В результате все четыре наружных электрона второго энергетического уровня в атоме углерода окажутся неспаренными. Такое состояние атома углерода называют *возбуждённым состоянием*.

Важная информация

Атом углерода в возбуждённом состоянии становится четырёхвалентным.

В молекуле метана к атому углерода присоединяются четыре атома водорода. Можно предположить, что четыре ковалентные связи, которые образует углерод с водородом, будут неравноценными: одна связь образована $s-s$ -орбиталями и три связи — $s-p$ -орбиталями. Однако экспериментально доказано, что все связи $\text{C}-\text{H}$ в метане равноценны и направлены к вершинам правильного тетраэдра под углом $109^\circ 28'$.

Чтобы объяснить этот факт, используют представления о *гибридизации s - и p -орбиталей* в атоме углерода (рис. 7, а, б).

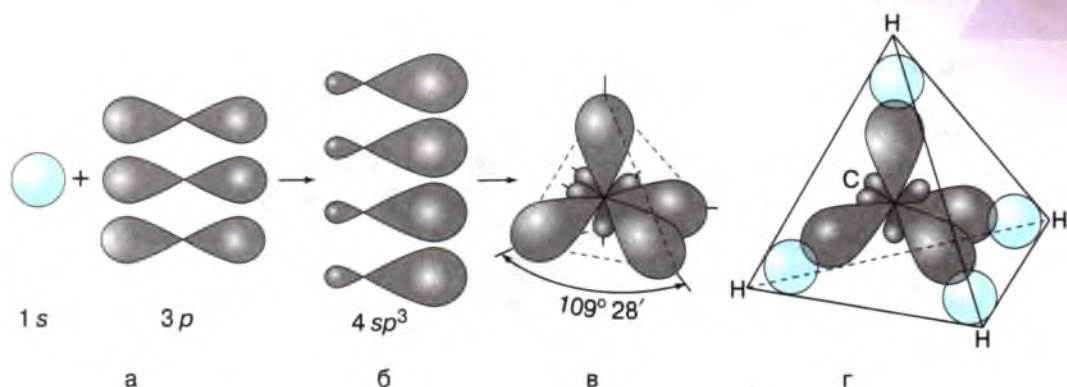


Рис. 7. Схема выравнивания (гибридации) одной s - и трёх p -орбиталей в атоме углерода (а, б) и расположение гибридных орбиталей в пространстве (в); перекрытие гибридных орбиталей атома углерода с s -орбиталями атомов водорода в молекуле метана (г)

Определение

Гипотетический процесс «смешивания» разных, но близких по энергии орбиталей данного атома с возникновением того же числа новых гибридных орбиталей, одинаковых по форме и энергии, называют **ГИБРИДИЗАЦИЕЙ АТОМНЫХ ОРБИТАЛЕЙ**.

Гибридные электронные орбитали атома углерода благодаря взаимному электростатическому отталкиванию располагаются в пространстве так, что их оси оказываются направленными к вершинам тетраэдра (рис. 7, в). Вершины этих гибридных орбиталей перекрываются с орбиталями электронов атомов водорода (рис. 7, г), образуя σ -связи. Так как в этом случае в гибридизации участвуют один s -электрон и три p -электрона, то такой её вид называют *sp^3 -гибридизацией*.

Электронное и пространственное строение молекул других представителей предельных углеводородов сходно со строением молекулы метана. В молекуле этана C_2H_6 образуется семь σ -связей: одна σ -связь между двумя атомами

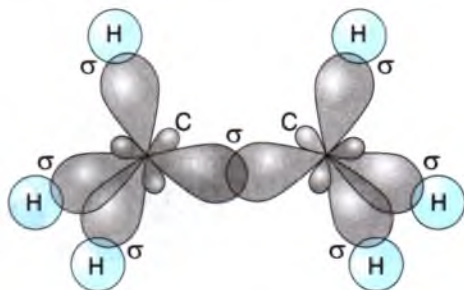


Рис. 8. Образование молекулы этана

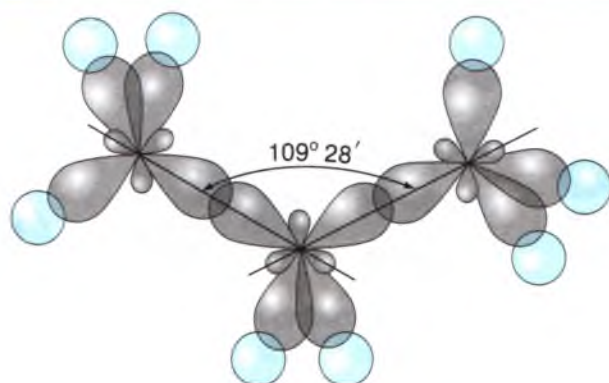


Рис. 9. Направление химических связей в молекуле пропана

углерода за счёт перекрывания двух гибридных электронных орбиталей и шесть σ -связей за счёт перекрывания электронных орбиталей между атомами углерода и водорода (рис. 8).

Так как гибридные электронные орбитали атомов углерода направлены к вершинам тетраэдра, то при образовании молекулы пропана C_3H_8 направление химической связи между вторым и третьим атомами углерода не может совпадать с направлением связи между первым и вторым атомами углерода. Образуется угол $109^\circ 28'$ (рис. 9). Такие же углы существуют между четвёртым, пятым и другими атомами углерода. Углеродная цепь поэтому принимает *зигзагообразную форму* (рис. 10), но при изображении структурных формул эти углы не показывают ($CH_3-CH_2-CH_3$ и т. д.).

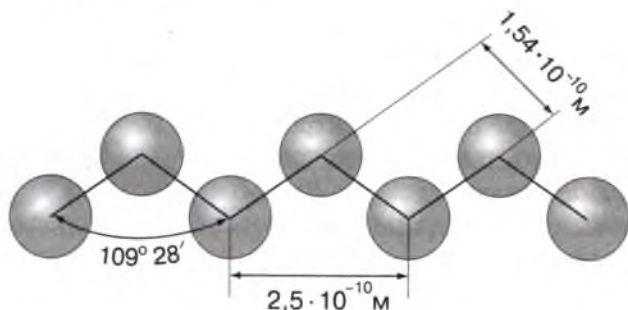


Рис. 10. Зигзагообразная форма углеводородной цепи

Лабораторный опыт. *Изготовление моделей молекул углеводородов*

Изготовьте шаростержневые модели молекул указанных ниже веществ из пластилина и деревянных или металлических стержней (можно использовать спички).

Модель молекулы метана. Из пластилина одного цвета изготовьте четыре шарика одинакового размера. Из пластилина другого цвета изготовьте шарик с диаметром в 1,5 раза больше диаметра предыдущих. На поверхности шарика большего размера (атом углерода) примерно на одинаковых расстояниях наметьте четыре точки. В отмеченных местах вставьте стержни, к концам которых присоедините четыре маленьких шарика (атомы водорода).

- Почему для изготовления моделей молекул требуются шарiki различных размеров?

Модель молекулы пропана. Из пластилина одного цвета изготовьте восемь шариков одинакового размера. Из пластилина другого цвета изготовьте три шарика, диаметр которых в 1,5 раза больше диаметра предыдущих. Три шарика большего размера (атомы углерода) при помощи стержней соедините между собой под углом примерно 109° .

В соответствии со структурной формулой пропана к шарикам большего размера при помощи стержней присоедините восемь шариков меньшего размера, которые условно изображают атомы водорода.

Модель молекулы 1-хлорпропана. С одного стержня модели молекулы пропана снимите один маленький шарик (атом водорода). Вместо него прикрепите шарик другого цвета (атом хлора), диаметр которого примерно в 2 раза больше диаметра маленького шарика.

- Какое из основных положений теории А. М. Бутлерова вы использовали при изготовлении моделей молекул?
- Почему при изготовлении модели молекулы пропана атомы углерода нужно соединять под углом примерно 109° ?

Предельные углеводороды (алканы). Возбуждённое состояние атома углерода. Гибридизация атомных орбиталей



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Как распределены электроны по энергетическим уровням и подуровням в атоме углерода? Почему в атоме углерода возможно расщепление $2s$ -электронов?

2. Изобразите структурные формулы метана и этана. Поясните, как образуются химические связи в молекулах этих веществ при перекрывании соответствующих электронных орбиталей.

3. Опытным путём доказано, что молекула метана имеет тетраэдрическую форму. Как этот экспериментальный факт объясняют представления о формах электронных орбиталей и их гибридизации?

4. Какие соединения называют предельными углеводородами или алканами? Приведите примеры.

5. Вычислите, во сколько раз пропан легче или тяжелее воздуха. Чему равна масса (в г) 1 л пропана (н. у.)?

6. Какой объём (в м^3) оксида углерода(IV) образуется при сжигании: а) 5 м^3 этана; б) 5 кг этана (н. у.)?

7. Какой объём кислорода и какой объём воздуха потребуются для сжигания 67,2 м^3 бутана (н. у.)?

Тестовые задания

1. Алкан, молекула которого содержит семь атомов углерода, имеет формулу

- 1) C_7H_{14} 2) C_7H_{16} 3) C_7H_{12} 4) C_7H_8

2. Формулы только алканов записаны в ряду

- 1) C_2H_4 , C_3H_6 , C_4H_8 3) C_2H_2 , C_3H_4 , C_4H_6
2) C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} 4) C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6

3. Число π -связей в молекуле этана равно

- 1) 5 2) 7 3) 10 4) 11

Личный результат

Я могу объяснить пространственное строение молекул алканов на основе представлений о гибридизации орбиталей атома углерода.

Я умею изготавливать модели молекул алканов, руководствуясь теорией химического строения органических веществ.

Гомологи и изомеры алканов

- Какие вещества называют углеводородами?
- Какова общая формула алканов (предельных углеводородов)?
- Что такое изомерия?
- Чем определяется многообразие углеводородов?

Гомологический ряд метана. Существует много углеводородов, сходных с метаном. В их молекулах имеются два, три, четыре и более атомов углерода. *Каждый последующий углеводород отличается от предыдущего группой атомов CH_2 .* Например, если мысленно к молекуле метана CH_4 добавить группу CH_2 (группу CH_2 называют *гомологической разностью*), то получается следующий углеводород — этан C_2H_6 и т. д. Эти соединения называют *гомологами*.

**Определение**

ГОМОЛОГИ — это органические соединения, сходные по своему строению и свойствам, но отличающиеся друг от друга по составу на одну или несколько групп CH_2 .

Ряд органических соединений, образованный гомологами, называют *гомологическим рядом*. Все углеводороды в этом гомологическом ряду имеют одинаковое строение и обладают сходными химическими свойствами. Физические свойства гомологов могут различаться (табл. 1).

Таблица 1

Гомологический ряд алканов

Формула	Название	Температура кипения ($^{\circ}\text{C}$) и состояние при нормальных условиях	Радикал	Название радикала		
CH_4	Метан	-161,6	CH_3-	Метил		
C_2H_6	Этан	-88,6		C_2H_5-	Этил	
C_3H_8	Пропан	-42,1			C_3H_7-	Пропил
C_4H_{10}	Бутан	-0,5				C_4H_9-
C_5H_{12}	Пентан	+36,07	$\text{C}_5\text{H}_{11}-$			
C_6H_{14}	Гексан	+68,7		$\text{C}_6\text{H}_{13}-$		
C_7H_{16}	Гептан	+98,5			$\text{C}_7\text{H}_{15}-$	
C_8H_{18}	Октан	+125,6				$\text{C}_8\text{H}_{17}-$
C_9H_{20}	Нонан	+150,7	$\text{C}_9\text{H}_{19}-$			
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	Декан	+174,0		$\text{C}_{10}\text{H}_{21}-$		

Номенклатура и изомерия. Так как углеводородов (в том числе предельных) очень много, то для них Международным союзом теоретической и прикладной химии* (сокращённо ИЮПАК) принята специальная *номенклатура* (правила составления названий). Она была уточнена в 1979 г. Чтобы пользоваться этой международной номенклатурой, необходимо более подробно ознакомиться с понятием «радикал».

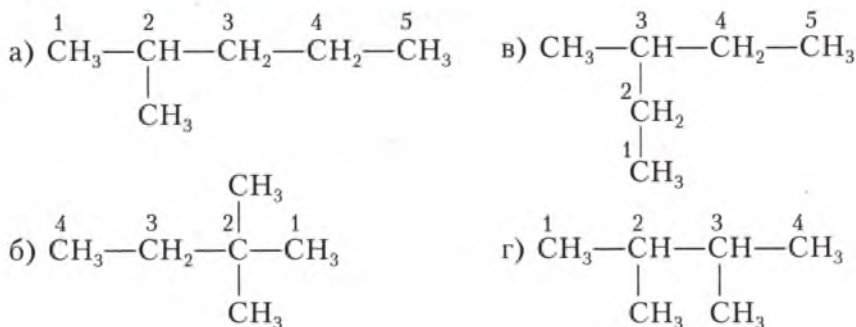
В таблице 1 даны формулы десяти первых предельных углеводородов. Если мысленно вычесть из их формул по одному атому водорода, то получатся формулы групп атомов с неспаренными электронами, которые называют *радикалами*. Названия радикалов образуют от названий соответствующих углеводородов путём изменения суффикса **-ан** на суффикс **-ил**, например: метил CH_3- , этил CH_3-CH_2- , пропил $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ и т. д. С радикалами предельных углеводородов мы будем встречаться и в дальнейшем.

Многочисленность углеводородов объясняется не только явлением гомологии, но и явлением *изомерии углеродного скелета* (он может быть линейным или разветвлённым). С возрастанием числа атомов углерода в молекуле число изомеров резко увеличивается. Так, например, у бутана их два, у пентана три, у гексана пять, а у декана $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ уже 75.

Для составления названий предельных углеводородов с разветвлённой цепью принимают, что в их молекулах все или часть атомов водорода замещены радикалами. Чтобы дать название какому-либо углеводороду, придерживаются определённого порядка.

Правила составления названий алканов

1. *Выбирают в формуле наиболее длинную углеродную цепь и символы атомов углерода в ней нумеруют начиная с того конца цепи, к которому ближе разветвление:*



* International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC).

Метан – простейший представитель алканов

● Что такое синтез-газ? Как его получают и используют?

Нахождение в природе. Простейший представитель предельных углеводородов — метан — образуется в природе в результате разложения остатков растительных и животных организмов без доступа воздуха. Этим объясняется появление пузырьков газа в заболоченных водоёмах. Иногда метан выделяется из каменноугольных пластов и накапливается в шахтах. Молекулы метана могут скапливаться также внутри ледяных кристаллов в толще вечной мерзлоты (рис. 11).

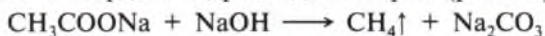
Метан составляет основную массу природного газа (80—97 %). Он содержится и в газах, выделяющихся при добыче нефти. В состав природного газа и нефтяных газов входят также этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10} и некоторые другие. Газообразные, жидкие и твёрдые предельные углеводороды содержатся в нефти.



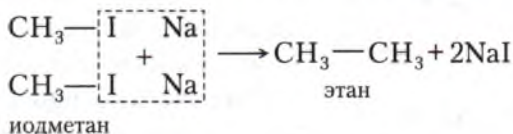
Рис. 11. В снегах вечной мерзлоты сосредоточены большие запасы метана

См. § 17

Получение. В лаборатории метан получают при сплавлении ацетата натрия CH_3COONa с твёрдым гидроксидом натрия (рис. 12):



Этан и другие предельные углеводороды с более длинной углеродной цепью можно получить при взаимодействии однородных галогенопроизводных предельных углеводородов с металлическим натрием:



Первым эту реакцию в 1855 г. осуществил французский химик Ш. Вюрц (реакция Вюрца).

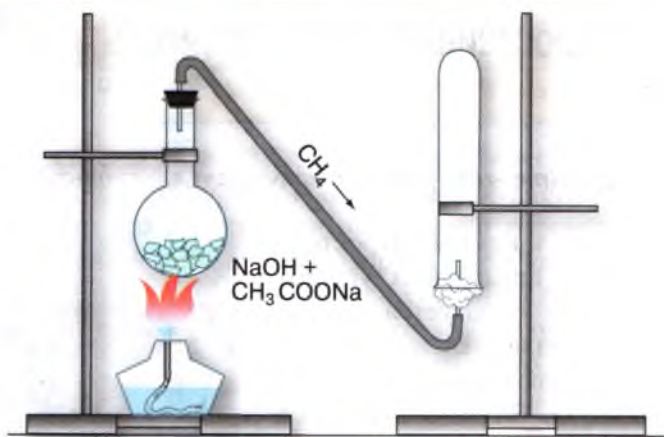


Рис. 12. Получение метана в лаборатории

Физические свойства. Метан — газ без цвета и запаха, почти в 2 раза легче воздуха, малорастворим в воде. Этан, пропан, бутан при нормальных условиях — газы, неразветвлённые углеводороды от пентана до декана — жидкости, а следующие гомологи — твёрдые вещества (рис. 13).

Газообразные углеводороды под давлением могут находиться в жидком состоянии и при обычной температуре. Это свойство используют при транспортировке сжиженного природного газа.

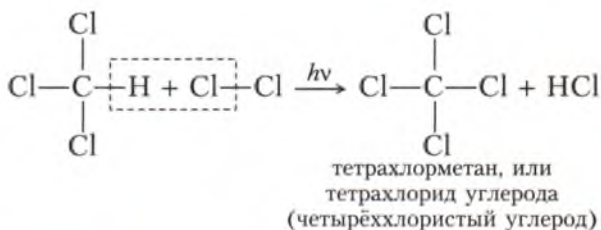
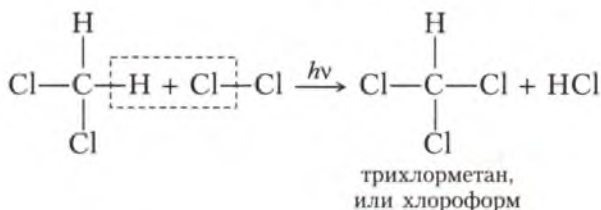
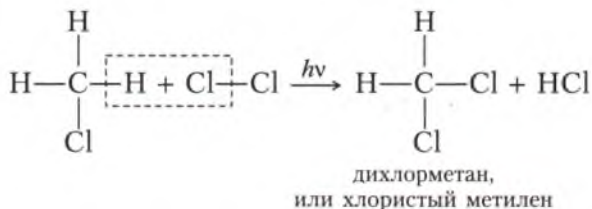
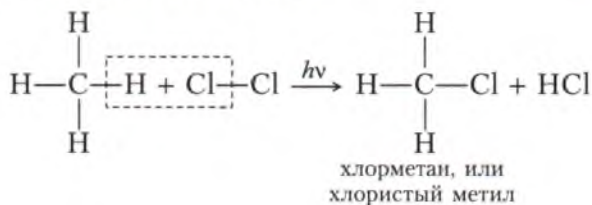
По данным таблицы 1 (см. с. 31) видно, как с увеличением относительных молекулярных масс предельных углеводородов закономерно повышаются их температуры кипения.

Химические свойства. 1) Для предельных углеводородов наиболее характерна реакция замещения водорода галогенами — реакция галогенирования.



Рис. 13. Зависимость агрегатного состояния алканов от длины углеводородного скелета их молекул

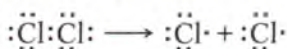
Так, например, при освещении метан реагирует с хлором (при сильном освещении может произойти взрыв):



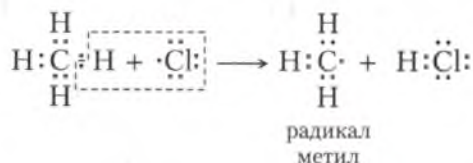
Важная информация

В уравнениях реакций с участием органических веществ принято ставить не знак равенства, а стрелку (чтобы не спутать знак равенства с двойной связью).

Механизм реакций предельных углеводородов с галогенами довольно сложный. При поглощении световой энергии молекулы хлора распадаются на атомы:



Атомы хлора с одним неспаренным электроном химически очень активны. При их столкновении с молекулой метана происходит реакция, в результате которой образуется свободный, химически очень активный радикал метил:



Активность радикала метила тоже объясняется наличием неспаренного электрона (неиспользованной валентности).



Определение

Частицы, имеющие неспаренные электроны и обладающие в связи с этим неиспользованными валентностями, называют СВОБОДНЫМИ РАДИКАЛАМИ.



Семёнов Николай Николаевич (1896—1987)

Русский физик и физикохимик, академик. Лауреат Нобелевской премии (1956). Научные исследования относятся к учению о химических процессах, катализе, цепных реакциях, теориях теплового взрыва и горения газовых смесей.

Радикал метил (который существует лишь несколько тысячных долей секунды) реагирует с другой молекулой хлора, разрывает связи между атомами и отщепляет свободные атомы хлора с неспаренными электронами. Таким образом образуются новые химические активные частицы, которые вызывают дальнейшие превращения. С такими реакциями мы уже знакомы в курсе неорганической химии (характерный пример — взаимодействие хлора с водородом).

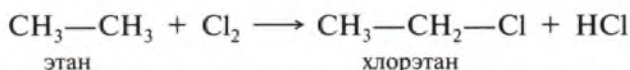


Определение

Реакции, в результате которых происходит цепь последовательных превращений, называют ЦЕПНЫМИ РЕАКЦИЯМИ.

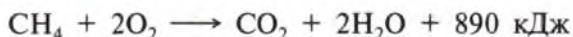
В разработке теории цепных реакций большую роль сыграли труды академика, лауреата Нобелевской премии Н. Н. Семёнова.

Аналогично реагируют с хлором этан, пропан и другие предельные углеводороды:



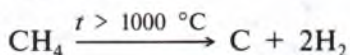
Образовавшиеся вещества называют *галогенопроизводными*. Многие из них используют в качестве растворителей. Так как предельные углеводороды реагируют с галогенами только при повышенной температуре или под воздействием света, бромную воду при обычной температуре они не обесцвечивают.

2) *Все предельные углеводороды горят с образованием оксида углерода(IV) и воды.* Метан горит бесцветным пламенем, с выделением теплоты:

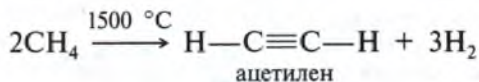


Смесь метана с кислородом (в объёмном отношении 1 : 2) или с воздухом (1 : 10) при поджигании сгорает со взрывом. Взрыв может происходить и при других объёмных отношениях предельных углеводородов с воздухом, поэтому смеси метана, этана, пропана и бутана с воздухом очень взрывоопасны. Такие смеси иногда могут образовываться в каменноугольных шахтах, в заводских котельных, в мастерских и в жилых помещениях.

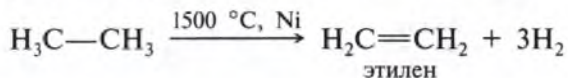
3) *При сильном нагревании (выше 1000 °С) без доступа воздуха предельные углеводороды разлагаются:*



Если метан нагреть до более высокой температуры (1500 °С), то реакция происходит так:

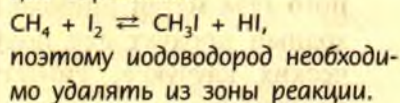


Большое промышленное значение имеет *дегидрирование* предельных углеводородов (отщепление водорода от их молекул):



Образующийся этилен широко используют в производстве спирта, синтетических каучуков, пластмасс и др.

Для галогенирования наиболее часто используют хлор, реже бром. При действии иода реакция обратима:

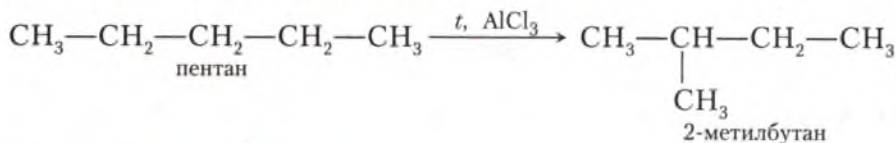




Определение

Реакцию отщепления водорода называют РЕАКЦИЕЙ ДЕГИДРИРОВАНИЯ.

4) Углеводороды нормального строения под влиянием катализаторов и при нагревании подвергаются реакциям изомеризации и *превращаются в углеводороды разветвлённого строения*:



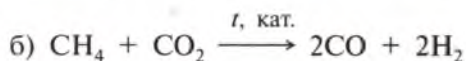
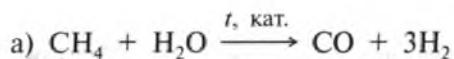
Применение метана очень разнообразно (рис. 14). В виде природного газа метан широко используют в качестве топлива. Метан — исходный продукт для получения метанола, уксусной кислоты, синтетических каучуков, синтетического бензина и многих других ценных продуктов.

Для синтеза многих продуктов в промышленности используется так называемый *синтез-газ*, который получают из метана. Обычно объёмный (молярный) состав этого газа соответствует смеси, состоящей из одного объёма оксида углерода(II) и трёх объёмов водорода ($\text{CO} + 3\text{H}_2$). Для получения синтез-газа из метана обычно используют два процесса,



Рис. 14. Применение метана

протекающие при 800—900 °С и в присутствии катализаторов (Ni, MgO или Al₂O₃):



На производстве часто одновременно проводят обе реакции.

Большое практическое значение имеют и хлорпроизводные метана. Например, хлорметан CH₃Cl — газ, который легко сжижается и при последующем испарении поглощает большое количество теплоты, поэтому его применяют в холодильных установках. Дихлорметан CH₂Cl₂, трихлорметан (хлороформ) CHCl₃ и тетрахлорметан CCl₄ — жидкости, которые используют в качестве растворителей.

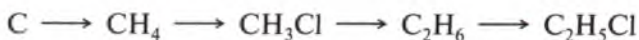
Средние члены гомологического ряда алканов (C₇—C₁₇) применяют как растворители и моторное топливо, высшие алканы — для производства высших жирных кислот, синтетических жиров, смазочных масел и др.

Трихлорметан CHCl₃ (хлороформ) долгое время применяли в медицине для наркоза, а трийодметан CHI₃ (иодоформ) — жёлтый порошок — для ускорения заживления открытых ран.

Реакции замещения (галогенирование), реакции дегидрирования, реакции изомеризации алканов. Ценные реакции. Свободные радикалы. Галогенопроизводные алканов

 **Подумайте, ответьте, выполните...**

1. Где и в каком виде метан встречается в природе?
2. Как опытным путём можно отличить метан от водорода?
- 3*. При каких условиях происходит дегидрирование этана? Напишите уравнение реакции.
4. Как в промышленности из метана получают синтез-газ? Составьте уравнения соответствующих химических реакций.
5. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



6. Составьте конспект ответа, характеризующего метан и этан, заполнив таблицу.

Общая характеристика вещества	Метан	Этан
Молекулярная формула		
Структурная формула		
Электронная формула		
Образование связей		
Нахождение в природе		
Получение:		
а) в лаборатории		
б) в промышленности		
Физические свойства		
Химические свойства		
Применение		

7. При сжигании 4,4 г углеводорода получили 13,2 г оксида углерода(IV). Относительная плотность вещества по воздуху равна 1,52. Определите молекулярную формулу этого вещества.

Тестовые задания

1. При нагревании ацетата натрия с гидроксидом натрия образуется

- 1) бутан 2) метан 3) этан 4) пропан

2*. При взаимодействии хлорметана с натрием образуется

- 1) этилен 2) этан 3) ацетилен 4) метан

3. Для алканов характерны реакции

- 1) присоединения 3) полимеризации
2) замещения 4) обмена

Личный результат

Я могу составлять уравнения химических реакций, характеризующих химические свойства метана и его гомологов.

ГЛАВА III

НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ (АЛКЕНЫ, АЛКАДИЕНЫ И АЛКИНЫ)

§ 10

Непредельные углеводороды.

Алкены: строение молекул,
гомология и изомерия

- На какие классы делят углеводороды (см. схему 2)?
- Какое состояние атома углерода называют возбуждённым?
- Какие вещества называют гомологами? изомерами?

Общая характеристика непредельных соединений. Атомы углерода в молекуле органического вещества могут соединяться друг с другом не только простыми (одинарными) ковалентными связями (C—C), но и двойными связями, образованными двумя парами электронов (C=C), или тройными, образованными тремя парами электронов (C≡C). Двойные и тройные связи называют *кратными связями*.

Определение

Углеводороды, молекулы которых содержат хотя бы одну кратную связь, называют **НЕПРЕДЕЛЬНЫМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ**.

Среди непредельных углеводородов выделяют *алкены* (углеводороды, содержащие двойную связь), *алкадиены* (содержат две двойные связи) и *алкины* (содержат тройную связь) (табл. 2).

Определение

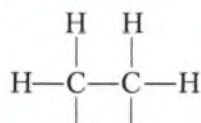
Непредельные соединения, состав которых соответствует общей формуле C_nH_{2n} , относят к **АЛКЕНАМ**.

Простейший представитель алкенов — *этен* C_2H_4 . Историческое название этена — *этилен*, поэтому его гомологический ряд часто называют *рядом этилена*.

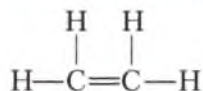
Непредельные углеводороды

Общая формула	Представитель	Число связей
Алкены		
C_nH_{2n}	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ этилен	Одна двойная связь
Алкадиены (диеновые углеводороды)		
C_nH_{2n-2}	$\begin{array}{c} \text{H} & & & & \text{H} \\ & \diagdown & & / & \\ & \text{C}=\text{C} & - & \text{C}=\text{C} & \\ & / & & & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$ бутадиен-1,3	Две двойные связи
Алкины		
C_nH_{2n-2}	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ ацетилен	Одна тройная связь

Электронное и пространственное строение этена. Молекулярная формула этена (этилена) C_2H_4 (рис. 15). С учётом четырёхвалентности атома углерода структурную формулу этилена следовало бы изобразить так:



Однако свободных связей в молекуле не должно быть. Поэтому между атомами углерода изображают двойную связь:



Экспериментально установлено, что в молекулах алкенов одна из связей, составляющих двойную связь, менее прочная, чем другая. Так, например, если пропустить этилен через бромную воду, то происходит её обесцвечивание в результате присоединения к этену атомов брома:

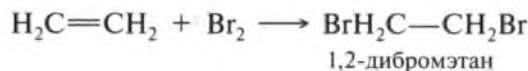




Рис. 15. Объёмная модель молекулы этилена

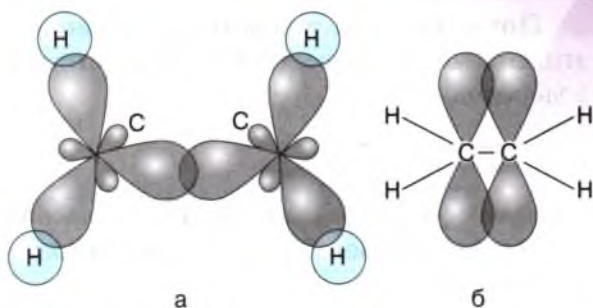


Рис. 16. Образование σ -связей (а) и π -связи (б) в молекуле этилена

Почему в молекуле этилена одна из связей, составляющих двойную связь между атомами углерода, менее прочная? Ответить на этот вопрос можно, основываясь на современных представлениях о σ - и π -связях. Следует также вспомнить, что в атоме углерода в результате расщепления $2s$ -электронов на наружном энергетическом уровне имеются как s -, так и p -электроны, орбитали которых могут подвергаться гибридизации.

Важная информация

В молекуле этилена подвергаются гибридизации одна s - и две p -электронные орбитали атомов углерода — происходит sp^2 -гибридизация.

Таким образом, каждый атом углерода имеет по три (всего шесть) гибридных электронных орбитали (рис. 16, а) и по одной (всего две) негибридной p -орбитали. Две гибридные электронные орбитали (по одной от каждого атома С) перекрываются и образуют между атомами углерода σ -связь. Остальные четыре гибридные орбитали атомов углерода перекрываются в той же плоскости с четырьмя s -орбиталями атомов водорода и также образуют четыре σ -связи. Две негибридные p -орбитали атомов углерода взаимно перекрываются в плоскости, которая расположена перпендикулярно плоскости σ -связей, т. е. образуется одна π -связь (рис. 16, б). Следовательно, в молекуле этилена между атомами углерода имеется одна σ - и одна π -связь. В углеродных соединениях π -связь значительно слабее, чем σ -связь. Под действием реагентов π -связь легко разрывается.

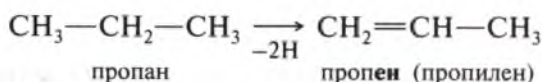
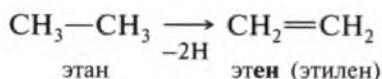
Легко понять, что в молекулах предельных углеводородов атомы углерода могут свободно вращаться вокруг σ -связи. Если же между атомами углерода существует не только σ -связь, но и π -связь, то такое вращение без разрыва последней невозможно.

Номенклатура и изомерия алкенов. Формулы углеводородов ряда этилена можно вывести из соответствующих формул предельных углеводородов.

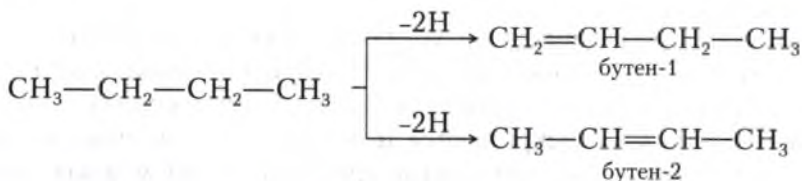


Важная информация

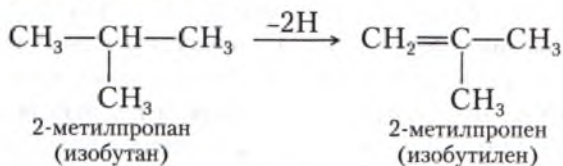
Названия углеводородов ряда этилена образуют путём изменения суффикса **-ан** соответствующего предельного углеводорода на суффикс **-ен** (или **-илен**):



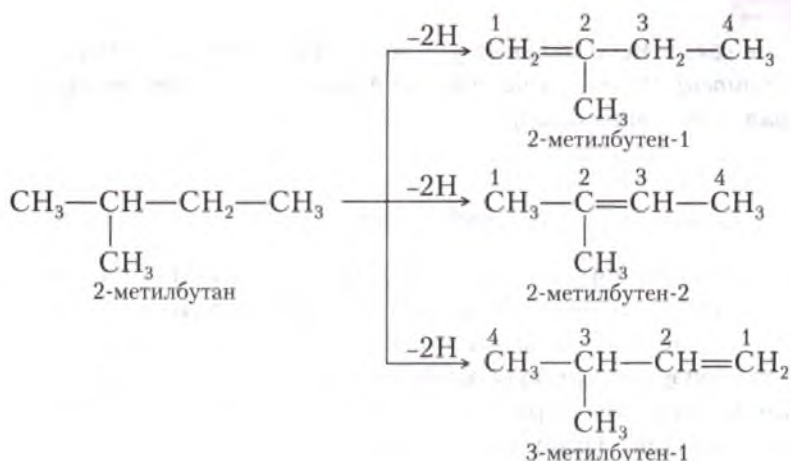
У углеводородов ряда этилена *изомерия проявляется не только в строении углеродного скелета*, как у предельных углеводородов, *но и в положении двойной связи в молекуле*. Так, например, из формулы нормального бутана можно вывести формулы двух непредельных изомеров. Чтобы их назвать, атомы углерода нумеруют начиная с того конца цепи, к которому ближе двойная связь. Положение двойной связи обозначают в конце названия номером того углеродного атома, от которого она начинается:



Из формулы 2-метилпропана (изобутана) можно вывести формулу одного непредельного изомера:



Из формулы 2-метилбутана можно вывести формулы трёх непредельных изомеров:



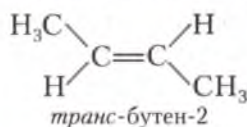
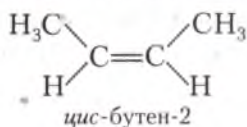
Молекулярные и структурные формулы простейших гомологов этилена даны в таблице 3.

Таблица 3

Простейшие гомологи этилена

Молекулярная формула	Структурная формула	Название
C_2H_4	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	Этилен (этен)
C_3H_6	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$	Пропен
C_4H_8	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$	Бутен-1
C_4H_8	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	Бутен-2
C_4H_8	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	2-Метилпропен

У этиленовых углеводородов возможна также *пространственная изомерия (стереоизомерия)*. Так, например, в молекулах бутена-2 метильные группы в пространстве могут располагаться в двух разных положениях. Если замещающие группы в молекуле изомера находятся по одну сторону двойной связи, то его называют *цис-изомером*, а если по разные — *транс-изомером* (от лат. *cis* — на этой стороне, *trans* — через, на другой):



Кратные связи. Непредельные углеводороды. Алкены. sp^2 -Гибридизация. Этен (этилен). Изомерия положения двойной связи. Пространственная изомерия (стереоизомерия)



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Какие углеводороды называют непредельными и на какие группы их подразделяют? Напишите общую формулу алкенов.
2. На основе современных представлений об электронных орбиталях охарактеризуйте природу химических связей в молекуле этилена.
3. Какие виды изомерии характерны для предельных и непредельных углеводородов? Приведите примеры.
4. Изобразите сокращённые структурные формулы всех углеводородов, молекулярная формула которых C_5H_{10} . Назовите эти соединения.
5. Почему число изомеров у углеводородов ряда этилена больше, чем у предельных углеводородов? Для доказательства составьте формулы изомеров углеводородов с молекулярными формулами C_4H_{10} и C_4H_8 .
6. Какой объём воздуха нужен для сжигания 50 л пропена (н. у.)?

Тестовые задания

1. К алкенам относится углеводород
1) C_6H_6 2) C_6H_{14} 3) C_6H_{12} 4) C_6H_{10}
2. Изомером пентена-1 является
1) пентан 3) 2-метилбутен-1
2) 2-метилбутан 4) 2-метилпентен-1
3. Гомологом пропена является
1) бутен-1 3) ацетилен
2) пропан 4) 2-метилпропан

Личный результат

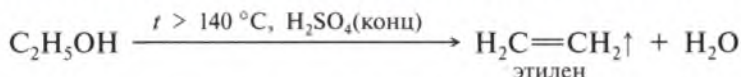
Я могу объяснить пространственное строение молекулы этилена на основе представлений о гибридизации атомных орбиталей углерода.

Я умею изображать структурные формулы алкенов и их изомеров, называть алкены по международной номенклатуре, составлять формулы алкенов по их названиям.

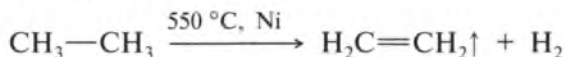
Получение, свойства и применение алкенов

- Наличие каких химических свойств можно предположить у алкенов на основании строения их молекул?

Получение. 1. В лаборатории этилен получают при нагревании смеси этилового спирта с концентрированной серной кислотой:



2. Углеводороды ряда этилена можно получить также дегидрированием предельных углеводородов:



3. На производстве этилен получают из природного газа и при переработке нефти.

Физические свойства. Этилен — бесцветный газ, почти без запаха, немного легче воздуха, плохо растворим в воде. Пропен и бутены при нормальных условиях также газообразны, от пентена C_5H_{10} до октадецена $\text{C}_{18}\text{H}_{36}$ включительно углеводороды находятся в жидком состоянии, а начиная с нонадецена $\text{C}_{19}\text{H}_{38}$ — в твёрдом.

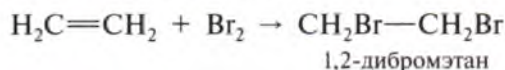
Химические свойства. Химические свойства этилена и его гомологов в основном определяются наличием в их молекулах двойной связи.



Важная информация

Для алкенов характерны реакции присоединения, окисления и полимеризации.

Реакции присоединения. 1) *Этилен и его гомологи вступают в реакцию присоединения с галогенами.* Так, например, они обесцвечивают бромную воду (рис. 17):



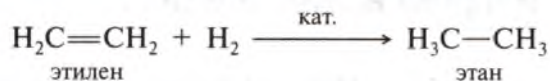
Важная информация

Обесцвечивание бромной воды — качественная реакция на кратные связи.

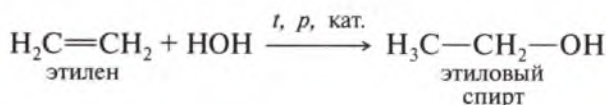


Рис. 17. Обесцвечивание бромной воды этеном

2) Аналогично происходит присоединение водорода (*реакция гидрирования*):

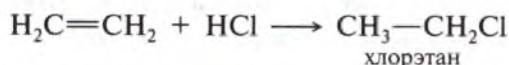
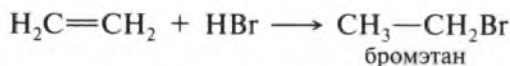


3) В присутствии серной или фосфорной кислоты и других катализаторов этилен присоединяет воду (*реакция гидратации*):



Эту реакцию используют для получения этилового спирта в промышленности.

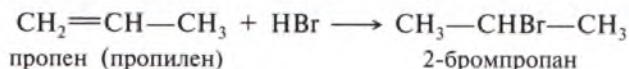
4) *Этилен и его гомологи присоединяют также галогеноводороды:*



Хлорэтан применяют для местной анестезии.

Пропилен и последующие углеводороды ряда этилена реагируют с галогеноводородами согласно *правилу Марковникова*.

! Водород присоединяется к наиболее гидрогенизированному атому углерода, а атом галогена — к наименее гидрогенизированному:



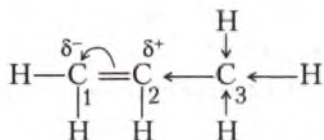
В. В. Марковников (1838—1904)

Русский химик-органик, ученик А. М. Бутлерова. Развил его идеи о взаимном влиянии атомов в молекулах. Открыл новый класс углеводородов — нафтены.

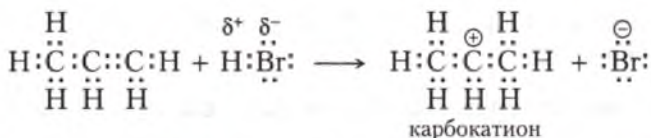
(Наиболее гидрогенизированный означает «связанный с наибольшим числом атомов водорода».) Чтобы объяснить правило Марковникова, выясним, по какому механизму протекают реакции присоединения, характерные для непредельных углеводородов. В качестве примера рассмотрим взаимодействие пропена с бромоводородом.

Как известно, ковалентная связь в молекуле бромоводорода является полярной. Атом водорода в ней имеет частичный положительный заряд, а атом брома — частичный отрицательный заряд. При взаимодействии электроны π -связи непредельного углеводорода притягивают к себе положительно заряженный атом водорода и отталкивают отрицательно заряженный атом брома. Общая электронная пара полностью переходит к атому брома. В результате образуется положительный ион водорода H^+ и отрицательный ион брома Br^- .

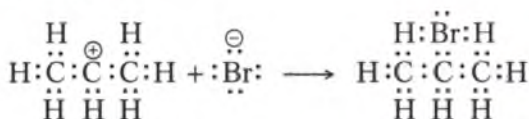
В молекуле пропена в результате сдвига электронной плотности второй атом углерода, который связан с метилрадикалом, заряжен более положительно, чем первый (частичный заряд обозначают греческой буквой δ — дельта):



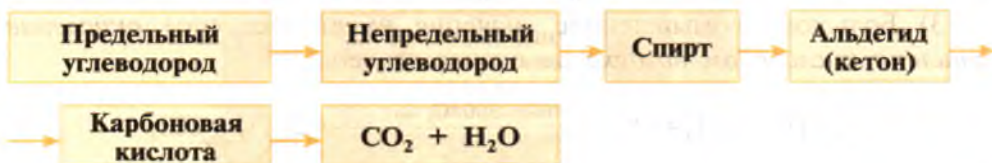
Ион водорода H^+ присоединяется к звену CH_2 , так как здесь скапливается больший отрицательный заряд; образуется органический ион — карбокатион:



Бромид-ион присоединяется к тому атому углерода, который приобрёл положительный заряд:



Реакции окисления. Последовательное окисление органических веществ можно представить в виде следующей цепочки превращений:



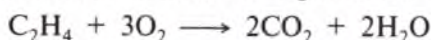
В органической химии трудно определить степени окисления разных атомов в сложном веществе. По этой причине окисление рассматривают обычно как процесс, при котором в результате перехода электронов от органического соединения к окислителю возрастает число (или кратность) кислородсодержащих связей (C—O, N—O, S—O и т. п.) либо уменьшается число водородсодержащих связей (C—H, N—H, S—H и т. п.), например:



При восстановлении органических соединений в результате приобретения электронов происходят обратные процессы, например:



1) *Этилен и его гомологи способны гореть на воздухе:*



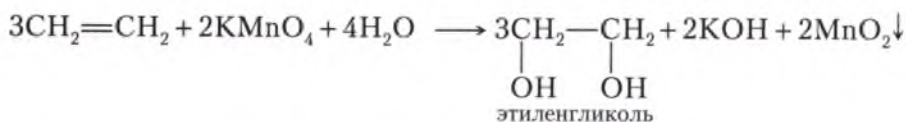
С воздухом этилен и его газообразные гомологи образуют взрывчатые смеси.

2) *Этилен и его гомологи легко окисляются.* При пропускании этилена через раствор перманганата калия раствор обесцвечивается.

 **Важная информация**

Обесцвечивание раствора перманганата калия — качественная реакция на кратные связи.

В слабощелочной среде это происходит согласно уравнению

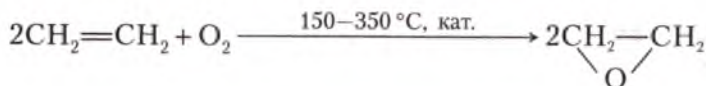


Можно записать это уравнение кратко:



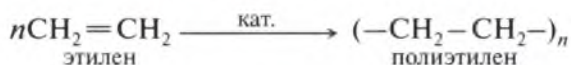
Этиленгликоль широко применяют для производства незамерзающих жидкостей — антифризов, а также синтетического волокна и др.

3) Большое промышленное значение имеет частичное окисление этилена кислородом воздуха до оксида этилена:



Оксид этилена используют для синтеза различных органических веществ, для производства уксусного альдегида, синтетических моющих средств, лаков, пластмасс, синтетических каучуков, волокон и др.

Реакции полимеризации. При повышенной температуре, давлении и в присутствии катализаторов молекулы этилена соединяются друг с другом вследствие разрыва двойной связи:

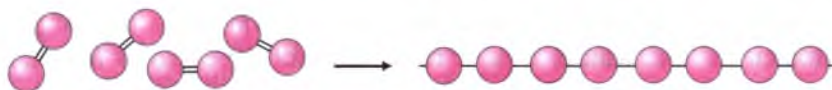


Полиэтилен — соединение, состоящее из молекул, масса которых выражается десятками и сотнями тысяч атомных единиц массы. Такие соединения называют *высокомолекулярными*.

Определение

Процесс соединения одинаковых молекул в более крупные называют РЕАКЦИЕЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ.

Схематично реакцию полимеризации можно изобразить так:



Полимеризацией этилена, а также пропилена получают полиэтилен и полипропилен, из которых изготовляют ценные пластмассы (см. § 42).

Применение этилена показано на рисунке:



Реакции присоединения (гидрирование, галогенирование, гидратация), окисления и полимеризации алкенов. Высокомолекулярные соединения. Качественные реакции на двойную связь

Подумайте, ответьте, выполните...

1. Как получают этилен и углеводороды ряда этилена? Напишите уравнения соответствующих реакций.
2. Какими химическими свойствами обладают этилен и его гомологи? Ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций.
3. Напишите уравнения реакций горения этилена и пропилена и их взаимодействия с бромной водой и раствором перманганата калия.
- 4*. Как пропен и бутены реагируют с галогеноводородами? На этих примерах поясните сущность правила Марковникова.
5. Напишите уравнение реакции полимеризации пропилена.
6. Вычислите: а) какой объём (н. у.) и какую массу этилена можно получить из 160 мл этилового спирта, плотность которого $0,8 \text{ г/см}^3$; б) какой объём абсолютного (безводного) этилового спирта ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$) можно получить из 100 м^3 этилена (н. у.).
7. При пропускании этилена через бромную воду масса раствора увеличилась на 7 г. Какой объём газа вступил в реакцию и какая масса 1,2-дибромэтана образовалась (н. у.)?
8. Какой объём этилена (н. у.) потребуется для получения 126 кг оксида этилена, если массовая доля производственных потерь этилена составляет 0,1?

Тестовые задания

1. Наличие двойной связи позволяет алкенам вступать в реакции
 - 1) присоединения
 - 2) замещения
 - 3) горения
 - 4) полимеризации
2. Этилен **не взаимодействует**
 - 1) с бромной водой
 - 2) с раствором перманганата калия
 - 3) с металлами
 - 4) с водой

Личный результат

Я знаю способы получения алкенов и области их применения.

Я могу составлять уравнения химических реакций, характеризующих химические свойства алкенов.

Практическая работа 2

Получение этилена и опыты с ним

- **Вспомните правила безопасного обращения с концентрированной серной кислотой.**

1. В одну пробирку налейте 2–3 мл этилового спирта и осторожно добавьте 6–9 мл концентрированной серной кислоты. Затем всыпьте немного предварительно прокалённого песка, чтобы избежать толчков жидкости при кипении. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой, закрепите её в штативе (рис. 18) и осторожно нагрейте.

- Какой газ выделяется при нагревании смеси этилового спирта с серной кислотой?

2. В другую пробирку налейте 2–3 мл бромной воды. Опустите газоотводную трубку до дна пробирки с бромной водой и пропустите через неё выделяющийся газ.

3. В третью пробирку налейте 2–3 мл разбавленного раствора перманганата калия, подкисленного серной кислотой, и пропустите через него газ.

- Что происходит при пропускании выделяющегося газа через бромную воду и раствор перманганата калия?

4. Подоignite выделяющийся газ.

- Почему этилен горит более светящимся пламенем, чем метан?

- Чем отличаются свойства этилена от свойств предельных углеводородов? Напишите уравнения соответствующих реакций.

5. **Отчёт о работе** оформите в виде таблицы (см. § 3).

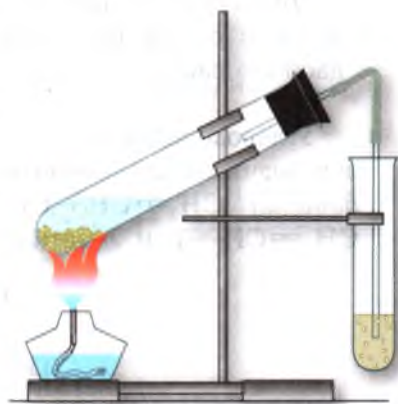


Рис. 18. Получение этилена и его взаимодействие с бромной водой

Личный результат

Я могу получить этилен.

Я умею доказывать непредельный характер этилена с помощью качественной реакции на кратные связи.

§13

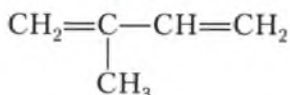
Алкадиены

- Какие связи называют кратными?
- Охарактеризуйте природу σ - и π -связей.

Определение

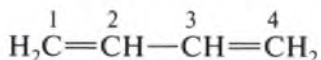
К АЛКАДИЕНАМ (диеновым углеводородам) относят органические соединения с общей формулой C_nH_{2n-2} , в молекулах которых имеются две двойные связи.

Углеводородов с двумя двойными связями очень много. Практически значимыми диеновыми углеводородами являются бутадиен-1,3, или *дивинил* $CH_2=CH-CH=CH_2$ (винилом называют группу атомов $CH_2=CH-$), и 2-метилбутадиен-1,3, или *изопрен*:



У этих диеновых углеводородов двойные связи разделены одной простой (одинарной) связью. Такая группировка связей обладает некоторыми особенностями и называется *сопряжённой*.

Рассмотрим электронное строение диеновых углеводородов на примере молекулы бутадиена-1,3 (дивинила):



Орбитали каждого атома углерода находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Каждый атом углерода имеет по одной негибризованной $2p$ -орбитали. $2p$ -Орбиталь атома C^1 перекрывается с $2p$ -орбиталью атома C^2 , а $2p$ -орбиталь атома C^3 перекрывается с $2p$ -орбиталью атома C^4 (рис. 19, а). Однако и $2p$ -орбитали атомов C^2 и C^3 также перекрываются между собой, правда, это перекрывание несколько меньше, чем перекрывание между атомами C^1 и C^2 и перекрывание между атомами C^3 и C^4 . В результате образуется единое π -электронное облако, распределённое по всей молекуле, т. е. система сопряжённых связей (рис. 19, б). В сопряжённой системе π -электроны уже не принадлежат отдельным двойным связям, они *делокализованы* (рассредоточены) по всем атомам. Здесь нет ни простой, ни двойных связей. Это доказывают и длины связей меж-

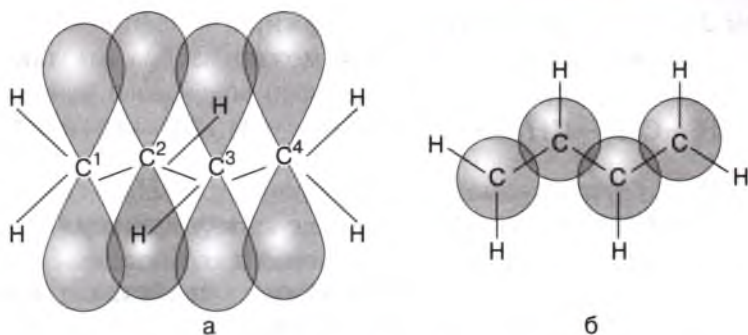
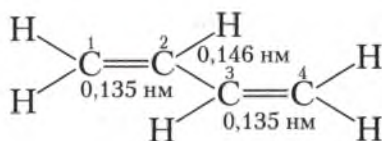


Рис. 19. Схема перекрывания p -орбиталей в молекуле бутадиена-1,3: а — вид сбоку; б — вид сверху

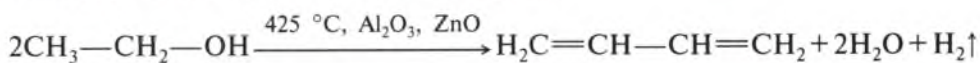
ду атомами углерода (длина связи $C-C$ обычно равна 0,154 нм, связи $C=C$ — 0,133 нм):



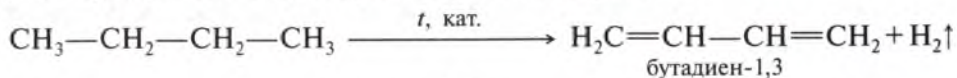
Правильнее было бы изображать молекулу бутадиена-1,3 с тремя равноценными связями:



Получение алкадиенов. В нашей стране производство бутадиена-1,3 началось с 1932 г. Метод получения его из этилового спирта был разработан академиком С. В. Лебедевым. По этому методу этиловый спирт одновременно подвергают дегидратации (отщеплению воды) и дегидрированию (отщеплению водорода):



Но более перспективным методом получения бутадиена является дегидрирование бутана, содержащегося в нефтяных газах. Для этой цели бутан пропускают над нагретым катализатором:



В настоящее время бутадиен-1,3 выделяют также из продуктов переработки нефти. Изопрен, или 2-метилбутадиен-1,3, получают дегидри-



Важная информация

Полимеризацией алкадиенов получают важнейшие полимеры — синтетические каучуки.

Синтетические каучуки, пришедшие на смену натуральному каучуку, характеризуются эластичностью, водонепроницаемостью и электроизоляционными свойствами. Из каучуков получают разные виды резины.

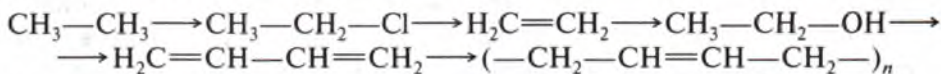
См. § 45

Алкадиены (диеновые углеводороды). Дивинил (бутадиен-1,3). Изопрен (2-метилбутадиен-1,3). Сопряжённые двойные связи. Реакции присоединения (галогенирования) и полимеризации алкадиенов



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Какие соединения относят к диеновым углеводородам?
- 2*. Какие основные способы получения диенов вы знаете? Напишите уравнения реакций.
3. Охарактеризуйте физические и химические свойства бутадиена-1,3. Составьте уравнения соответствующих реакций.
4. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



5. Какую массу 2-метилбутадиена-1,3 можно получить из 180 г 2-метилбутана, если массовая доля выхода продукта реакции составляет 0,89 от теоретического?



В «Задачнике с «помощником» для 10—11 классов (с. 38) ознакомьтесь с алгоритмом решения задач по химическим уравнениям, если одно из реагирующих веществ взято в избытке. Решите задачи 6.13 и 6.14.

Личный результат

Я умею составлять уравнения химических реакций, характеризующих непредельный характер алкадиенов.

- Зная, что в молекуле ацетилена есть тройная связь, предположите, какие химические свойства будут для него характерны.
- Какие качественные реакции на кратные связи вам известны?



Определение

АЛКИНЫ (ацетиленовые углеводороды) — это углеводороды с общей формулой C_nH_{2n-2} , содержащие в молекулах тройную связь между атомами углерода.

Простейший представитель алкинов — *ацетилен* (по международной номенклатуре *этин*). Его молекулярная формула C_2H_2 . Основываясь на теории А. М. Бутлерова, можно установить строение молекулы ацетилена:



Кроме ацетилена, известно много других соединений углерода с водородом, в молекулах которых имеется тройная связь.

Общая формула алкинов такая же, как и общая формула диеновых углеводородов. Это значит, что *изомерия возможна не только в рамках одного класса, но и между соединениями различных классов*. Такую изомерию называют *межклассовой*. Например, бутадиен-1,3 $CH_2=CH-CH=CH_2$ и углеводород ряда ацетилена $CH_3-C \equiv C-CH_3$ являются представителями разных классов органических соединений, но они изомеры, так как их молекулярные формулы одинаковы — C_4H_6 .

Строение молекул. Рассмотрим электронное и пространственное строение молекулы ацетилена.



Важная информация

При образовании молекулы ацетилена у каждого атома углерода гибридизуются одна *s*- и одна *p*-электронные орбитали (*sp*-гибридизация).

В результате этого каждый атом углерода приобретает по две гибридные электронные орбитали, а две *p*-электронные орбитали остаются негибридными. Две гибридные электронные орбитали (от каждого атома по одной) взаимно перекрываются, и между атомами углерода образуется σ -связь. Остальные две гибридные электронные орбитали

перекрываются с *s*-электронными орбиталями водорода, и между ними и атомами углерода тоже образуются σ -связи (рис. 20). Четыре (от каждого атома углерода по две) негибридные *p*-электронные орбитали размещены взаимно перпендикулярно и перпендикулярно направлению π -связей. В этих плоскостях *p*-электронные орбитали взаимно перекрываются и образуют две π -связи, которые относительно непрочные и в химических реакциях легко разрываются. Таким образом, в молекуле ацетилена между двумя атомами углерода находятся две π -связи и одна σ -связь.

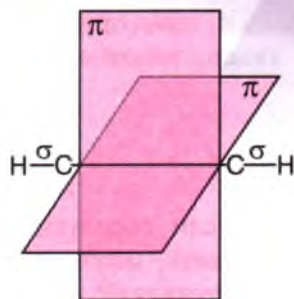


Рис. 20. Расположение σ - и π -связей в молекуле ацетилена

Номенклатура. Подобно углеводородам ряда этилена, формулы углеводородов ряда ацетилена можно вывести из формул предельных углеводородов. Их названия образуются путём замены суффикса **-ан** на суффикс **-ин** (табл. 4).

Таблица 4

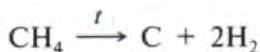
Простейшие гомологи ацетилена

Молекулярная формула	Структурная формула	Название	Температура кипения, °С
C_2H_2	$H-C \equiv C-H$	Ацетилен (этин)	-83,8
C_3H_4	$H_3C-C \equiv C-H$	Пропин	-23,3
C_4H_6	$H_3C-CH_2-C \equiv CH$	Бутин-1	+8,5
C_4H_6	$H_3C-C \equiv C-CH_3$	Бутин-2	+27,0

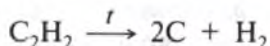
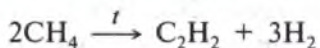
Получение. В лаборатории ацетилен получают при взаимодействии карбида кальция с водой:



В промышленности более 50 % ацетилена получают из природного газа. Метан (основная составная часть природного газа) при высокой температуре разлагается на углерод и водород:



В этом процессе одним из промежуточных продуктов является ацетилен, но он тут же разлагается на углерод и водород:

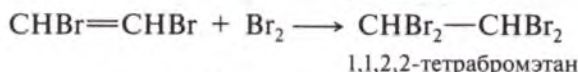
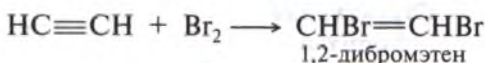


Если образующийся ацетилен быстро удалить из зоны реакции и охладить, можно предотвратить его разложение. В промышленности это осуществляют при помощи различных устройств. Разработаны также методы выделения ацетилена из продуктов пиролиза нефти (см. § 18).

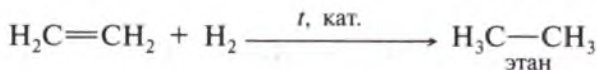
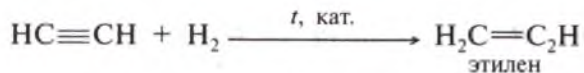
Физические свойства. Ацетилен — газ, легче воздуха, малорастворим в воде, в чистом виде почти без запаха. Изменения физических свойств углеводородов ряда ацетилена (так же как у алканов и алкенов) подчиняются общим закономерностям: при увеличении относительной молекулярной массы повышаются температуры кипения веществ.

Химические свойства. Для ацетилена и его гомологов характерны реакции присоединения, окисления и полимеризации (аналогично углеводородам ряда этилена).

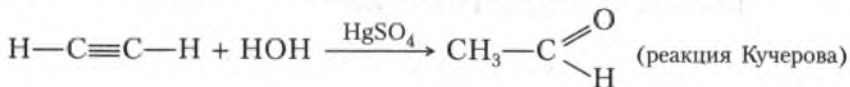
Реакции присоединения. 1) *Углеводороды ряда ацетилена реагируют с галогенами.* Например, ацетилен обесцвечивает бромную воду. Присоединение брома происходит в две стадии:



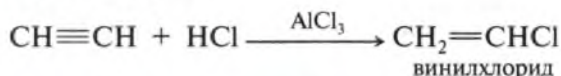
2) *При небольшом нагревании (25 °С) в присутствии катализаторов (никеля, платины или палладия) ацетилен присоединяет водород.* Гидрирование ацетилена (подобно бромированию) тоже происходит в две стадии:



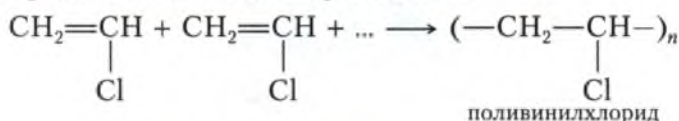
3) *Ацетилен реагирует также со сложными веществами.* Например, в присутствии сульфата ртути(II) ацетилен присоединяет воду (гидратируется) и образуется ацетальдегид (уксусный альдегид):



Если к ацетилену присоединяется хлороводород, то образуется газообразное вещество *винилхлорид* (хлорвинил). Эта реакция идёт в присутствии катализатора AlCl_3 :



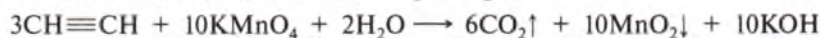
Винилхлорид способен полимеризоваться:



Из поливинилхлорида получают химически и механически прочную пластмассу со свойствами диэлектрика, изготавливают обои, линолеум, искусственную кожу, клеёнку, грампластинки, а также оконные и дверные профили.

Реакции окисления. 1) *Ацетилен обесцвечивает раствор перманганата калия.* Следовательно, ацетилен (как и этилен) легко окисляется.

При этом могут образовываться разные продукты, однако ацетилен может и полностью окислиться до CO_2 и H_2O :



2) *На воздухе ацетилен горит коптящим пламенем.* Если при горении ацетилена в пламя дополнительно вдвухать воздух, то ацетилен сгорает полностью, без копоти (рис. 21):



Смеси ацетилена с воздухом или с кислородом взрывоопасны. Ацетилен может также взрываться при ударах, поэтому его хранят и транспортируют в баллонах в виде ацетоновых растворов, которыми пропитаны пористые материалы.

Реакции полимеризации. Ацетилен может полимеризоваться в бензол (см. § 15).

Применение. Ацетилен широко применяют в органическом синтезе (рис. 22). Он является одним из исходных веществ при производстве поливинилхлорида и других



Рис. 21. Ацетиленовая сварка



Рис. 22. Применение ацетилена

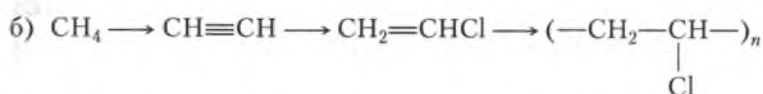
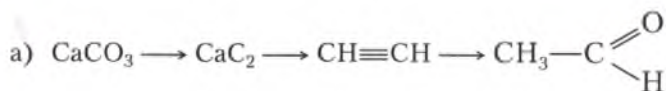
полимеров. Из ацетилена получают растворители (1,1,2,2-тетрахлорэтан и 1,2,2-трихлорэтан). При сжигании ацетилена в кислороде температура пламени достигает $3150\text{ }^{\circ}\text{C}$, поэтому его используют при сварке и резке металлов (см. рис. 21).

Ацетилен (этин). Межклассовая изомерия. sp -гибридизация электронных орбиталей. Реакции присоединения, окисления и полимеризации алкинов



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Основываясь на современных представлениях об электронных орбиталях и их перекрывании, поясните, как образуются химические связи в молекуле ацетилена, и сравните их с химическими связями в молекуле этилена. Какие качественные реакции доказывают, что ацетилен — непредельное соединение?
2. Какой углеводород является ближайшим гомологом этина?
3. Как получают ацетилен в лаборатории и промышленности? Напишите уравнения соответствующих реакций.
4. Где применяют ацетилен? Напишите уравнения соответствующих реакций.
5. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



6. Массовая доля углерода в углеводороде равна 0,8889. Его плотность по воздуху равна 1,862. Найдите молекулярную формулу этого углеводорода.

7. Какой объём ацетилена и какой объём водорода (н. у.) можно получить из 1042 м³ природного газа, объёмная доля метана в котором равна 0,96?

Тестовые задания

1. Формулы только алкинов находятся в ряду

- | | |
|---|---|
| 1) C_2H_4 , C_2H_6 , C_2H_2 | 3) C_2H_2 , C_3H_4 , C_4H_6 |
| 2) C_2H_4 , C_3H_6 , C_4H_8 | 4) CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 |

2. Пропен и пропин можно обнаружить одним реактивом. Это

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| 1) аммиачный раствор оксида серебра | 3) гидроксид калия |
| 2) бромная вода | 4) этанол |

3. Продукт реакции пропина с избытком брома — это

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| 1) 1,2-дибромпропен | 3) 1,1,2,2-тетрабромпропан |
| 2) 3-бромпропин-1 | 4) 1,1-дибромпропан |

В «Задачнике с «помощником» для 10—11 классов решите задачи 6.15 и 6.55.

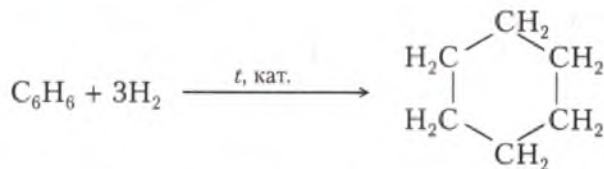
Личный результат

Я умею объяснять *sp*-гибридизацию и пространственное строение молекулы ацетилена, называть гомологи ацетилена по международной номенклатуре, составлять уравнения реакций, характеризующих химические свойства ацетилена.

- **Вспомните, как устроен циклический углеродный скелет.**
- **Повторите механизм образования π -связи. В чём отличие sp^2 -гибридизации от sp -гибридизации?**

Молекулы аренов имеют циклическое строение. Некоторые арены обладают приятным запахом, поэтому сохранилось их прежнее историческое название — ароматические углеводороды. В настоящее время известны многие вещества, которые по строению и химическим свойствам относят к ароматическим углеводородам, хотя они и не имеют такого запаха. Типичный представитель ароматических углеводородов — *бензол*; в его молекуле шесть атомов углерода.

Строение молекулы бензола. Молекулярная формула бензола C_6H_6 . При повышенной температуре и в присутствии катализаторов к каждой молекуле бензола присоединяются три молекулы водорода и образуется циклогексан:



Это доказывает, что молекула бензола имеет циклическое строение.

Рассмотрим электронное и пространственное строение молекулы бензола. В молекуле бензола у каждого атома углерода одна s - и две p -электронные орбитали гибридизованы (sp^2 -гибридизация), а одна p -электронная орбиталь негибридная. Все три гибридные электронные орбитали, перекрываясь, образуют σ -связи, которые находятся в одной плоскости, и углы между ними равны 120° . Две из них перекрываются с такими же орбиталями двух соседних атомов углерода, а третья —

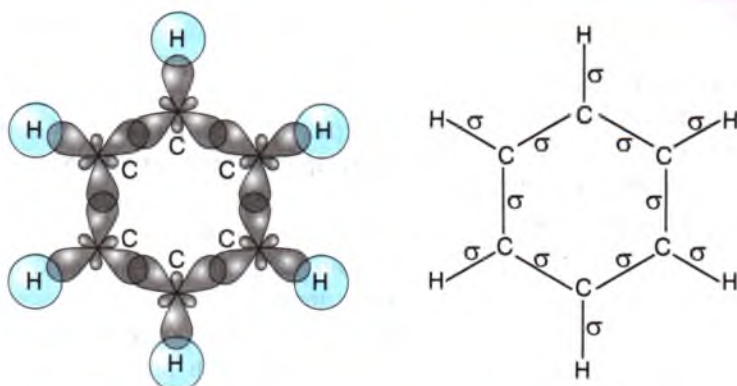


Рис. 23. Схема образования σ -связей в молекуле бензола

с s -электронной орбиталью атома водорода, т. е. каждый атом углерода здесь образует три σ -связи (рис. 23). Негибридная электронная p -орбиталь каждого атома углерода перекрывается с такими же электронными орбиталями двух соседних атомов углерода, образуя единое π -электронное облако (рис. 24).

Электронная плотность в π -электронном облаке распределена равномерно. Перекрывание происходит над плоскостью и под плоскостью σ -связей. *Все связи между атомами углерода одинаковые, т. е. в молекуле бензола нет простых и двойных связей.* Расстояние между центрами соседних атомов

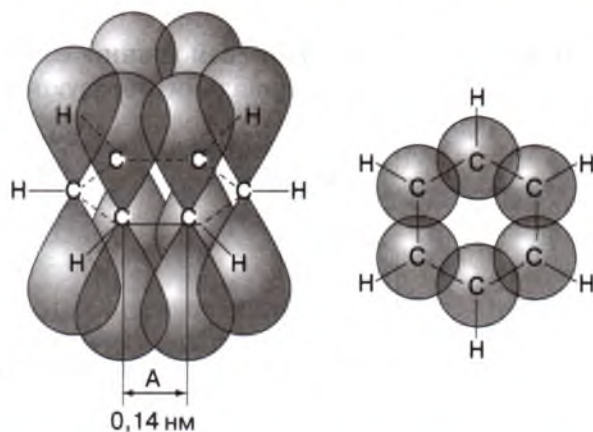
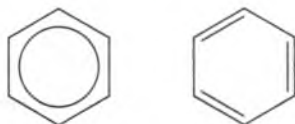


Рис. 24. Схема образования π -связей в молекуле бензола

Английский физик-экспериментатор и химик **Майкл Фарадей (1791—1867)** в 1825 г. открыл бензол и исследовал ряд его физических и химических свойств.

углерода сокращается и становится одинаковым — 0,139 нм. С подобным явлением вы уже познакомились при изучении алкадиенов, содержащих сопряжённые двойные связи. Благодаря сопряжению молекула бензола становится более устойчивой, бензол более стоек к действию окислителей, реакции присоединения затруднены, а реакции замещения идут легко.

Упрощённо молекулу бензола (*бензольное кольцо*, или бензольное ядро) изображают в виде шестиугольника с вписанной в него окружностью, символизирующей единое π -электронное облако, или используют формулу, предложенную Ф. Кекуле в 1865 г. (справа):



Но в молекуле бензола нет таких двойных связей, как в молекуле этилена. По этой причине формулу Кекуле теперь используют редко.

Известно множество гомологов бензола.

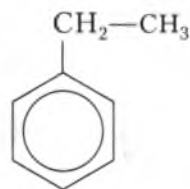
Определение

Соединения углерода с водородом, в молекулах которых имеется бензольное кольцо, относят к АРЕНАМ (ароматическим углеводородам).

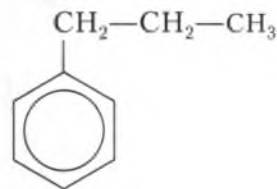
Изомерия и номенклатура. При замещении в молекуле бензола водородных атомов различными радикалами образуются гомологи бензола, например:



метилбензол
(толуол)

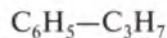
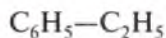
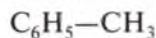


этилбензол



пропилбензол

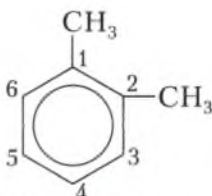
или сокращённо:



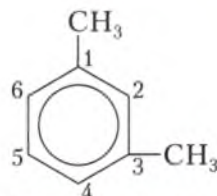
Для гомологов бензола характерна *изомерия заместителей и их положения*:



этилбензол



1,2-диметилбензол

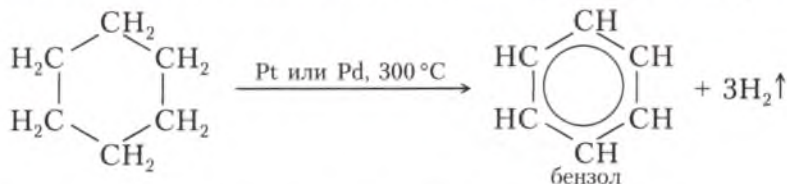


1,3-диметилбензол

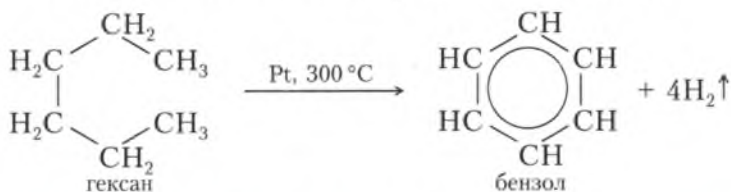
Положение заместителей указывают номерами атомов углерода в бензольном кольце. Кольцо нумеруют так, чтобы номера радикалов были наименьшими. Заместителями в молекулах аренов также могут быть радикалы непредельных соединений (пример такого арена — винилбензол, или стирол, см. § 42).

Получение. В настоящее время основной источник получения бензола в промышленности — переработка нефти. Незначительные количества бензола получают из каменноугольной смолы и газов, образующихся при коксовании (пиролизе) углей (см. § 17 и 18).

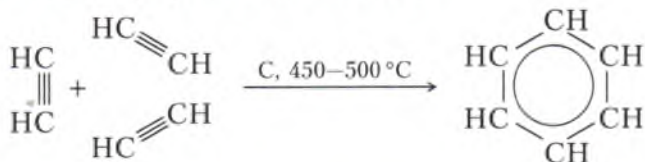
Русский учёный Н. Д. Зелинский доказал, что бензол можно получить из циклогексана, выделяемого из некоторых сортов нефти:



При этих же условиях в бензол превращается гексан:



Если пропускать ацетилен при 450–500 °С над активированным углем, то он также превращается в бензол:



Арены (ароматические углеводороды). Бензол. Бензольное кольцо. Тoluол. Изомерия заместителей



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Из приведённых формул веществ: C_6H_6 , C_6H_{14} , C_6H_{12} , C_6H_{10} — выберите молекулярную формулу бензола и запишите его структурную формулу.

2. На основе современных представлений об электронных орбиталях и их перекрывании поясните, как образуются химические связи в молекуле бензола.

3. Как получают ароматические углеводороды? Приведите уравнения соответствующих реакций.

4. При сгорании углеводорода массой 2,34 г образовался оксид углерода(IV) объёмом 4,032 л (н. у.). Относительная плотность паров этого углеводорода по водороду равна 39. Выведите молекулярную формулу данного углеводорода.

Тестовые задания

1. Число σ -связей в молекуле бензола равно

- 1) 6 2) 10 3) 16 4) 12

2. Бензол и толуол — это

- 1) изомеры 2) гомологи 3) одно и то же вещество



Используя электронное пособие к учебнику, выполните тесты к § 15 и ознакомьтесь с видеоматериалами к главе IV.



Используя алгоритм, приведённый в книге Ю. Н. Казанцева «Химия. Конструктор текущего контроля. 10 класс» (М.: Просвещение, 2009. — С. 15), подготовьте сообщение на тему «Толуол».

Личный результат

Я могу объяснить электронное и пространственное строение молекулы бензола.

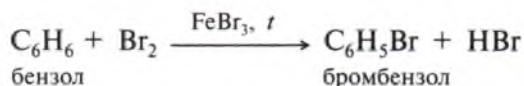
Я умею изображать структурную формулу бензола двумя способами.

- Для каких углеводородов характерны реакции присоединения и замещения? Запишите соответствующие уравнения реакций.
- Что отражает генетическая связь между классами веществ?

Физические свойства. Бензол — бесцветная, нерастворимая в воде жидкость со своеобразным запахом. Бензол ядовит и обладает канцерогенными свойствами! Температура кипения бензола $80,1^\circ\text{C}$. При охлаждении он легко застывает, образуя белую кристаллическую массу с температурой плавления $5,5^\circ\text{C}$. Температуры кипения ароматических углеводородов закономерно повышаются с увеличением их относительных молекулярных масс.

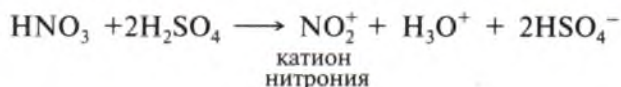
Химические свойства. Для аренов наиболее характерны реакции замещения атомов водорода в бензольном кольце на другие атомы или группы атомов.

Реакции замещения. 1) *Галогенирование.* В присутствии брома и катализатора — солей железа(III) — в бензоле происходит замена атомов водорода в бензольном кольце на атомы брома (рис. 25):

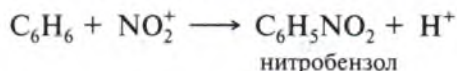


Аналогично бензол реагирует и с хлором.

2) *Нитрование* бензола (введение нитрогрупп $-\text{NO}_2$ в его молекулу) проводят смесью концентрированных азотной и серной кислот:



Образующийся катион нитрония NO_2^+ взаимодействует с бензолом:



Бензол оказывает раздражающее действие на кожу, в больших дозах вызывает судороги. Длительное воздействие малых доз может стать причиной лейкемии (рака крови) и анемии (недостатка гемоглобина в крови).

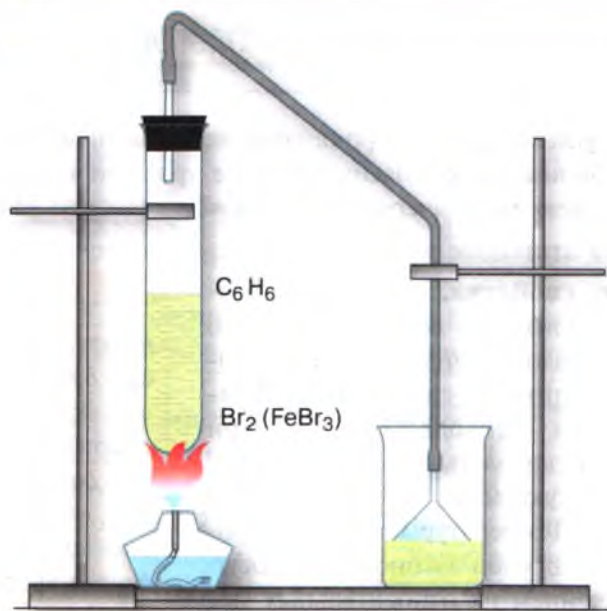
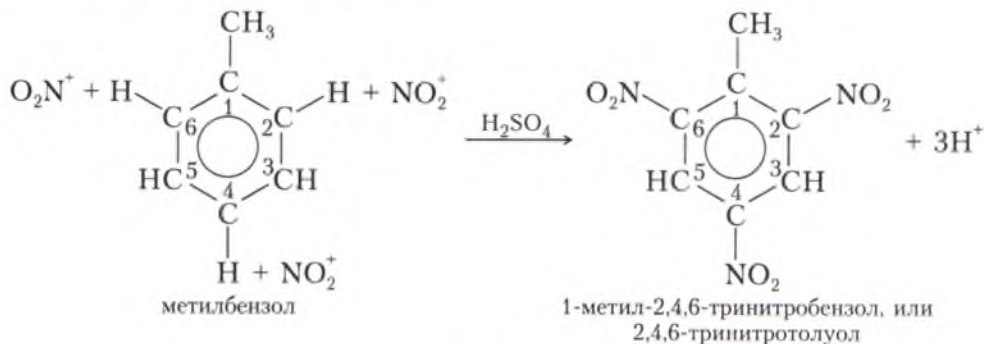


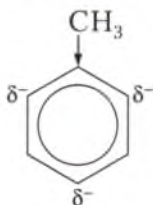
Рис. 25. Взаимодействие бензола с бромом

При нитровании метилбензола (толуола) происходит замена трёх атомов водорода на нитрогруппы:



Замена трёх атомов водорода на нитрогруппы $-\text{NO}_2$ идёт даже без сильного нагревания. Получается 2,4,6-тринитротолуол. Усиление подвижности атомов водорода у второго, четвёртого и шестого атомов углерода бензольного кольца толуола — следствие влияния метильной группы на бензольное ядро. В результате увеличивается плотность и неравномер-

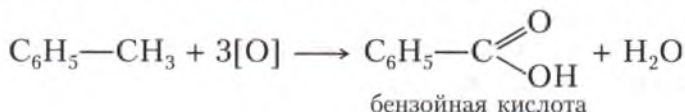
ность π -электронного облака у второго, четвёртого и шестого атомов углерода, что облегчает замену атомов водорода на нитрогруппы именно у этих атомов:



Бензойная кислота — отличное консервирующее вещество. Так как брусника и клюква содержат бензойную кислоту, то их ягоды прекрасно сохраняются и без сахара. Бензойную кислоту используют также в производстве красителей.

Реакции окисления. Бензол очень стоек к окислению. В отличие от него ароматические углеводороды с боковыми цепями окисляются относительно легко.

1) При действии энергичных окислителей (KMnO_4) на гомологи бензола окислению подвергаются только боковые цепи. Если, например, в пробирку налить 2—3 мл толуола, затем добавить к нему раствор перманганата калия и нагреть, то можно заметить, что фиолетовая окраска раствора постепенно обесцвечивается. Это происходит потому, что под действием перманганата калия метильная группа толуола окисляется и превращается в карбоксильную группу $-\text{COOH}$:



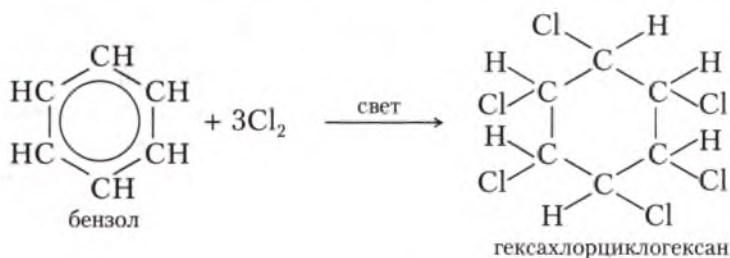
Нам уже известно, что метан и другие предельные углеводороды устойчивы к действию окислителей. Однако метильная группа в молекуле толуола окисляется сравнительно легко. Это объясняется влиянием бензольного кольца. Из приведённых примеров реакций замещения и окисления следует, что не только метильная группа влияет на бензольное кольцо, но и бензольное кольцо влияет на метильную группу, т. е. их влияние взаимно.

2) Бензол и его гомологи на воздухе горят коптящим пламенем:

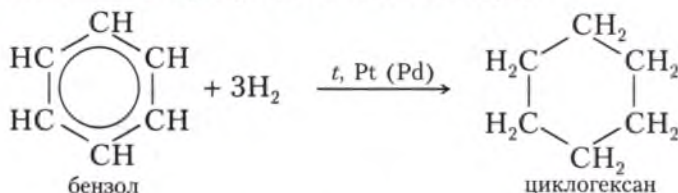


Реакции присоединения для бензола не характерны и протекают с трудом (в жёстких условиях).

1) При действии солнечного света или ультрафиолетовых лучей бензол присоединяет хлор и образуется гексахлорциклогексан (гексахлоран):



2) Бензол способен также гидрироваться (при нагревании, повышенном давлении и в присутствии катализатора):



Применение. Бензол является ценным продуктом для получения красителей, медикаментов, взрывчатых веществ, средств защиты растений, пластмасс и синтетических волокон. Он является также хорошим растворителем многих органических веществ. Толуол используют для получения красителей и тринитротолуола.

Некоторые хлорпроизводные органических веществ используют для защиты растений. Например, гексахлорбензолом C_6Cl_6 протравливают семена зерновых для защиты от твёрдой головни. Эти и многие другие вещества относят к пестицидам (ядохимикатам).

Определение

ПЕСТИЦИДАМИ называют химические средства борьбы с микроорганизмами, растениями и животными.

В агрохимической практике в основном применяют *инсектициды* — средства борьбы с насекомыми, *гербициды* — для борьбы с сорняками, *фунгициды* — для устранения грибковых заболеваний.

Следует помнить, что неправильное хранение пестицидов и неумелое обращение с ними может нанести вред здоровью человека и окру-

жающей среде! Поэтому все виды работ с пестицидами проводят, обязательно используя спецодежду, противогаз, защитные очки и т. д. При внесении пестицидов нужно строго соблюдать утверждённые инструкции по их применению. Для защиты растений в настоящее время всё больше и больше используют биологические методы.

Генетическая связь аренов с другими углеводородами показана на схеме 3.

Схема 3



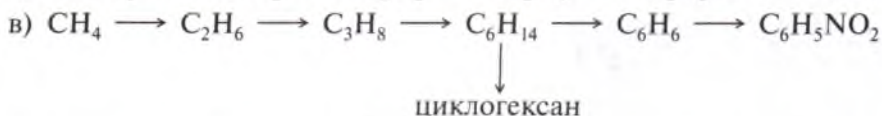
Реакции замещения (галогенирование, нитрование), окисления и присоединения у аренов. Пестициды. Генетическая связь аренов с другими углеводородами

Подумайте, ответьте, выполните...

1*. Сравните химические свойства бензола и толуола и поясните сущность взаимного влияния атомов в молекулах. Вспомните соответствующее положение из теории А. М. Бутлерова и приведите другие примеры.

2. Какие мероприятия осуществляются в вашей местности по охране окружающей среды? Подготовьте компьютерную презентацию на эту тему.

3. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



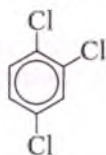
4. Напишите уравнения химических реакций, подтверждающих генетическую связь между классами органических соединений в схеме 3.

5. Из 13,44 л ацетилена получили 12 г бензола (н. у.). Сколько это составляет процентов по сравнению с теоретическим выходом продукта?

6. К 39 г бензола в присутствии хлорида железа(III) добавили 1 моль брома. Какие вещества получились в результате реакции? Чему равны их массы?

Тестовые задания

1. Наибольшим образованием копоти сопровождается горение
1) гексена 3) бензола
2) гексана 4) циклогексана
2. Название вещества, формула которого



- 1) 1,2,4-трихлорбензол 3) 1,3,6-трихлорбензол
2) 1,3,4-трихлорбензол 4) 1,2,5-трихлорбензол

3. Бензол вступает в реакцию замещения

- 1) с хлором и азотной кислотой
- 2) с хлором и водородом
- 3) с кислородом и водородом
- 4) с кислородом и серной кислотой



Используя электронное приложение к учебнику, выполните тесты и ознакомьтесь с видеоматериалами к § 16.



Используя дополнительную литературу и другие источники информации, составьте иллюстрированную схему или таблицу «Применение ароматических углеводородов».

Личный результат

Я могу объяснить, как свойства бензола обусловлены строением его молекулы.

Я умею составлять уравнения реакций, характеризующих химические свойства бензола и его гомологов.

ГЛАВА V

ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕВОДОРОДОВ И ИХ ПЕРЕРАБОТКА

§17

Природные источники углеводородов

- Повторите свойства предельных углеводородов и их применение.
- Вспомните из курса географии, где находятся важнейшие месторождения нефти и каменного угля в нашей стране.



Важная информация

Наиболее важные источники углеводородов — природные и попутные нефтяные газы, нефть, каменный уголь.

Природный газ. Запасы природного газа на нашей планете очень велики (примерно 10^{15} м³). Важнейшие месторождения этого ценного топлива находятся в Западной Сибири (Ямбургское, Медвежье, Заполярное), в Волго-Уральском бассейне (Оренбургское) и др.

Основной компонент природного газа — метан. Также в природном газе содержатся этан, пропан и бутан. Существует следующая закономерность: *чем выше относительная молекулярная масса углеводорода, тем меньше его содержится в природном газе.*

При сгорании природного газа выделяется много теплоты, поэтому он служит эффективным и дешёвым топливом (рис. 26). Использование на производстве природного газа даёт возможность значительно повысить производительность труда.

Следует отметить и такие преимущества газообразного топлива, как лёгкость воспламенения, возможность предварительного нагрева и получения высокой температуры, отсутствие золы и шлака при сгорании.



Рис. 26. Бытовая газовая горелка

Сильными загрязнителями атмосферы являются ТЭС, которые работают на природном газе. В печах при высокой температуре азот воздуха реагирует с кислородом и образуются оксиды азота, которые выбрасываются в атмосферу.

Природный газ — важный источник сырья для химической промышленности. Его используют для получения ацетилена, этилена, водорода, сажи, различных пластмасс, уксусной кислоты, красителей, медикаментов и др.

Нефть — важнейшее полезное ископаемое. Это горючая маслянистая жидкость от светло-бурого до чёрного цвета с характерным запахом.

Она немного легче воды и практически в ней не растворяется.

По запасам и добыче нефти наша страна занимает одно из ведущих мест в мире.



Важная информация

Нефть представляет собой сложную смесь различных углеводородов и некоторых других органических соединений.

В зависимости от месторождения нефть имеет различный качественный и количественный состав. Так, например, бакинская нефть богата циклопарафинами и сравнительно бедна предельными углеводородами. Значительно больше предельных углеводородов в сибирской, грозненской и ферганской нефти. Пермская нефть содержит ароматические углеводороды.

Существуют две гипотезы происхождения нефти. Согласно гипотезе органического происхождения нефти она образовалась из остатков морских животных и растений, которые скапливались в течение миллионов лет и под давлением покрывших их пород, а также под воздействием тепла превращались в углеводороды. Согласно другой гипотезе (неорганического происхождения) нефть образовалась в результате взаимодействия воды с соединениями углерода с металлами (карбидами), находящимися в ядре Земли. Существуют и другие гипотезы, согласно которым нефть образуется и в наши дни путём неорганических превращений.

Залежи нефти находятся в недрах земли на разной глубине, где нефть заполняет свободное пространство между некоторыми породами. Если она находится под давлением газов, то поднимается по скважине на поверхность.

Попутные нефтяные газы находятся над залежами нефти или растворены в ней под давлением. Ещё недавно попутные нефтяные газы не находили применения и их сжигали. В настоящее время их улавливают и используют как топливо и ценное химическое сырьё. В попутных газах содержится меньше метана, чем в природном газе, но в них значительно больше его гомологов. Для практических целей попутные газы разделяют на смеси более узкого состава (табл. 5). Иногда их подвергают более тщательному разделению и извлекают из них индивидуальные углеводороды (этан, пропан и т. д.), из которых затем получают непредельные углеводороды.

Таблица 5

Характеристика попутных нефтяных газов

Название	Состав	Применение
Газовый бензин	Смесь пентана, гексана и других углеводородов	Добавляют к бензину для улучшения его свойств
Пропан-бутановая фракция	Смесь пропана и бутана	Применяют в виде сжиженного газа как топливо
Сухой газ	По составу сходен с природным газом	Используют для получения C_2H_2 , H_2 и других веществ, а также как топливо

Каменный уголь образовался при разложении остатков древних растений примерно 300—350 млн лет назад. Он представляет собой смесь высокомолекулярных органических соединений, а также воды и летучих веществ с небольшими количествами минеральных примесей. В состав каменного угля, кроме углерода, входят водород, кислород, сера и азот. Содержание углерода в каменном угле, в зависимости от его сорта, составляет от 75 до 95 %.

Один из основных способов получения углеводородов (в том числе и ароматических) из каменного угля — его *коксование* (нагревание до 1000 °С без доступа воздуха). Подобным методом на коксохимическом производстве из каменного угля получают четыре основных продукта: кокс, каменноугольную смолу, аммиак и коксовый газ.

При нагревании каменного угля сложные органические вещества, входящие в его состав, постепенно разлагаются с образованием летучих продуктов. Часть таких веществ конденсируется в *аммиачную воду* и *каменноугольную смолу*. Различные вещества, оставшиеся после кон-

денсации каменноугольной смолы, называют *коксовым газом*. Из каменноугольной смолы и коксового газа получают гомологи бензола, фенол и многие другие вещества. *Кокс* используют в металлургии железа.

Природный газ. Нефть. Попутные нефтяные газы. Каменный уголь

С Подумайте, ответьте, выполните...

1. Какие главные природные источники углеводородов вам известны?
2. Каков состав природного газа? Покажите на географической карте важнейшие месторождения: а) природного газа; б) нефти; в) каменного угля. Есть ли такие месторождения в вашем регионе?
3. Какие преимущества по сравнению с другими видами топлива имеет природный газ? Для каких целей используют природный газ в химической промышленности?
4. Известно, что газ содержит в объёмных долях 0,9 метана, 0,05 этана, 0,03 пропана, 0,02 азота. Какой объём воздуха потребуется, чтобы сжечь 1 м^3 этого газа при нормальных условиях?

Тестовые задания

1. Экологически чистое топливо — это
 - 1) каменный уголь
 - 2) природный газ
 - 3) водород
 - 4) бензин
2. Из попутного нефтяного газа **не может быть выделена** следующая фракция
 - 1) газовый бензин
 - 2) пропан-бутановая смесь
 - 3) сухой природный газ
 - 4) газойль

Е С помощью Интернета или дополнительной литературы найдите информацию об использовании и переработке каменного угля. Составьте схему «Каменный уголь — ценное сырьё для химической промышленности».

Личный результат

Я умею характеризовать состав природного газа и попутных нефтяных газов.

- **Вспомните, что такое дистилляция. Как её осуществляют?**
- **С какими продуктами переработки нефти вы сталкивались в повседневной жизни?**

Д. И. Менделеев считал, что нефть — ценнейшее сырьё для производства многих органических веществ и неразумно использовать её только как топливо. Он говорил: «Топить можно и ассигнациями». Рассмотрим, какие же вещества получают в результате переработки нефти.

Продукты, получаемые из нефти. Из нефти выделяют разнообразные продукты, имеющие большое практическое значение. Вначале из неё удаляют растворённые газообразные углеводороды (преимущественно метан). После отгонки летучих углеводородов нефть нагревают. Первыми переходят в парообразное состояние и отгоняются углеводороды с небольшим числом атомов углерода в молекуле, имеющие относительно низкую температуру кипения. С повышением температуры смеси перегоняются углеводороды с более высокой температурой кипения.



Определение

Разделение нефти на составные части (фракции) по их температурам кипения называют ПЕРЕГОНКОЙ.

Фракции, получаемые в результате перегонки нефти, обычно представляют собой смеси углеводородов. Многократную перегонку нефти (ректификацию) осуществляют в *ректификационных колоннах* (рис. 27). С помощью методов многократной перегонки нефтяных фракций удаётся выделить некоторые индивидуальные углеводороды.

Основные фракции нефти

1. Фракция углеводородов с температурой кипения от 40 до 200 °С — *газолиновая фракция бензинов* — содержит углеводороды от C_5H_{12} до $C_{11}H_{24}$. При дальнейшей перегонке выделенной фракции получают газолин (от 40 до 70 °С), бензин (от 70 до 120 °С) — авиационный, автомобильный и т. д.

2. *Лигроиновая фракция*, собираемая в пределах от 150 до 250 °С, содержит углеводороды от C_8H_{18} до $C_{14}H_{30}$. *Лигроин* подвергают крекингу для получения более лёгких углеводородов (см. ниже), а также используют как растворитель.

3. *Керосиновая фракция* включает углеводороды от $C_{12}H_{26}$ до $C_{18}H_{38}$ с температурой кипения от 180 до 300 °С. *Керосин* после очистки используют в качестве горючего для тракторов, самолётов и ракет.

4. В следующей фракции (выше 275 °С) получают *газойль* — дизельное топливо.

5. Остаток после перегонки нефти — *мазут* — содержит углеводороды с большим числом атомов углерода (до многих десятков) в молекуле. Мазут также разделяют на фракции: соляровые масла — дизельное топливо, смазочные масла (автотракторные, авиационные, промышленные и др.), вазелин (основа для косметических средств и лекарств). Из некоторых сортов нефти получают парафин (для производства спичек, свечей и др.). Фракции мазута разрушаются при высокой температуре, поэтому их получают перегонкой при пониженном давлении. Это позволяет понизить температуру перегонки. После отгонки остаётся гудрон. Его широко применяют в дорожном строительстве.



См. § 30

Среднетяжёлые и тяжёлые фракции нефти, содержащие парафиновые углеводороды, используют также для получения *алкилсульфатов* — поверхностно-активных веществ (ПАВ), служащих основой синтетических моющих средств.

Установка для перегонки нефти состоит из *трубчатой печи 1*, *ректификационной колонны 2* и *холодильника 3* (см. рис. 27). В печи находится змеевик (трубопровод). По трубопроводу непрерывно подаётся нефть, где она нагревается до 320—350 °С и в виде смеси жидкости и паров поступает в ректификационную колонну (стальной цилиндрический аппарат высотой около 40 м). Внутри колонна имеет горизонтальные перегородки с отверстиями, так называемые тарелки. Пары нефти подаются в колонну и через отверстия поднимаются вверх, при этом они постепенно охлаждаются и сжижаются. Менее летучие углеводороды конденсируются уже на первых тарелках, образуя газойлевую фракцию. Выше собирается керосин, а затем лигроин. Наиболее летучие углеводороды выходят в виде паров из колонны и сжижаются, образуя бензин. Часть бензина подаётся обратно в колонну для орошения поднимающихся паров. Это способствует охлаждению и конденсации соответствующих углеводородов. Главный недостаток такой перегонки нефти — малый выход бензина (не более 20 %).

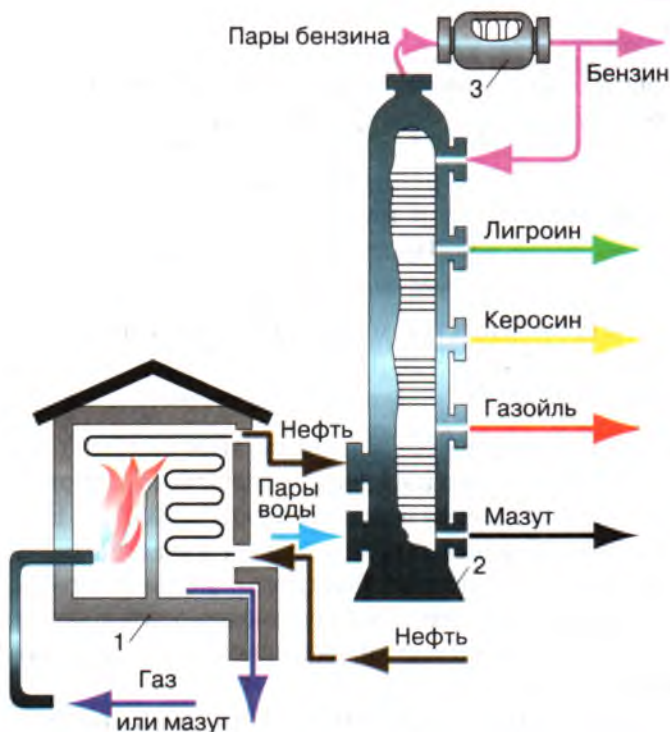


Рис. 27. Установка для перегонки нефти (объяснения в тексте)

Лабораторный опыт. *Ознакомление с образцами продуктов нефтепереработки*

Рассмотрите выданную вам коллекцию с образцами продуктов нефтепереработки. Охарактеризуйте их свойства и области применения.

- Работу оформите в виде таблицы (см. табл. 5 на с. 79).

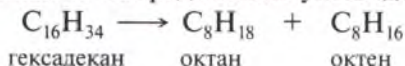
Крекинг нефтепродуктов. Выход бензина из нефти можно значительно увеличить (до 65–70 %) путём расщепления углеводородов с длинной цепью, содержащихся, например, в мазуте, на углеводороды с меньшей относительной молекулярной массой.



Определение

Процесс расщепления углеводородов нефти на углеводороды с меньшим числом атомов углерода в молекуле называют КРЕКИНГОМ*.

Крекинг происходит с разрывом углеродных цепей и образованием более простых предельных и непредельных углеводородов, например:



Образовавшиеся вещества могут разлагаться далее:



Выделившийся в процессе крекинга этен (этилен) широко используют для производства полиэтилена и этилового спирта.

Различают два основных вида крекинга (табл. 6). Бензин каталитического крекинга обладает более высоким качеством. Процесс его получения протекает значительно быстрее, с меньшим расходом тепловой энергии. К тому же при этом образуется относительно много углеводородов с разветвлённой цепью, представляющих большую ценность для органического синтеза.

Применение продуктов крекинга нефти показано на рисунке 28.



Рис. 28. Применение продуктов крекинга нефти

* От англ. *to crack* — расщеплять.

Термический и каталитический крекинг

Термический крекинг	Каталитический крекинг
<p><i>Расщепление молекул углеводородов протекает при сравнительно высокой температуре (470—550 °С). Процесс протекает медленно, образуются углеводороды с неразветвлённым углеводородным скелетом</i></p>	<p><i>Расщепление молекул углеводородов протекает в присутствии катализаторов и при более низкой температуре (450—500 °С). По сравнению с термическим крекингом процесс протекает значительно быстрее, при этом происходит не только расщепление молекул углеводородов, но и их изомеризация, т. е. образуются углеводороды с разветвлённым скелетом</i></p>
<p>Бензин термического крекинга наряду с предельными углеводородами содержит много непредельных углеводородов. Поэтому этот бензин обладает <i>большой детонационной стойкостью</i> (взрывоустойчивостью), чем бензин прямой перегонки</p>	<p>Бензин каталитического крекинга по сравнению с бензином термического крекинга обладает ещё <i>большой детонационной стойкостью</i>, так как в нём содержатся углеводороды с разветвлённым скелетом</p>
<p>Непредельные углеводороды, содержащиеся в бензине термического крекинга, легко окисляются и полимеризуются, поэтому этот бензин <i>менее устойчив при хранении</i>. При его сгорании могут засоряться различные части двигателя. Чтобы предотвратить это, к такому бензину добавляют антиокислители</p>	<p>В бензине каталитического крекинга непредельных углеводородов содержится меньше, и поэтому процессы окисления и полимеризации в нём не протекают. Такой бензин <i>более устойчив при хранении</i></p>

При температуре 700 °С и выше происходит пиролиз нефти.

 **Определение**

Разложение органических веществ без доступа воздуха при высокой температуре называют ПИРОЛИЗОМ.

Первый завод для очистки нефти был построен в России на Ухтинском нефтяном промысле в 1745 г. в Петербурге и в Москве для освещения тогда всё ещё пользовались свечами, а во многих церквях уже горели «неугасимые» лампы, в которых использовалась очищенная нефть с растительным маслом.

При пиролизе нефти основными продуктами реакции являются непредельные газообразные углеводороды (этилен, ацетилен) и ароматические соединения (бензол, толуол и др.).

Для получения индивидуальных ароматических углеводородов, водорода или бензина с повышенным содержанием аренов используют каталитический *риформинг** (ароматизацию) бензиновых и лигроиновых фракций нефти — повышение содержания в них аренов в результате соответствующих каталитических реакций.

Перегонка нефти. Ректификационная колонна. Бензин. Лигроин. Керосин. Крекинг нефтепродуктов. Пиролиз



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Назовите важнейшие нефтепродукты, укажите их состав и области их применения.
2. Какие смазочные масла используют на производстве?
- 3*. Как осуществляют перегонку нефти?
4. Что такое крекинг нефти? Составьте уравнения реакций расщепления углеводородов C_8H_{18} и $C_{12}H_{26}$ при этом процессе.
5. Почему при прямой перегонке нефти удаётся получить не более 20 % бензина?
6. Чем отличается термический крекинг от каталитического? Дайте характеристику бензинов термического и каталитического крекингов.
7. Как практически можно отличить крекинг-бензин от бензина прямой перегонки?
8. Как называют процесс ароматизации нефти? Вспомните основные способы получения ароматических углеводородов и составьте уравнения реакций, происходящих при ароматизации нефти.
9. Вычислите, какой объём (в л) и какая масса (в кг) оксида углерода(IV) получится при сгорании 5 моль октана (н. у.).

* От англ. *to reform* — переделывать, улучшать.

10. Какой объём ацетилена (н. у.) можно получить при взаимодействии 51,2 кг карбида кальция с водой, если массовая доля выхода ацетилена составляет 0,84 от теоретического выхода продукта?

11. Какой объём воздуха (н. у.) потребуется, чтобы сжечь 1 л бензола, плотность которого 0,88 г/см³?

Тестовые задания

1. Физический способ переработки нефти — это

- | | |
|--------------|---------------|
| 1) крекинг | 3) коксование |
| 2) перегонка | 4) пиролиз |

2. Установите соответствие между названием нефтепродукта и его составом.

- | | |
|------------|-------------------------------------|
| 1) Бензин | А. C ₁₂ —C ₁₈ |
| 2) Лигроин | Б. C ₅ —C ₁₁ |
| 3) Керосин | В. тяжёлые углеводороды |
| 4) Газойль | Г. C ₈ —C ₁₄ |

3. Установите соответствие между названием нефтепродукта и областью его применения.

- | | |
|------------|---|
| 1) Бензин | А. топливо для реактивных самолётов |
| 2) Лигроин | Б. топливо для автомобилей |
| 3) Керосин | В. топливо для тракторов, растворитель в лакокрасочной промышленности |
| 4) Газойль | Г. дизельное топливо |

Используя алгоритм, приведённый в книге Ю. Н. Казанцева «Химия. Конструктор текущего контроля. 10 класс» (М.: Просвещение, 2009. — С. 15), подготовьте сообщение на тему «Экологические проблемы переработки нефти».

Используя Интернет и дополнительную литературу, сформулируйте определение понятия «поверхностно-активные вещества». Изобразите формулу одного из алкилсульфатов — лаурилсульфата.

Личный результат

Я могу характеризовать способы переработки нефти.

Я умею объяснять отличие бензина прямой перегонки от крекинг-бензина.

ГЛАВА VI

СПИРТЫ И ФЕНОЛЫ

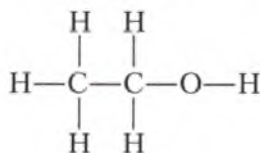
§ 19

Одноатомные предельные спирты

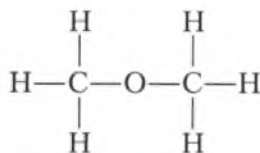
- Какие углеводороды называют предельными? Запишите их общую формулу.
- В чём особенность ковалентной полярной связи?
- Что называют функциональной группой? Найдите в схеме 2 (с. 24) функциональную группу спиртов и назовите её.

Известно много органических веществ, в состав которых, кроме углерода и водорода, входит также кислород. Это *кислородсодержащие органические соединения*. Первый класс таких соединений, рассматриваемых нами, — класс спиртов.

Строение молекул. Типичный представитель спиртов — *этанол (этиловый спирт)*. Его простейшая формула C_2H_6O . Этой молекулярной формуле соответствуют две структурные формулы:



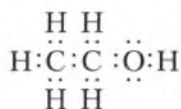
a



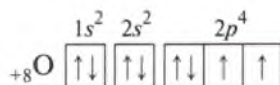
б

Возникает вопрос: какая же из них соответствует этиловому спирту? Рассмотрим формулу *a*. В молекуле вещества *a* один из водородных атомов связан с атомом кислорода. *Эта ковалентная химическая связь более полярна, чем связь между атомами углерода и водорода.* По аналогии с кислотами можно ожидать, что атомы металлов будут вытеснять водородный атом, связанный с атомом кислорода. Эксперимент доказывает, что этиловый спирт действительно реагирует с активными металлами. Следовательно, именно формула *a* является истинной формулой этилового спирта (рис. 29). (Вторая структурная формула, формула *б*, соответствует другому веществу — диметиловому эфиру, который с металлами не реагирует.)

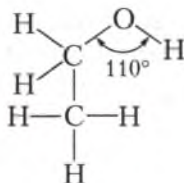
Электронная формула этилового спирта следующая:



Как же кислород образует химическую связь с углеродом и водородом? Для этого нужно вспомнить схему размещения электронов атома кислорода по энергетическим уровням и подуровням:



Валентные электроны образуют две взаимно перпендикулярные электронные орбитали гантелеобразной формы. Одна из них перекрывается с гибридной орбиталью атома углерода и образует химическую связь между атомом углерода и атомом кислорода (—C—O—). Другая орбиталь, которая расположена перпендикулярно первой, перекрывается s-электронной орбиталью атома водорода. В молекулах этилового спирта угол между валентными электронными орбиталями атома кислорода равен 110° :



Примерно такой же угол имеется и в молекулах других одноатомных спиртов. В молекуле воды он немного меньше — около 105° .

Определение

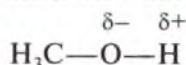
СПИРТАМИ называют производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены гидроксильными группами.

Гидроксильная группа —ОН является функциональной группой спиртов. В этой группе более электроотрицательный кислород (имеющий к тому же неподелённую электронную пару) оттягивает на себя

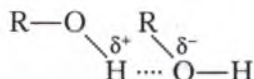


Рис. 29. Объёмная модель молекулы этанола

общую электронную пару и приобретает частичный отрицательный заряд, а атом водорода — частичный положительный:



Благодаря подобному распределению зарядов молекулы спиртов притягиваются друг к другу — возникает так называемая *водородная связь*:



(Углеводородный радикал обозначен латинской буквой R.)

! Важная информация

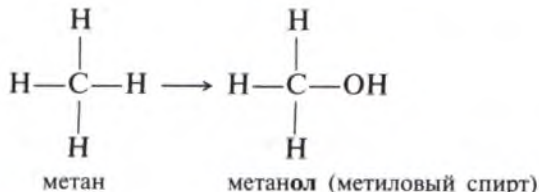
Водородные связи между молекулами спиртов образуются за счёт свободных электронных пар у атомов кислорода: атом кислорода одной молекулы может взаимодействовать с атомом водорода другой молекулы, имеющим небольшой положительный заряд.

Прочность водородной связи примерно в 10 раз меньше прочности обычной ковалентной связи.

✓ Определение

Спирты, в молекулах которых есть только одна функциональная группа —ОН, называют **ОДНОАТОМНЫМИ СПИРТАМИ**. Общая формула предельных одноатомных спиртов **$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$** (или **$\text{R}-\text{OH}$**).

Изомерия и номенклатура. Из формулы метана можно вывести формулу только одного спирта — метанола:

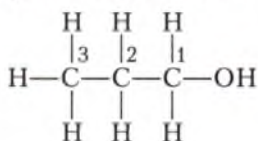


! Важная информация

В соответствии с правилами номенклатуры ИЮПАК названия спиртов образуют от названий соответствующих углеводородов с добавлением суффикса **-ол**.

Этану $\text{CH}_3\text{—CH}_3$ также соответствует один одноатомный спирт, формула которого $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$. Это этанол.

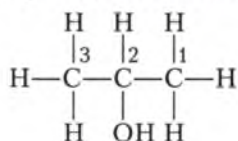
Из формулы пропана в зависимости от места гидроксильной группы в молекуле можно вывести формулы двух одноатомных спиртов:



а

пропанол-1

(первичный пропиловый спирт)



б

пропанол-2

(вторичный пропиловый спирт)

! Важная информация

Первичным называют такой атом углерода, который связан только с одним атомом углерода. *Вторичный* атом углерода связан с двумя, а *третичный* — с тремя атомами углерода.

Например, из формул бутана $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$ и изобутана (2-метилпропана) можно вывести формулы четырёх одноатомных спиртов (табл. 7).

Таблица 7

Одноатомные предельные спирты с общей формулой $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$

Сокращённая структурная формула	Название
$\overset{4}{\text{CH}_3}\text{—}\overset{3}{\text{CH}_2}\text{—}\overset{2}{\text{CH}_2}\text{—}\overset{1}{\text{CH}_2}\text{—OH}$	Бутанол-1 (первичный бутиловый спирт)
$\overset{4}{\text{CH}_3}\text{—}\overset{3}{\text{CH}_2}\text{—}\overset{2}{\underset{\text{OH}}{\text{CH}}}\text{—}\overset{1}{\text{CH}_3}$	Бутанол-2 (вторичный бутиловый спирт)
$\overset{3}{\text{CH}_3}\text{—}\overset{2}{\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}\text{—}\overset{1}{\text{CH}_2}\text{—OH}$	2-Метилпропанол-1 (изобутиловый спирт)
$\overset{1}{\text{CH}_3}\text{—}\overset{2}{\underset{\text{OH}}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}}\text{—}\overset{3}{\text{CH}_3}$	2-Метилпропанол-2 (третичный бутиловый спирт)



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Составьте электронные формулы метилового спирта, этилового спирта и воды. Поясните, как при перекрывании соответствующих электронных орбиталей образуются химические связи в молекуле воды и в гидроксильной группе спиртов.

2. Как на основе экспериментальных данных можно вывести молекулярные и структурные формулы спиртов?

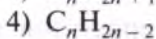
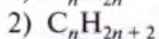
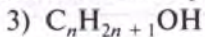
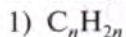
3. Один из атомов водорода в молекулах одноатомных спиртов является более подвижным. Поясните почему.

4. Почему температура кипения у спиртов намного выше, чем у соответствующих углеводородов?

5. Составьте структурные формулы всех одноатомных спиртов, молекулярная формула которых $C_5H_{11}OH$. Назовите их.

Тестовые задания

1. Общая формула одноатомных предельных спиртов



2. Вещества, имеющие формулы CH_3-O-CH_3 и CH_3-CH_2-OH , являются

1) гомологами

3) изомерами

2) полимерами

4) радикалами



Используя электронное приложение к учебнику, ознакомьтесь с анимацией к § 19.

Личный результат

Я знаю состав и строение одноатомных предельных спиртов, их общую формулу.

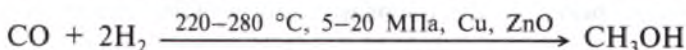
Я могу объяснить, как образуется водородная связь и как она влияет на физические свойства спиртов.

Я умею составлять структурные формулы спиртов и их изомеров, называть спирты по международной номенклатуре.

Получение, химические свойства и применение одноатомных предельных спиртов

- Составьте электронную формулу этанола и укажите наиболее реакционно-способные связи в его молекуле.
- Наличие каких химических свойств можно предположить у этанола?
- Какие реакции называют реакциями гидролиза? дегидрирования? дегидратации? Какие катализаторы используют в этих реакциях?
- Если человек выпил вино или другой алкогольный напиток, ему нельзя садиться за руль. С чем это связано?

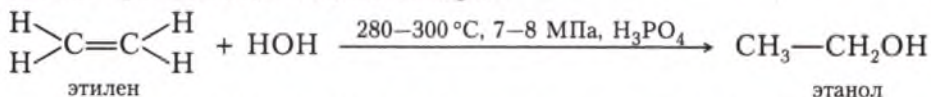
Получение. Наибольшее промышленное значение имеют метанол и этанол. Метанол синтезируют главным образом из синтез-газа:



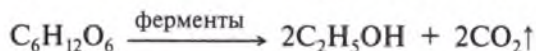
Раньше метанол выделяли из продуктов пиролиза древесины, поэтому сохранилось его старое название — древесный спирт.

Этанол в промышленности получают различными способами.

1. На современном производстве этанол получают *гидратацией этилена* при помощи водяного пара:



2. Наиболее древний метод получения этанола — *сбраживание сахаристых веществ*, содержащих глюкозу. Сбраживание глюкозы осуществляют с помощью дрожжевых грибков, выделяющих биологические катализаторы — *ферменты*. Процесс спиртового брожения глюкозы (виноградного сахара) в упрощённом виде можно изобразить так:



Этот процесс происходит при производстве вин.

3. Позднее этанол стали получать *из крахмалсодержащих продуктов*. По этому методу крахмал при гидролизе в присутствии ферментов превращается в глюкозу, из которой в процессе брожения образуется спирт.

Лабораторный опыт. Окисление этанола оксидом меди(II)

В пробирку налейте не более 0,5–1 мл этанола и погрузите в него раскалённую спираль из медной проволочки.

- Какие вещества образуются при взаимодействии этанола с оксидом меди(II)? Напишите уравнение реакции.

Этанол на воздухе горит:



6) Спирты реагируют с кислотами с образованием сложных эфиров (см. § 26).

7) Спирты можно подвергать одновременно *дегидрированию* (отщеплению водорода) и *дегидратации* (отщеплению воды).

Физиологическое действие этанола. Этанол служит основой для получения алкогольных напитков, оказывающих возбуждающее и наркотическое действие на нервную систему. Поскольку этанол легко растворяется в воде, он сразу же после приёма поглощается пищеварительными органами и разносится кровью по всему телу (в том числе и в ткани мозга). Максимальная концентрация алкоголя в крови наблюдается через 20–60 мин после его приёма.



Важная информация

Как и все предельные одноатомные спирты, этанол ядовит.

Возбуждение нервной системы, наступившее под влиянием алкоголя, сменяется резким угнетением её деятельности. У человека ослабляется внимание, затормаживается реакция на различные раздражители. Подобная реакция нервной системы наступает всегда, даже при приёме небольших доз алкоголя. Действие алкоголя на головной мозг таково, что однократный приём примерно 200 г спирта может быть смертельным, особенно для детей и подростков.

У тех, кто постоянно употребляет алкогольные напитки, может развиться тяжёлое неизлечимое заболевание — *алкоголизм*.



Важная информация

У алкоголиков обмен веществ перестраивается таким образом, что им постоянно требуется поступление в организм новых порций спирта.

У больных алкоголизмом в первую очередь поражается нервная система, а также органы пищеварения, печень, сердце и кровеносные сосуды. Лечение алкоголизма, как и любой другой наркотической зависимости, длительное. Оно осложняется ещё и тем, что человек, страдающий наркотической зависимостью, часто не считает себя больным и не хочет лечиться.

К алкогольным напиткам, помимо вина, коньяка, водки, относится и пиво. Пивной алкоголизм — одна из самых распространённых форм этой болезни.

Применение. Широкое применение находит *этанол*. В больших количествах его используют при производстве синтетических каучуков. Он является также растворителем и исходным материалом для производства лаков, медикаментов и душистых веществ. Из него получают уксусную кислоту, диэтиловый эфир, различные сложные эфиры, красители и другие вещества. В медицине этанол применяют как дезинфицирующее средство. В некоторых странах этанол применяют в качестве горючего в двигателях внутреннего сгорания. Этанол, используемый для технических нужд, подвергают денатурации, т. е. делают его непригодным для питья (добавляют к нему вещества с неприятным вкусом и красители).

Метанол широко применяют в промышленности в качестве растворителя лаков и красок, сырья для изготовления фармацевтических препаратов, химических веществ, органических красителей. Большие количества метанола используются для производства формальдегида, применяемого при изготовлении пластмасс (см. § 43), в промышленности, сельском хозяйстве, медицине. Метиловый спирт обладает антидетонационными свойствами, применяется в качестве антифриза для охлаждения радиаторов двигателей.

Пентиловые спирты применяют при производстве сложных эфиров, необходимых в парфюмерии. *Изопентиловый спирт* — реагент для определения жирности молочных продуктов. Высшие спирты применяют во многих отраслях хозяйства страны, например: $C_{14}-C_{20}$ — ускорители вулканизации; $C_{18}-C_{20}$ — медицинские препараты; $C_8, C_{12}-C_{20}$ — парфюмерно-косметическая продукция; $C_{16}-C_{20}$ — антикоррозионные смазки.

Генетическая связь одноатомных предельных спиртов с другими классами органических соединений показана на схеме 4.

В пиве содержатся природные эстрогены — вещества растительного происхождения, сходные по действию с женскими половыми гормонами. Поэтому у мужчин, часто употребляющих пиво, нарушается способность к зачатию детей и накапливается лишний вес (вырастает «пивной живот»).



Спиртовое брожение. Ферменты. Водородные связи. Алкоголизм

Подумайте, ответьте, выполните...

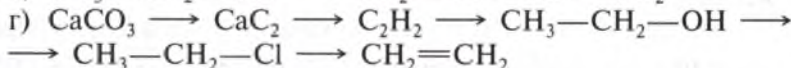
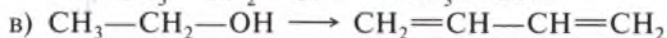
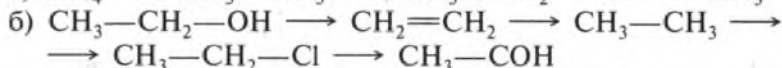
1. Как на производстве получают этанол и метанол? Приведите уравнения соответствующих реакций.

2. Составьте уравнения реакций, характеризующих химические свойства спиртов, на примере пропанола-1.

3. Какое применение имеют метанол и этанол? Ответ оформите в виде схемы.

4. Как действуют метанол и этанол на живые организмы?

5. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



6. Какой объём воздуха (н. у.) необходим для сжигания 1 л метанола ($\rho = 0,80 \text{ г/см}^3$)?

7. Оксид углерода(IV), который образовался при сбраживании 100 г раствора глюкозы, пропустили через гидроксид кальция. В осадок выпало 10 г карбоната кальция. Вычислите массовую долю глюкозы в растворе.

8. Чтобы сжечь водород, который выделился при взаимодействии пропанола с металлическим натрием, потребовалось 10 л воздуха (н. у.). Вычислите, сколько пропанола (в граммах) прореагировало.

9. Какой объём раствора с массовой долей этанола 96 % ($\rho = 0,80 \text{ г/см}^3$) можно получить из 1000 м^3 этилена (н. у.)?

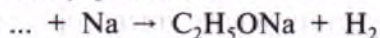
10. Напишите уравнения химических реакций, подтверждающих генетическую связь между классами органических соединений в схеме 4 (с. 98).

Тестовые задания

1. В метаноле между молекулами возникает

- 1) металлическая связь 3) ионная связь
2) водородная связь 4) ковалентная полярная связь

2. В предложенную схему реакции



следует вписать формулу

- 1) CH_3OH 2) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 3) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 4) $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$

3. Этанол можно получить гидратацией

- 1) пропана 2) этана 3) этена 4) этина



Используя электронное приложение, ознакомьтесь с видеоматериалами к § 20.



Используя Интернет или дополнительную литературу, узнайте, что означают выражения «эмбриотоксическое действие» и «тератогенное действие». Найдите информацию, подтверждающую эмбриотоксическое и тератогенное действие этилового спирта.

Личный результат

Я могу объяснять зависимость свойств спиртов от наличия функциональной группы ($-\text{OH}$).

Я умею составлять уравнения реакций, подтверждающих свойства спиртов и их применение, и характеризовать физиологическое действие метанола и этанола.

- Какие вещества относят к спиртам?
- Встречались ли вы в быту с глицерином? Если да, то что вы можете сказать о физических свойствах этого вещества?
- В чём заключается реакция нейтрализации?

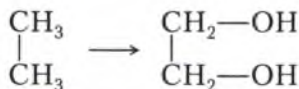


Определение

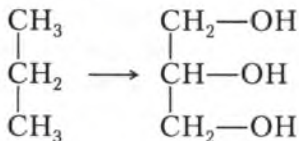
К МНОГОАТОМНЫМ СПИРТАМ относят органические соединения, в молекулах которых содержится несколько гидроксильных групп, соединённых с углеводородным радикалом.

Формулы многоатомных спиртов, как и одноатомных, можно вывести из формул соответствующих углеводородов, заменяя в них атомы водорода гидроксильными группами.

Если, например, в формуле этана гидроксильными группами заместить два атома водорода (по одному у каждого атома углерода), то получится формула двухатомного спирта *этиленгликоля* (этандиола-1,2):



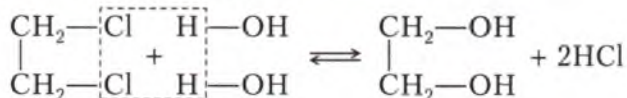
Из формулы пропана можно вывести формулу трёхатомного спирта *глицерина* (пропантриола-1,2,3):



По международной номенклатуре названия многоатомных спиртов составляют следующим образом: основа названия — название предельного углеводорода с таким же числом атомов углерода с добавлением суффиксов **-диол-**, **-триол-** и т. д., затем через дефис цифрами указывают положение гидроксильных групп в углеродной цепи.

Этиленгликоль и глицерин имеют большое практическое значение.

Получение. Нам уже известно, что этиленгликоль образуется при окислении этилена перманганатом калия. Этиленгликоль и глицерин можно получить также из галогенопроизводных соответствующих углеводородов:



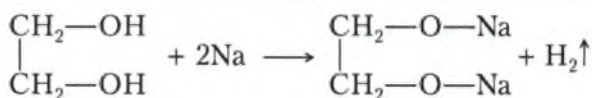
Чтобы сдвинуть равновесие реакции вправо, выделяющуюся соляную кислоту нейтрализуют щёлочью.

В промышленности глицерин получают из пропилена, который образуется при крекинге и пиролизе нефти, а также из жиров.

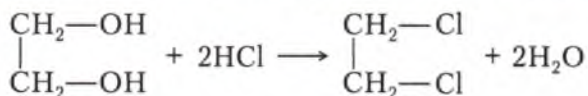
Физические свойства. Этиленгликоль и глицерин — бесцветные сиропообразные жидкости сладковатого вкуса. Они хорошо растворяются в воде и в этаноле. Этиленгликоль кипит при температуре 197,6 °С, а глицерин — при 290 °С. Этиленгликоль очень ядовит!

Химические свойства этиленгликоля и глицерина сходны с химическими свойствами одноатомных спиртов.

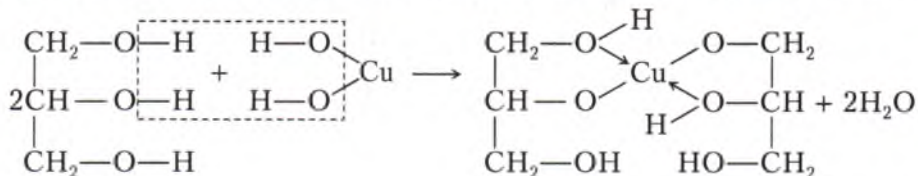
1) Многоатомные спирты *реагируют с активными металлами*:



2) Многоатомные спирты *реагируют с галогеноводородами*:



3) Для многоатомных спиртов характерны и некоторые специфические свойства. Например, если к свежеприготовленному гидроксиду меди(II) в присутствии щёлочи прилить глицерин и смесь встряхнуть, то осадок растворяется и образуется раствор ярко-синего цвета* (рис. 30):



глицерат меди(II) —
комплексное соединение

* Уравнение реакции дано в упрощённом виде.

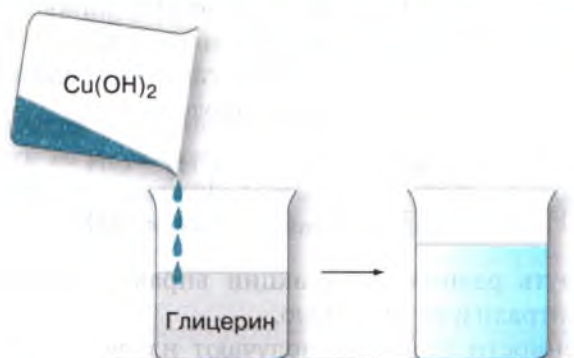


Рис. 30. Качественная реакция на многоатомные спирты

Важная информация

Образование ярко-синего раствора при добавлении глицерина к свежеприготовленному гидроксиду меди(II) в присутствии щёлочи — качественная реакция на многоатомные спирты.

Лабораторный опыт. *Растворение глицерина в воде и реакция его с гидроксидом меди(II)*

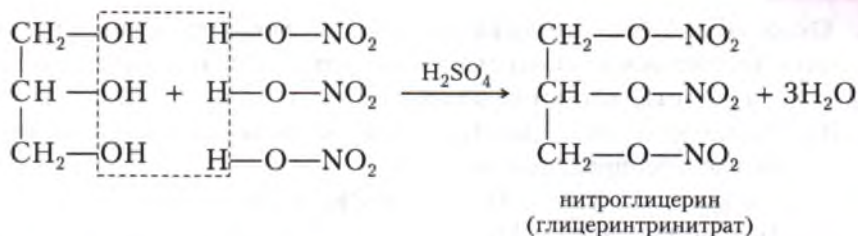
1) Налейте в пробирку 1—2 мл глицерина, добавьте столько же воды и встряхните. Затем добавьте в 2—3 раза больше воды.

- Какова растворимость глицерина в воде?

2) В пробирку налейте 2 мл раствора гидроксида натрия и добавьте немного раствора сульфата меди(II) до выпадения осадка. К осадку прилейте глицерин и взболтайте.

- Какая качественная реакция характерна для глицерина и других многоатомных спиртов? Напишите уравнения осуществлённых реакций.

Глицерин взаимодействует с азотной кислотой. В результате этой реакции образуется нитроглицерин — сложный эфир азотной кислоты и глицерина:



Название «нитроглицерин» историческое и не соответствует строению молекулы этого вещества.

Для практического применения нитроглицерин переводят в динамит, пропитывая нитроглицерином инфузорную землю или древесную муку.

Применение. *Этиленгликоль* необходим для приготовления антифризов — незамерзающих жидкостей, используемых в радиаторах автомобилей в зимних условиях (66%-ный водный раствор этиленгликоля замерзает только при -60°C). Этиленгликоль применяют также при синтезе некоторых органических соединений (например, синтетического волокна лавсана).

Глицерин применяют для получения нитроглицерина и динамита. Кроме того, глицерин используют в парфюмерии и в медицине (для изготовления мазей, смягчающих кожу), в кожевенном производстве (для предохранения кож от высыхания), в текстильной промышленности (для придания тканям мягкости и эластичности) и т. д. В медицине 1%-ный раствор и таблетки *нитроглицерина* служат в качестве средств, расширяющих кровеносные сосуды.

Многоатомные спирты. Этиленгликоль. Глицерин. Качественная реакция на многоатомные спирты

 **Подумайте, ответьте, выполните...**

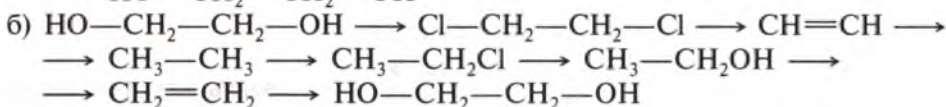
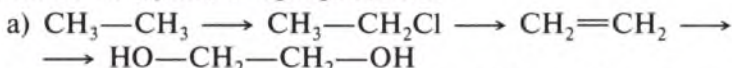
1. Какие соединения называют многоатомными спиртами? Приведите молекулярную, структурную и электронную формулы бутантриола-1,2,4.
2. Запишите структурные формулы двух гомологов этиленгликоля.

Нобель Альфред Бернхард (1833—1896)

Шведский инженер-химик, изобретатель динамита. С 1853 г. работал в России. Завещал около 33 млн шведских крон в качестве премии за научные работы, а также за деятельность по укреплению мира.

3. Охарактеризуйте химические свойства этиленгликоля и глицерина. Напишите уравнения соответствующих реакций и перечислите одинаковые и различные свойства одноатомных и многоатомных спиртов.

4. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



5. Для каких целей применяют этиленгликоль и глицерин?

6. Какой объём газа (в литрах) выделился, если на 3,6 г глицерина подействовали металлическим натрием, взятым в избытке (н. у.)?

7. При действии избытка металлического натрия на смесь, содержащую 6,2 г этиленгликоля и неизвестную массу глицерина, выделилось 5,6 л водорода (н. у.). Вычислите состав смеси в процентах.

8. Какую массу (в килограммах) этиленгликоля можно получить из 108 м^3 этилена (н. у.), если известно, что массовая доля выхода продукта реакции составляет 0,78 от теоретического?

Тестовые задания

1. Гомологами являются

- 1) метанол и бензол 3) глицерин и этиленгликоль
2) бутин-2 и бутен-2 4) 2-метилпропан и 2-метилпентан

2. Реактивом на многоатомные спирты является _____.



Используя электронное приложение, ознакомьтесь с видеоматериалами к § 21.



Прочитайте рассказ о нитроглицерине в книге М. Колтуна «Мир химии» из серии «Твой кругозор» (М.: Просвещение, 2009. — С. 157).

Личный результат

Я умею составлять уравнения реакций, подтверждающих свойства многоатомных спиртов, и проводить качественную реакцию на многоатомные спирты.

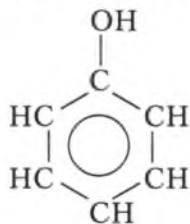
Фенолы и ароматические спирты

- Какие углеводороды называют аренами?
- Запишите молекулярную и структурную формулы бензола.
- Повторите химические свойства спиртов и аренов.
- Что называют нитрованием?

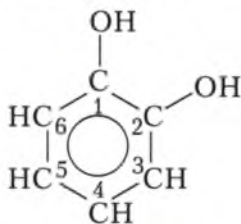
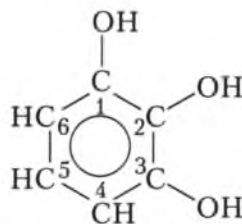
 **Определение**

К ФЕНОЛАМ относят производные ароматических углеводородов, в молекулах которых гидроксильные группы связаны с бензольным ядром.

Например, из формулы бензола можно вывести формулы как одноатомных, так и многоатомных фенолов:

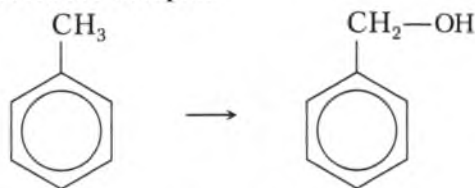


фенол

1,2-дигидроксибензол
(пирокатехин)1,2,3-тригидроксибензол
(пирогаллол)
 **Определение**

Производные ароматических углеводородов, содержащие гидроксильные группы в боковой цепи, относят к АРОМАТИЧЕСКИМ СПИРТАМ.

Так, например, из формулы метилбензола можно вывести формулу ароматического бензильного спирта:



метилбензол (толуол)

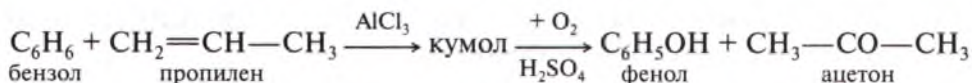
бензильный спирт

Ароматические спирты по своим химическим свойствам сходны с одноатомными предельными спиртами.

Физические свойства фенола. Фенол — бесцветное кристаллическое вещество (розовеет при хранении из-за окисления) с характерным запахом. Его температура плавления $40,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. В холодной воде он мало растворим, но уже при $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ растворяется в любых отношениях. Фенол ядовит!

Получение фенола. Фенол имеет большое практическое значение, поэтому разработаны различные методы его получения.

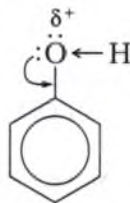
Самый распространённый способ получения фенола — *кумольный* (кумолем называют изопропилбензол). Он основан на использовании экономически выгодных исходных материалов (бензол и пропилен), к тому же в этом процессе получается другой ценный продукт — ацетон:



Сейчас во всём мире практически вся масса вырабатываемого фенола и ацетона производится этим способом.

Строение молекулы фенола. Если мысленно вычесть из молекулярной формулы бензола один атом водорода, то получается группа атомов C_6H_5- , называемая *фенилрадикалом*.

В отличие от радикалов предельных углеводородов (CH_3- , C_2H_5- и т. д.), фенилрадикал обладает свойством несколько оттягивать к себе электроны кислородного атома гидроксильной группы:



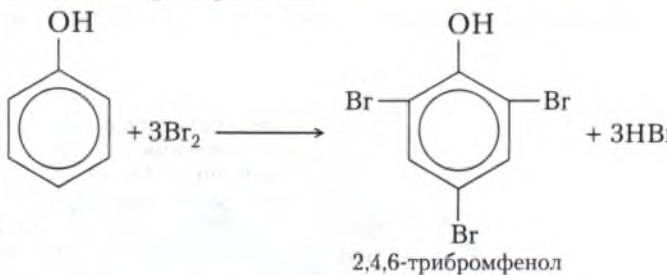
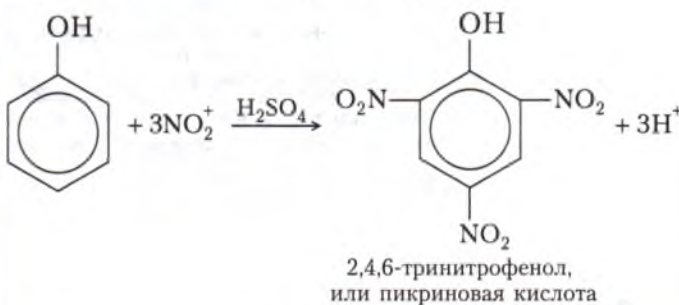
В феноле неподелённая электронная пара атома кислорода гидроксильной группы взаимодействует с π -электронным облаком бензольного кольца: *π -электронное облако перекрывается с p -орбиталью атома кислорода*. В результате в молекуле фенола на атоме кислорода электронная плотность меньше, чем на атоме кислорода в молекуле этилового спирта. Поэтому в молекуле фенола химическая связь между атомом кислорода и атомом водорода становится более полярной, а водородный атом — более подвижным и реакционно-способным.

Химические свойства фенола обусловлены наличием в его молекуле гидроксильной группы и бензольного кольца, которые взаимно влияют друг на друга. Наличие гидроксильной группы предопределяет сходство фенола со спиртами (табл. 8). *Влияние бензольного ядра на гидроксильную группу обуславливает большую подвижность её водородного атома.* Поэтому фенол, в отличие от спиртов, реагирует со щелочами, т. е. обладает свойствами слабых кислот (его иногда называют карболовой кислотой). В свою очередь, *гидроксильная группа придаёт атомам водорода бензольного кольца большую подвижность в положении 2, 4, 6.* Это один из многих примеров, подтверждающих тезис теории А. М. Бутлерова о взаимном влиянии атомов в молекулах.

Важнейшие химические свойства фенолов отражены в таблице 8.

Таблица 8

Химические свойства фенолов

Свойства, обусловленные	
гидроксильной группой	бензольным кольцом
<p>1. Свойство, которым фенол сходен со спиртами: $2\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + 2\text{Na} \longrightarrow 2\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{H}_2\uparrow$</p> <p>2. Свойство, которым фенол отличается от спиртов: $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{H}_2\text{O}$</p>	<p>1. Реакция бромирования:</p>  <p>2,4,6-трибромфенол</p> <p>2. Реакция нитрования (см. с. 71):</p>  <p>2,4,6-тринитрофенол, или пикриновая кислота</p>

Лабораторный опыт. Химические свойства фенола

1) В пробирку налейте 1—2 мл раствора фенола, встряхните, а затем прилейте немного насыщенного раствора бромной воды.

2) Влейте в пробирку немного раствора фенола и прилейте 4—5 мл воды. Содержимое пробирки встряхните. К образовавшейся взвеси прибавьте немного раствора гидроксида натрия и взболтайте.

Фенол — ядовитое вещество, поэтому будьте осторожны!

3) В пробирку налейте 1—2 мл раствора фенола, встряхните, а затем прилейте немного раствора хлорида железа(III). Обратите внимание на цвет раствора.

- На основе проведённых опытов поясните, какими общими и отличительными свойствами обладает фенол по сравнению со спиртами и бензолом. Напишите уравнения соответствующих реакций.

Важная информация

Для качественного определения фенола используют цветную реакцию с хлоридом железа(III) (появляется фиолетовое окрашивание).



Рис. 31. Применение фенола

Применение. Фенол применяют для производства фенолоформальдегидных пластмасс (см. § 43), красителей, лекарств, взрывчатых веществ и др. (рис. 31). Раствор фенола в воде имеет дезинфицирующие свойства. *Тринитрофенол* (пикриновую кислоту) используют для получения взрывчатых веществ (пикратов — солей пикриновой кислоты).

Фенол и его производные ядовиты, поэтому при их производстве применяют оборудование, препятствующее проникновению этих веществ в окружающую среду. При помощи специальных устройств остатки фенола улавливают, побочные производственные продукты, содержащие фенол, каталитически окисляют, сточные воды обрабатывают озоном и т. д. Учёные разрабатывают и другие пути защиты окружающей среды.

Генетическая связь фенолов с другими классами органических соединений отражена на схеме 5.

Схема 5



Фенолы. Ароматические спирты. Качественная реакция на фенол

3 Подумайте, ответьте, выполните...

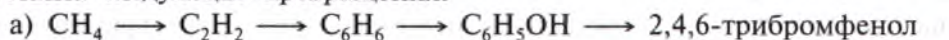
1. Какие вещества относят к фенолам, а какие — к ароматическим спиртам? Изобразите структурные формулы двух-трёх представителей: а) фенолов; б) ароматических спиртов.

2. Составьте электронную формулу фенола и поясните, почему атом водорода в гидроксильной группе более подвижен, чем в молекулах одноатомных спиртов.

3*. В результате каких опытов можно убедиться, что в молекуле фенола бензольное кольцо и гидроксильная группа взаимно влияют друг на друга? Напишите уравнения реакций.

4. Почему мутнеет водный раствор фенолята натрия: а) если к нему добавляют соляную кислоту; б) если через него пропускают оксид углерода(IV)? Приведите уравнения соответствующих реакций.

5. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



б) $\text{CH}_4 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_8 \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{14} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \longrightarrow \text{пикриновая кислота}$

6. Составьте конспект ответа, характеризующего фенол, по образцу, предложенному в задании 6 после § 9 (см. с. 42).

7. На раствор, содержащий 0,1 моль фенола, подействовали бромной водой, взятой в избытке. Какие вещества образовались и какова их масса (в граммах)?

8. Сожгли 4,7 г фенола и получившийся оксид углерода (IV) пропустили через раствор гидроксида кальция, взятого в избытке. Вычислите массу (в граммах) образовавшегося карбоната кальция.

9. Вычислите массу (в граммах) брома, содержавшегося в растворе, если при действии на него избытком фенола выпало 24 г осадка.

Тестовые задания

1. Конечным продуктом взаимодействия фенола с бромной водой является

1) 2-бромфенол

3) 2,4,6-трибромфенол

2) 2,4-дибромфенол

4) 2,6-дибромфенол

2. И для этанола, и для фенола характерна реакция

1) с натрием

3) с бромной водой

2) с гидроксидом натрия

4) с хлоридом железа(III)



Используя электронное приложение, ознакомьтесь с видеоматериалами к § 22.



Используя Интернет и дополнительную литературу, подготовьте электронную презентацию о воздействии фенола и его производных на окружающую среду.

Личный результат

Я могу объяснить зависимость свойств фенола от строения его молекулы, взаимное влияние атомов в молекуле на примере фенола.

Я умею составлять уравнения реакций, характеризующих химические свойства фенола.

ГЛАВА VII

АЛЬДЕГИДЫ, КЕТОНЫ И КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ

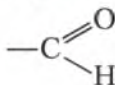
Карбонильные соединения — альдегиды и кетоны

§ 23

- Продуктом какой уже знакомой вам реакции является ацетальдегид? Запишите уравнение реакции и укажите условия её протекания.

Карбонильные соединения — это органические вещества, которые содержат карбонильную группу >C=O . К ним относятся альдегиды и кетоны.

В молекулах альдегидов карбонильная группа связана с атомом водорода:



Эту группу атомов считают функциональной группой альдегидов и называют *альдегидной группой*.

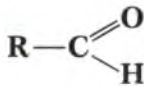


Определение

АЛЬДЕГИДЫ — это органические вещества, содержащие функциональную группу $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$ (альдегидную группу).

С некоторыми альдегидами вы уже знакомы. Так, например, муравьиный альдегид, или формальдегид, образуется при окислении метанола, уксусный альдегид, или ацетальдегид, — при окислении этанола.

В молекулах всех альдегидов альдегидная группа связана с углеводородным радикалом. (Исключение — формальдегид, в молекуле которого альдегидная группа связана с атомом водорода.) Обозначив углеводородный радикал латинской буквой R, можно записать общую формулу альдегидов:

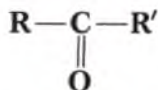




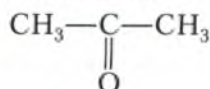
Определение

В молекулах КЕТОНОВ карбонильная группа связана с двумя углеводородными радикалами.

Общая формула кетонов

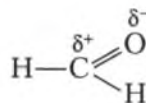
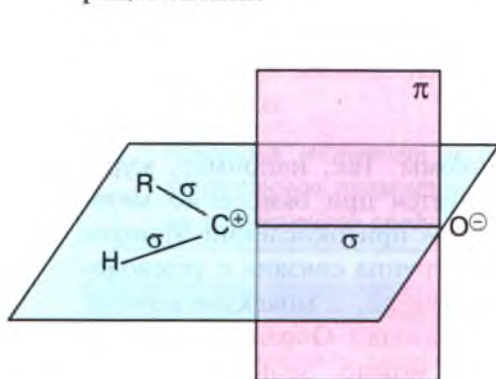


Простейший представитель кетонов — ацетон:



Строение молекул альдегидов. Молекулярная формула формальдегида CH_2O . Этой молекулярной формуле соответствует только одна структурная формула. Учитывая электроотрицательность элементов H , C , O , приходим к выводу, что связи между атомами в молекуле формальдегида должны быть полярными.

В молекулах альдегидов между атомами углерода и водорода существует σ -связь, а между атомами углерода и кислорода — одна σ - и одна π -связь. Атом углерода находится в состоянии sp^2 -гибридизации (рис. 32). Электронная плотность, преимущественно π -связи как наиболее подвижной, смещается от атома углерода к более электроотрицательному атому кислорода. Поэтому атом углерода приобретает частичный положительный заряд, а атом кислорода — частичный отрицательный:

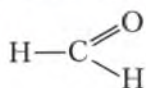


Изомерия и номенклатура. Для альдегидов характерна *изомерия углеродного скелета*: он может иметь либо неразветвленную, либо разветвленную цепь. Для кетонов возможна *изомерия углеродного скелета* и *изомерия положения карбонильной группы*.

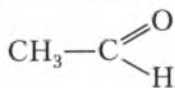
Названия альдегидов происходят от исторических названий соответ-

Рис. 32. Образование связей в молекулах альдегидов

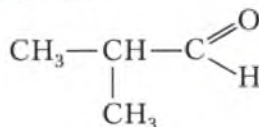
ствующих органических кислот, в которые эти альдегиды превращаются при окислении (муравьиный альдегид, уксусный альдегид, пропионовый альдегид и т. д.). По международной номенклатуре названия альдегидов образуют от названий соответствующих углеводородов с прибавлением суффикса **-аль**. Перед названием указывают положение и названия заместителей в углеродной цепи. Например:



метаналь
(муравьиный альдегид,
формальдегид)

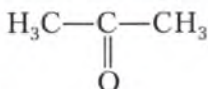


этаналь
(уксусный альдегид,
ацетальдегид)

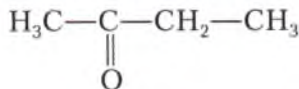


2-метилпропаналь
(изомасляный альдегид)

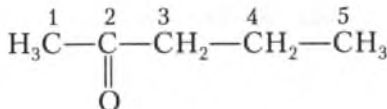
Название кетогруппы отражают суффиксом **-он**, например:



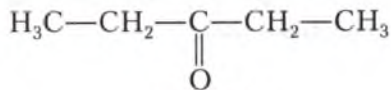
ацетон, или **пропанон**



бутанон



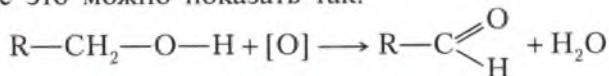
пентанон-2



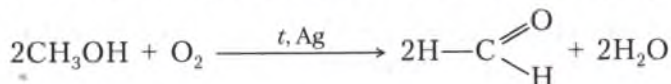
пентанон-3

Физические свойства. Метаналь — бесцветный ядовитый газ с резким запахом. Раствор метанала в воде (35—40 %-ный) называют *формалином*. Остальные члены ряда альдегидов — жидкости, а высшие альдегиды — твёрдые вещества. Ацетон — легколетучая жидкость.

Получение. В лаборатории альдегиды получают окислением первичных спиртов. В качестве окислителей применяют оксид меди(II), пероксид водорода и другие вещества, способные отдавать кислород. В общем виде это можно показать так:



В промышленности альдегиды получают различными способами. Основную массу формальдегида производят из метанола, пропуская его пары вместе с воздухом через реактор с раскалённой серебряной сеткой:



5. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно получить альдегиды и кетоны.

6. Составьте уравнения реакций окисления этанола и пропанола. В чём сходство и различия в строении молекул полученных продуктов?

7. Напишите структурную формулу вещества состава C_4H_8O , если известно, что оно взаимодействует с гидроксидом меди(II) и при окислении образует 2-метилпропановую кислоту. Назовите это вещество.

8. При сжигании 7,5 г органического вещества (н. у.) образуется 4,5 г водяного пара и 11 г оксида углерода(IV). Найдите молекулярную формулу вещества и назовите его, если известно, что плотность его пара по водороду равна 15.

9. Какой объём воздуха (н. у.) потребуется для окисления метанола, если нужно получить 1 т раствора с массовой долей метанола 40 %?

Тестовые задания

1. Формулы только альдегидов находятся в ряду

- 1) C_3H_7COH , CH_3COOH , C_6H_5OH
- 2) C_2H_5COH , $C_6H_5CH_3$, CH_3COCH_3
- 3) C_3H_7COOH , C_4H_9COH , CH_3COCH_3
- 4) C_2H_5COH , C_3H_7COH , $HCOH$

2. Гомологом ацетальдегида является органическое соединение

- 1) C_2H_5OH
- 2) CH_3COCH_3
- 3) C_2H_5COH
- 4) C_3H_7COOH



Используя электронное приложение, выполните тесты к теме «Альдегиды» (§ 23).



Найдите в Интернете информацию, касающуюся применения ацетона.

Личный результат

Я знаю состав и строение альдегидов и кетонов, их функциональные группы.

Я умею составлять формулы изомеров и гомологов альдегидов и называть их по международной номенклатуре.

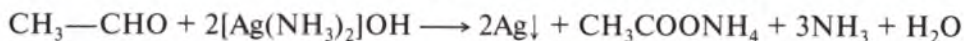
- Предположите, как влияет функциональная группа на свойства альдегидов.
- Что такое качественная реакция?



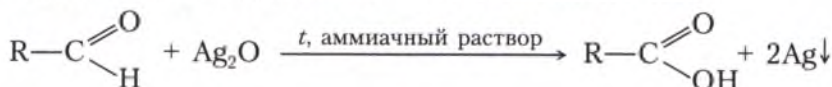
Рис. 33. Ёлочные шары, посеребрённые с помощью реакции «серебряного зеркала»

Химические свойства. Для альдегидов наиболее характерны реакции окисления и присоединения.

Реакции окисления. 1) *Реакция «серебряного зеркала»* (рис. 33). Для осуществления этой реакции в чистую пробирку наливают аммиачный раствор оксида серебра(I) (Ag_2O в воде практически не растворяется, но с аммиаком образует растворимое соединение $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$), к нему добавляют раствор альдегида и нагревают:



В общем виде это уравнение часто записывают так:



Восстановленное серебро оседает на стенках пробирки в виде блестящего налёта, а альдегид окисляется в соответствующую органическую кислоту.



Важная информация

Реакция «серебряного зеркала» — качественная реакция на альдегиды.

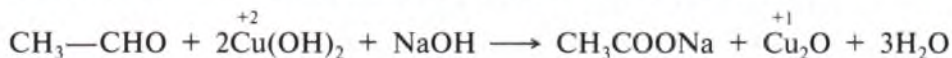
Лабораторный опыт. *Окисление метаналь (этаналь) оксидом серебра(I)*

1) Тщательно вымойте пробирку. Для этого налейте в неё концентрированный раствор гидроксида натрия и несколько минут нагревайте до кипения. Затем вылейте гидроксид натрия, охладите пробирку и несколько раз промойте её дистиллированной водой.

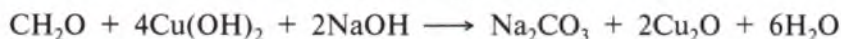
2) В чистую пробирку налейте 2 мл свежеприготовленного раствора с массовой долей нитрата серебра(I) 0,02 и к нему добавьте по каплям разбавленный раствор аммиака до растворения появившегося осадка. К полученному раствору добавьте несколько капель раствора метанала (или этанала). Пробирку поместите в стакан с горячей водой.

- Что происходит в пробирке? Напишите уравнение протекающей реакции.

2) *Другой качественной реакцией на альдегиды является их окисление гидроксидом меди(II).* Если к голубому осадку гидроксида меди(II) прилить раствор альдегида в щелочной среде и смесь нагреть, то появляется жёлтый осадок гидроксида меди(I), который при дальнейшем нагревании превращается в красный оксид меди(I):



Метаналь окисляется легче, чем другие альдегиды:

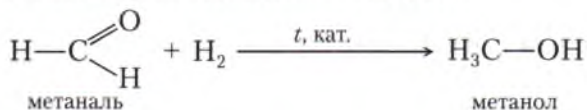


Лабораторный опыт. *Окисление метанала (этанала) гидроксидом меди(II)*

В пробирку налейте 1 мл раствора с массовой долей сульфата меди(II) 0,02 и 1 мл раствора с массовой долей гидроксида натрия 0,1. К полученному осадку гидроксида меди(II) прилейте примерно 1 мл раствора метанала или этанала. Полученную смесь нагрейте.

- Что образуется при окислении альдегидов? Как можно отличить альдегиды от других органических веществ?
- Напишите уравнения соответствующих реакций.

Реакции присоединения обусловлены наличием в карбонильной группе π -связи, которая легко разрывается. По месту её разрыва присоединяются атомы и атомные группы. Так, например, при пропускании смеси метанала с водородом над нагретым катализатором происходит восстановление метанала в метанол:



Древесно-стружечные плиты (ДСП) изготавливают из древесных опилок и фенолоформальдегидных смол. Мебель, изготовленная из таких плит, выделяет формальдегид и поэтому представляет опасность для здоровья. Помещение, где находится такая мебель, следует часто проветривать.

Аналогично присоединяют водород и другие альдегиды. Для кетонов также характерны реакции присоединения.

Применение. Наибольшее применение имеют метаналь и этаналь. Большое количество метанала используют для получения фенолоформальдегидной смолы (см. § 43). Эта смола необходима для производства различных пластмасс. При растворении фенолоформальдегидной смолы в ацетоне или спирте получают различные лаки.

При взаимодействии метанала с карбамидом $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ получают карбамидную смолу, а из неё — *аминопласты*. Из этих пластмасс изготавливают микропористые материалы для нужд электротехники.

Метаналь применяется также при производстве некоторых лекарственных веществ и красителей.

Широко применяют водный раствор с массовой долей метанала 40 % (формалин). Его использование основано на свойстве свёртывать белок. Так, например, в кожевенном производстве дубящее действие формалина объясняется свёртыванием белка, в результате чего кожа твердеет и не подвергается гниению. На этом же свойстве основано применение формалина для сохранения биологических препаратов. Иногда формалин используют для дезинфекции и протравливания семян.

Этаналь широко применяют в органическом синтезе. Ацетон и другие кетоны — хорошие растворители лаков, красок и др.

Генетическая связь альдегидов с другими классами органических соединений показана на схеме 6.

Схема 6



Реакции окисления и присоединения альдегидов. Качественные реакции на альдегиды

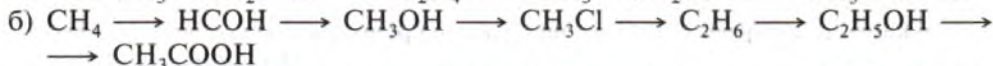
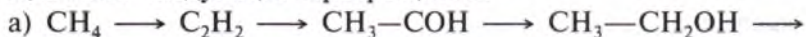


Подумайте, ответьте, выполните...

1. Как можно двумя способами доказать, что в данном растворе содержится альдегид? Приведите уравнения соответствующих реакций.

2. Перечислите области применения важнейших альдегидов и кетонов. На каких свойствах основано их использование?

3. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



4. Напишите уравнения химических реакций, подтверждающих генетическую связь между классами органических соединений в схеме б. Результат обсудите с соседом по парте.

5. Окислили 2 моль метанола, а образовавшийся метаналь растворили в 200 г воды. Вычислите содержание метанала в растворе (в процентах).

6. При окислении этанала выделилось 2,7 г серебра. Вычислите, какой объём (в литрах) ацетилен потребовался для получения необходимой массы этанала $\text{CH}_3\text{—COH}$ (н. у.).



Используя электронное приложение к учебнику, выполните тестовые задания к § 24.



Используя Интернет, подготовьте электронную презентацию на тему «Применение альдегидов».

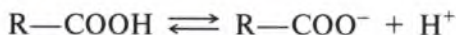
Личный результат

Я могу объяснить зависимость свойств альдегидов от строения их функциональной группы.

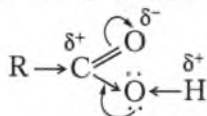
Я могу проводить качественные реакции на альдегиды.

Я умею составлять уравнения реакций, подтверждающих свойства альдегидов.

Атом водорода в гидроксильной группе карбоновых кислот гораздо более подвижен, чем в молекулах спиртов. Поэтому растворимые в воде карбоновые кислоты отщепляют ионы водорода и окрашивают лакмус в красный цвет:



Отличие свойств спиртов от свойств карбоновых кислот объясняется тем, что в молекулах спиртов гидроксильная группа связана с углеводородным радикалом, а в молекулах карбоновых кислот — с карбонильной группой. Ослабление связи между кислородом и водородом в гидроксильной группе объясняется разностью электроотрицательностей атомов углерода, кислорода и водорода. Атом углерода карбонильной группы приобретает некоторый положительный заряд (электронная плотность сдвигается от него в сторону атома кислорода карбонильной группы). В результате этот атом углерода притягивает к себе электронную пару от атома кислорода гидроксильной группы. Компенсируя смещённую электронную плотность, атом кислорода гидроксильной группы оттягивает к себе электронную пару соседнего атома водорода. Вследствие этого связь между атомами кислорода и водорода в гидроксильной группе становится более полярной и атом водорода приобретает большую подвижность:



Изомерия и номенклатура. Изомерия предельных одноосновных карбоновых кислот аналогична изомерии альдегидов.

Чаще всего употребляют исторически сложившиеся названия кислот (муравьиная, уксусная и т. д.). По международной номенклатуре названия карбоновых кислот образуют от названий соответствующих углеводородов с прибавлением окончания **-овая** и слова **кислота**, например: метановая кислота $\text{H}-\text{COOH}$, этановая кислота CH_3-COOH . Формулы и названия некоторых одноосновных предельных карбоновых кислот даны в таблице 9 (с. 122).

Нахождение в природе (рис. 34). Муравьиная кислота содержится в выделениях муравьёв, в крапиве и хвое ели. Ожог крапивой — это результат раздражающего действия муравьиной кислоты. Масляная (бутановая) кислота входит в состав прогорклого масла, а валериановая (пентановая) кислота содержится в корнях валерианы.

Физические свойства. Низшие карбоновые кислоты — жидкости с острым запахом, хорошо растворимые в воде.

Предельные одноосновные карбоновые кислоты

Формула	Название
$\text{H}-\text{C}\begin{array}{l} \text{O} \\ \text{ } \\ \text{OH} \end{array}$	Муравьиная (метановая) кислота
$\text{CH}_3-\text{C}\begin{array}{l} \text{O} \\ \text{ } \\ \text{OH} \end{array}$	Уксусная (этановая) кислота
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\begin{array}{l} \text{O} \\ \text{ } \\ \text{OH} \end{array}$	Пропионовая (пропановая) кислота
Высшие карбоновые кислоты:	
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$	Пальмитиновая кислота
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$	Стеариновая кислота

С повышением относительной молекулярной массы растворимость кислот в воде уменьшается, а температура кипения повышается. Высшие кислоты, начиная с пеларгоновой (нонановой) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$, — твёрдые вещества, без запаха, нерастворимые в воде.

Получение. В лаборатории карбоновые кислоты, как и кислоты неорганические, можно получить из их солей, действуя на них серной кислотой при нагревании (см. § 27):

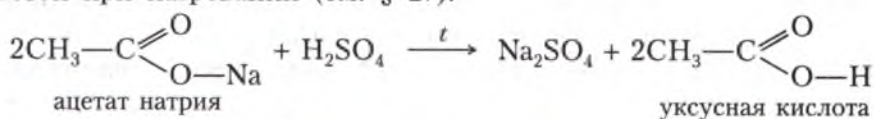


Рис. 34. Яблоки содержат яблочную кислоту, муравьи выделяют при укусе муравьиную

В промышленности карбоновые кислоты получают различными способами (табл. 10).

Таблица 10

Способы промышленного получения предельных одноосновных карбоновых кислот

Методы получения карбоновых кислот окислением	алканов	$1. 2\text{CH}_4 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} 2\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O}$ $2. 2\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{p, \text{кат.}} 4\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>Данный метод разработал отечественный учёный Н. М. Эмануэль.</p> $3. 2\text{C}_{36}\text{H}_{74} + 5\text{O}_2 \xrightarrow{t, \text{кат.}} 4\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p style="text-align: center;">стеариновая кислота</p>
	спиртов	$1. \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{OH} \end{array} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$ $2. \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{бактерии}} \text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + \text{H}_2\text{O}$ <p>Уксусную кислоту с древних времён получали окислением водных растворов винного спирта (этанол). Под действием кислорода воздуха в присутствии природных катализаторов — ферментов — в вине, забродивших фруктовых соках, варенье образуется уксусная кислота</p>
	альдегидов	$2\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{array} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} 2\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array}$
Специфические методы получения	$1. \text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} \xrightarrow[\text{кат.}]{0,1 \text{ МПа}} \text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array}$ <p>Основной промышленный способ получения уксусной кислоты.</p> $2. \text{CO} + \text{NaOH} \xrightarrow{t, 0,6-0,8 \text{ МПа}} \text{HCOONa}$ $\text{HCOONa} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{HCOOH} + \text{NaHSO}_4$ <p>3. Уксусную кислоту получают из продуктов пиролиза древесины</p>	

Карбоновые кислоты. Карбоксильная группа (карбоксогруппа). Одноосновные предельные карбоновые кислоты



Подумайте, ответьте, выполните...

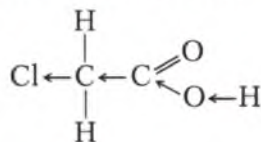
1. Какие соединения относят к карбоновым кислотам? Как их классифицируют? Приведите по одному примеру из каждой группы кислот.

2*. Изобразите электронную формулу уксусной кислоты и поясните, как происходит перекрывание и сдвиг электронных орбиталей при образовании химических связей в карбоксильной группе.

3*. Как изменяются свойства водородных атомов гидроксильных групп в ряду веществ: одноатомные спирты, многоатомные спирты, фенолы, карбоновые кислоты? Почему?

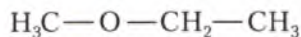
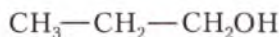
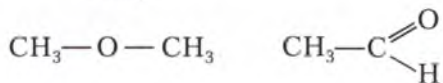
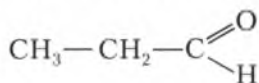
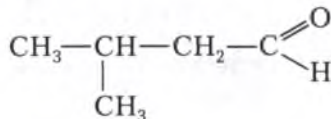
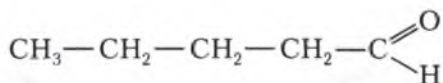
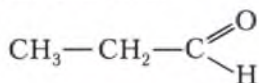
4. Какие две кислоты имеют общую молекулярную формулу $C_4H_8O_2$? Назовите их.

5*. На схеме строения молекулы монохлоруксусной кислоты стрелками указан сдвиг электронной плотности:



Как можно объяснить это явление? Какая из кислот — монохлоруксусная $\text{ClCH}_2\text{—COOH}$ или уксусная $\text{CH}_3\text{—COOH}$ — должна быть более сильной? Ответ мотивируйте.

6. Из веществ, формулы которых даны ниже, выпишите отдельно: а) гомологи; б) изомеры. Под формулами напишите названия соответствующих веществ:



Химические свойства и применение одноосновных предельных карбоновых кислот

- Что такое реакция «серебряного зеркала»?

Химические свойства. Общие свойства карбоновых кислот аналогичны соответствующим свойствам неорганических кислот (табл. 11).

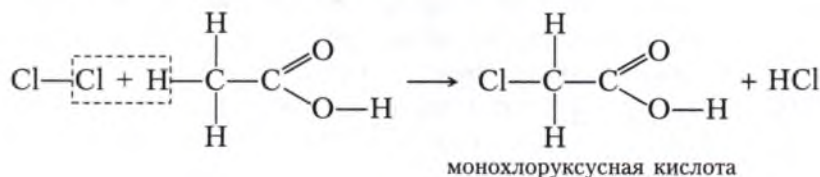
Таблица 11

Химические свойства кислот

Свойства кислот	Химические реакции, характерные для кислот	
	неорганических	органических
1. Молекулы кислот в водном растворе диссоциируют	$\text{HNO}_3 = \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$	$\text{HC} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{O}-\text{H} \end{array} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HC} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{O}^- \end{array}$
2. Кислоты реагируют с металлами	$2\text{HCl} + \text{Mg} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ $\overset{0}{\text{Mg}} + 2\text{H}^+ = \overset{0}{\text{Mg}}^{2+} + \overset{0}{\text{H}_2} \uparrow$	$2\text{CH}_3\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + \text{Mg} \rightarrow$ $\rightarrow (\text{CH}_3-\text{COO})_2\text{Mg} + \text{H}_2 \uparrow$ ацетат магния
3. Кислоты реагируют с основными и амфотерными оксидами и гидроксидами	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MgO} =$ $= \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{H}^+ + \text{MgO} = \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{HCl} + \text{NaOH} =$ $= \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$	$2\text{HCOOH} + \text{MgO} =$ $= (\text{HCOO})_2\text{Mg} + \text{H}_2\text{O}$ формиат магния $2\text{H}^+ + \text{MgO} = \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} =$ $= \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
4. Кислоты реагируют с солями более слабых и летучих кислот	$2\text{HCl} + \text{CaCO}_3 =$ $= \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$ $\swarrow \quad \searrow$ $\text{CO}_2 \uparrow \quad \text{H}_2\text{O}$ $2\text{H}^+ + \text{CaCO}_3 =$ $= \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$	$2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CaCO}_3 \rightarrow$ $\rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2\text{CO}_3$ ацетат кальция $\swarrow \quad \searrow$ $\text{CO}_2 \uparrow \quad \text{H}_2\text{O}$

Свойства кислот	Химические реакции, характерные для кислот	
	неорганических	органических
5. Кислоты могут образовывать кислотные оксиды (или ангидриды*)	$\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t} \text{SO}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	
6. Кислоты реагируют со спиртами	$\begin{aligned} &\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + \\ &+ \text{H-O-SO}_2\text{-OH} \longrightarrow \\ &\longrightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{O-SO}_2\text{OH} + \\ &\text{сложный эфир этилового} \\ &\text{спирта и серной кислоты} \\ &+ \text{H}_2\text{O} \end{aligned}$	

Карбоновые кислоты обладают и некоторыми специфическими свойствами, обусловленными наличием в их молекулах радикалов. Так, например, уксусная кислота реагирует с хлором:

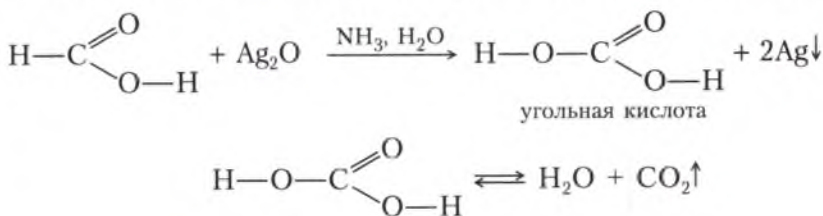


* Вещества, которые образуются при отщеплении воды от органических кислот, называют *ангидридами*.

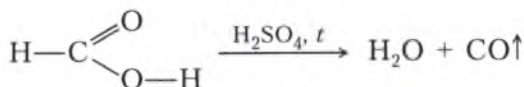
Муравьиная кислота по химическим свойствам несколько отличается от других карбоновых кислот.

1) Из всех одноосновных карбоновых кислот муравьиная кислота является *самой сильной* кислотой.

2) Из-за особенности строения молекулы муравьиная кислота, подобно альдегидам, *легко окисляется* (реакция «серебряного зеркала»):



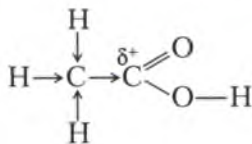
3) При нагревании с концентрированной серной кислотой муравьиная кислота *отщепляет воду* и образуется оксид углерода(II):



Эту реакцию иногда используют для получения оксида углерода(II) в лаборатории.

Уксусная кислота значительно слабее, чем муравьиная. Следовательно, радикал метил CH_3- (и другие радикалы) влияет на карбоксильную группу. Мы также убедились, что в радикалах карбоновых кислот атомы водорода могут замещаться галогенами. При этом замещение легче происходит в углеводородном звене, которое находится ближе к карбоксильной группе. Следовательно, карбоксильная группа действует на углеводородный радикал, т. е. их влияние взаимно.

Влияние радикала на карбоксильную группу объясняется сдвигом электронной плотности к атому углерода карбоксильной группы. В результате частичный положительный заряд этого атома уменьшается и его действие на электронную плотность гидроксильной группы ослабляется. Связь между атомами кислорода и водорода в карбоксильной группе становится менее полярной и отщепление иона водорода затрудняется:



Применение. Муравьиную кислоту применяют в промышленности в качестве сильного восстановителя. Её 1,25 %-ный раствор в спирте (муравьиный спирт) нашёл применение в медицине. Сложные эфиры муравьиной кислоты используют в качестве растворителей и душистых веществ.

Наибольшее значение имеет *уксусная кислота* (рис. 35). Она необходима для синтеза красителей (индиго и др.), медикаментов (аспирин и др.), сложных эфиров, уксусного ангидрида и т. д. Большие её количества расходуются на производство ацетатного волокна, негорючей киноплёнки. Широко используют её соли — *ацетаты*. Ацетат свинца(II) применяют для получения свинцовых белил, ацетаты железа(III) и алюминия — в качестве протрав при крашении тканей, ацетат меди(II) — для борьбы с вредителями растений.

Столовый уксус (3—9 %-ный водный раствор уксусной кислоты) — консервирующее средство и приправа к пище. В *уксусной эссенции* концентрация уксусной кислоты равна 80 %. При использовании такой кислоты можно получить сильные ожоги. Внимательно читайте на этикетках бутылок с уксусной эссенцией правила её разбавления водой.

Натриевые и калиевые соли высших карбоновых кислот — основные составные части мыла (см. табл. 12, с. 143).

Если требуется отвинтить ржавую гайку, например, на коллекторе автомашины, то рекомендуется вечером положить на неё тряпку, смоченную в уксусной кислоте. Утром отвинтить эту гайку будет значительно легче.



Рис. 35. Применение уксусной кислоты

Генетическая связь карбоновых кислот с другими классами органических соединений отражена на схеме 7.

Схема 7



Муравьиная кислота. Уксусная кислота. Ацетаты

Подумайте, ответьте, выполните...

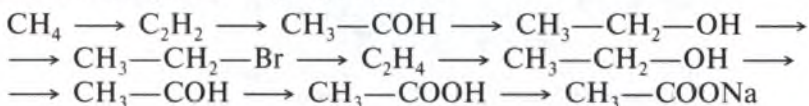
1. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно получить карбоновые кислоты: а) взаимодействием солей карбоновых кислот с концентрированной серной кислотой; б) окислением альдегидов; в) окислением спиртов; г) каталитическим окислением предельных углеводородов.

2*. Поясните сущность взаимного влияния карбоксильной группы и радикала в молекулах карбоновых кислот.

3. Почему из всех карбоновых кислот только муравьиную можно применять в качестве восстановителя?

4. Как используют муравьиную, уксусную и высшие карбоновые кислоты?

5. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



6. Составьте схему генетической связи между углеводородами, спиртами, альдегидами и карбоновыми кислотами. Проверьте выполнение этого задания у соседа по парте.

7. Восстановите левые части уравнений реакций по известным правым. Напишите полные ионные уравнения этих реакций.

- 1) ... + ... \rightarrow $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \text{H}_2$
- 2) ... + ... \rightarrow $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg} + \text{H}_2\text{O}$
- 3) ... + ... \rightarrow $\text{HCOOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$

8. Вычислите массу (в г) раствора с массовой долей муравьиной кислоты 70 %, потребовавшегося для нейтрализации 2 кг раствора, в котором массовая доля гидроксида натрия равна 0,7. Какая соль и сколько граммов её получится?

9. Какой объём метана потребуется для синтеза 30 т муравьиной кислоты, если массовая доля выхода продукта реакции 90 % (н. у.)?

Тестовые задания

1. Исходными веществами в химической реакции, схема которой
 $\dots + \dots \rightarrow \text{CH}_3\text{COOK} + \text{H}_2\text{O}$,

являются

- | | |
|---|--|
| 1) CH_3COOH и K | 3) CH_3COOH и KOH |
| 2) CH_3COOH и K_2CO_3 | 4) CH_3COOH и HCOOK |

2. Образование сложного эфира происходит при взаимодействии уксусной кислоты

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1) с HCOOH | 3) с CH_3CHO |
| 2) с $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ | 4) с $(\text{C}_2\text{H}_5\text{OO})_2\text{Mg}$ |



Используя электронное приложение, выполните тесты к § 26.



Используя алгоритм, приведённый в книге Ю.Н. Казанцева «Химия. Конструктор текущего контроля. 10 класс» (М.: Просвещение, 2009. — С. 15), подготовьте сообщение на тему «Муравьиная кислота в народной медицине».



Найдите в Интернете информацию о двухосновной карбоновой кислоте — щавелевой.

Личный результат

Я могу объяснить зависимость свойств карбоновых кислот от наличия функциональной группы ($-\text{COOH}$).

Я умею составлять уравнения реакций, подтверждающих свойства карбоновых кислот.

Получение и свойства карбоновых кислот

- Повторите технику безопасности при работе в химической лаборатории.

1. Получение уксусной кислоты. Поместите в пробирку 2—3 г ацетата натрия и добавьте 1,5—2 мл концентрированной серной кислоты. Пробирку закройте пробкой с газоотводной трубкой, конец которой опустите в другую пробирку (рис. 36). Смесь нагревайте на пламени до тех пор, пока в пробирке-приёмнике не соберётся 1,0—1,5 мл жидкости.

- Какое вещество образовалось в пробирке-приёмнике? Какие свойства уксусной кислоты это подтверждают?
- Составьте уравнение соответствующей реакции.

2. Взаимодействие уксусной кислоты с некоторыми металлами.

В две пробирки налейте по 1 мл раствора уксусной кислоты. В одну пробирку всыпьте немного стружек магния, а в другую — несколько гранул цинка. В первой пробирке происходит бурная реакция, а во второй реакция протекает спокойно (иногда она начинается только при нагревании).

- Как уксусная кислота реагирует с магнием и цинком? Сравните скорость этих реакций и напишите их уравнения в молекулярном, ионном и сокращённом ионном виде.

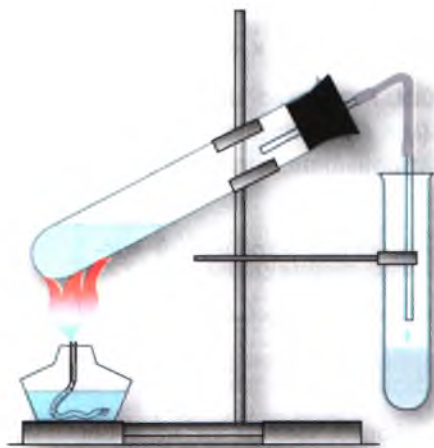


Рис. 36. Получение уксусной кислоты

3. Взаимодействие уксусной кислоты с основаниями. Налейте в пробирку 1—1,5 мл раствора гидроксида натрия и добавьте несколько капель раствора фенолфталеина. При добавлении уксусной кислоты малиновая окраска фенолфталеина исчезает.

4. Взаимодействие уксусной кислоты со спиртами. В пробирку налейте 2 мл раствора уксусной кислоты. Прилейте 2 мл изоамилового спирта $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$. Затем осторожно добавьте 1 мл концентрированной серной кислоты. Пробирку закройте пробкой с длинной стеклянной трубкой-холодильником. Смесь осторожно подогрейте на водяной бане.

После охлаждения добавьте к содержимому пробирки несколько миллилитров воды. При этом образуются маслянистые капли нерастворимого в воде изоамилового эфира уксусной кислоты с характерным запахом грушевой эссенции.

- Какие свойства уксусной кислоты сходны со свойствами минеральных кислот?
- Какие вещества образуются при взаимодействии уксусной кислоты с основаниями? При помощи каких опытов это можно доказать?
- Какие вещества образуются при взаимодействии уксусной кислоты со спиртами? Напишите уравнение соответствующей реакции.

5. Окисление муравьиной кислоты оксидом серебра(I). В чистую пробирку налейте 2 мл свежеприготовленного раствора нитрата серебра(I) с массовой долей 0,02. Добавьте немного разбавленного раствора аммиака до растворения появившегося осадка. Затем добавьте несколько капель муравьиной кислоты и пробирку со смесью нагрейте в колбе с горячей водой.

- Почему из всех карбоновых кислот только для муравьиной кислоты характерна реакция «серебряного зеркала»? Напишите уравнение соответствующей реакции.

6. Отчёт о работе оформите в виде таблицы (см. § 3).

Личный результат

Я умею получать уксусную кислоту и доказывать, что это вещество относится к классу кислот.

Я могу отличить муравьиную кислоту от уксусной с помощью химических реакций.

Решение экспериментальных задач
на распознавание органических
веществ

- Повторите качественные реакции на органические вещества.

Прежде чем приступить к выполнению практической работы, повторите правила техники безопасности.

Ход работы

Получите задание от учителя и выполняйте работу самостоятельно.

1. В трёх пробирках даны следующие вещества: гексан, бензол, раствор уксусной кислоты.

- Определите, в какой пробирке находится каждое из этих веществ.

2. Выданы четыре пробирки: с глицерином, с этанолом, с раствором фенолята натрия, с формалином.

- Определите, в какой пробирке находится каждое из этих веществ.

3. В трёх пробирках даны следующие карбоновые кислоты: муравьиная, уксусная, олеиновая.

- Как различить эти вещества?

4. Налейте в пробирку 2 мл этанола, прилейте к нему 2 мл разбавленного раствора перманганата калия и добавьте несколько капель серной кислоты. Нагрейте смесь.

- Почему изменилась окраска раствора?

5. **Отчёт о работе** выполните в произвольной форме.

Личный результат

Я умею на практике распознавать органические вещества с помощью качественных реакций.

ГЛАВА VIII

СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ. ЖИРЫ

§ 29

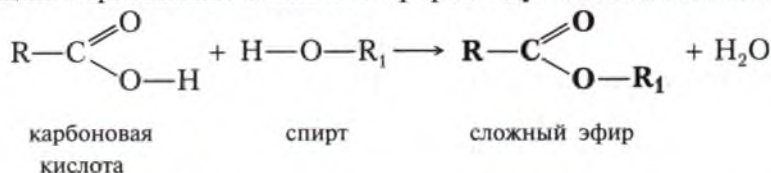
Сложные эфиры

- **Запишите уравнение реакции уксусной кислоты с этиловым спиртом. Какие вещества получаются в результате реакции?**

Определение

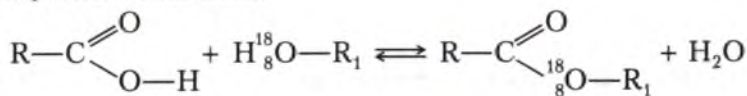
Органические вещества, которые образуются в реакциях кислот со спиртами, относят к СЛОЖНЫМ ЭФИРАМ.

Реакции образования сложных эфиров идут с отщеплением воды:

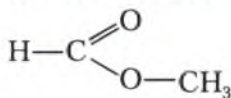


(R и R₁ — радикалы углеводородов, одинаковые или разные).

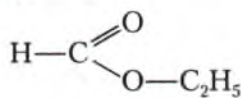
При помощи изотопа кислорода с массовым числом 18 удалось установить, что гидроксильная группа в этой реакции отщепляется от молекулы карбоновой кислоты:



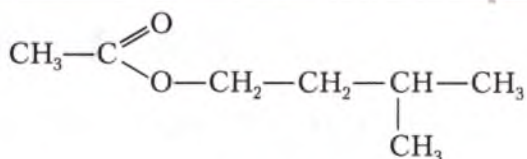
Номенклатура. Названия сложных эфиров образуют от названий соответствующих спиртов и кислот, например:



метилформиат,
или метиловый эфир муравьиной кислоты



этилацетат,
или этиловый эфир уксусной кислоты



изопентилацетат,
или изопентилловый эфир уксусной кислоты

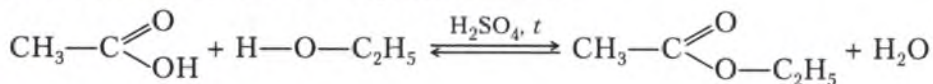


Рис. 37. Запах груши и ананаса обусловлен сложными эфирами

Нахождение в природе и физические свойства. Сложные эфиры содержатся в цветках, фруктах, ягодах. Сложные эфиры простейших одноосновных кислот и спиртов — жидкости, легче воды, летучие и в большинстве случаев обладающие приятным запахом. Например, изопентилловый эфир уксусной кислоты (изопентилацетат) имеет запах груши, бутиловый эфир масляной кислоты — ананаса (рис. 37).

Температуры кипения и плавления сложных эфиров ниже, чем соответствующих органических кислот. В воде растворимы только сложные эфиры с небольшой относительной молекулярной массой.

Получение. Сложные эфиры в лаборатории получают главным образом при взаимодействии карбоновых кислот со спиртами в присутствии концентрированной серной кислоты:



Определение

Реакции образования сложных эфиров называют РЕАКЦИЯМИ ЭТЕРИФИКАЦИИ*.

Реакции этерификации обратимы. Чтобы сместить равновесие такой реакции в сторону выделения сложного эфира, обычно пользуются концентрированной серной кислотой, которая связывает воду.

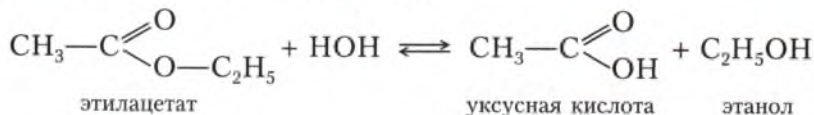
Сложные эфиры получают также при взаимодействии минеральных кислот со спиртами, например при нитровании глицерина.

* От лат. *aether* — эфир.

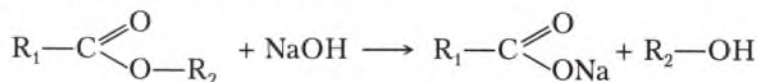


Рис. 38. Применение сложных эфиров

Химические свойства. Характерное свойство сложных эфиров — их взаимодействие с водой — *гидролиз*:



Гидролиз протекает как в кислой, так и в щелочной среде. В щелочной среде гидролиз становится необратимым, поскольку щёлочь связывает карбоновую кислоту в соль:



Определение

Реакцию щелочного гидролиза сложного эфира называют **ОМЫЛЕНИЕМ**.

Применение сложных эфиров показано на рисунке 38. Полиметил-акрилат (полимер сложного эфира $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOCH}_3$) широко используют в производстве пластмасс.

Генетическая связь сложных эфиров с другими классами органических веществ показана на схеме 7 (см. с. 130).

Сложные эфиры. Реакция этерификации. Щелочной гидролиз сложного эфира (омыление)



Подумайте, ответьте, выполните...

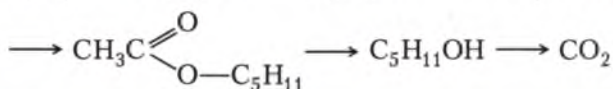
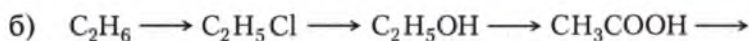
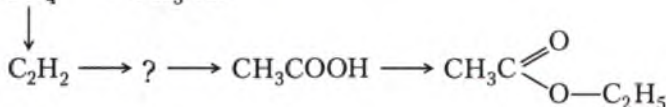
1. Какие вещества относят к сложным эфирам? Составьте два-три уравнения реакций их образования.

2. Какой вид изомерии характерен для сложных эфиров? Напишите формулы двух-трёх изомеров и их названия.

3. Охарактеризуйте физические и химические свойства сложных эфиров. Напишите уравнения соответствующих реакций.

4. Где применяют сложные эфиры?

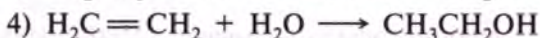
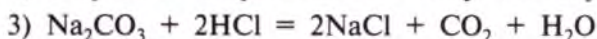
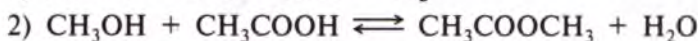
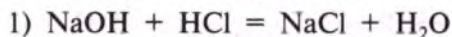
5. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:



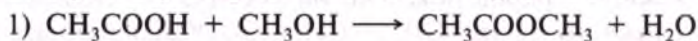
6. Какую массу (в г) этилацетата можно получить из 120 г уксусной кислоты и 138 г этанола, если выход сложного эфира равен 90 %?

Тестовые задания

1. Реакции этерификации соответствует уравнение



2. Процессу гидролиза сложного эфира соответствует уравнение



Личный результат

Я умею составлять уравнения реакций этерификации.

Я знаю, в каком случае гидролиз сложного эфира необратим.

Жиры. Моющие средства

- Какие методы определения состава веществ вам известны?
- Как образуются сложные эфиры?
- Что называют омылением?
- Исходя из жизненного опыта, охарактеризуйте на конкретных примерах физические свойства жиров.

Животные жиры и растительные масла относят к сложным эфирам, но они значительно отличаются от других сложных эфиров по некоторым свойствам и роли в биохимических процессах. По этой причине жиры принято рассматривать отдельно, как частный пример сложных эфиров.

Строение жиров. Жиры в природе.

В курсе неорганической химии изучались два метода определения состава веществ: анализ и синтез. Для выяснения состава жиров учёные использовали оба метода. Французский учёный Э. Шеврёль установил, что при нагревании с водой (в щелочной среде) жиры расщепляются и образуются глицерин и различные карбоновые кислоты. Другой французский учёный — М. Бертло в 1854 г. осуществил обратный процесс: при нагревании глицерина с высшими карбоновыми кислотами он получил жиры и воду. На основании этих экспериментов был сделан следующий вывод:

**Определение**

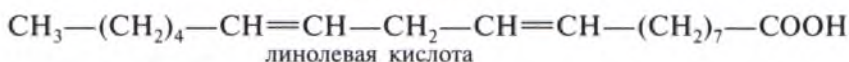
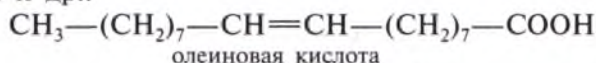
ЖИРЫ — это сложные эфиры глицерина и карбоновых кислот (триглицериды).

Твёрдые жиры образованы преимущественно высшими предельными карбоновыми кислотами — стеариновой $C_{17}H_{35}COOH$, пальмитиновой $C_{15}H_{31}COOH$ и некоторыми другими.

Бертло Пьер Эжен Марселен (1827—1907)

Французский химик, академик, государственный деятель. Впервые получил бензол, фенол, нафталин (1851). Синтезировал аналоги природных жиров, установил, что глицерин — трёхатомный спирт (1853—1854). Путём гидратации этилена получил этиловый спирт. Из воды и оксида углерода(II) синтезировал муравьиную кислоту (1862). На основе ацетилена получил ряд ароматических углеводородов (1866).

Жидкие жиры образованы главным образом *высшими непредельными карбоновыми кислотами* — олеиновой $C_{17}H_{33}COOH$, линолевой $C_{17}H_{31}COOH$ и др.:



Встречаются *твёрдые жиры*, в состав которых входят *остатки низших карбоновых кислот*. Например, в коровьем масле содержится сложный эфир масляной кислоты.

Жиры наряду с углеводами и белками входят в состав организмов животных и растений. Жиры выполняют разнообразные функции, в первую очередь строительную (входят в состав клеток), а также теплоизоляционную (образуют подкожную жировую клетчатку), используются для синтеза некоторых гормонов. Поэтому жиры — важная составная часть пищи человека и животных. Недостаток жиров в

пище ведёт к нарушениям работы центральной нервной системы и ослаблению иммунитета.



Важная информация

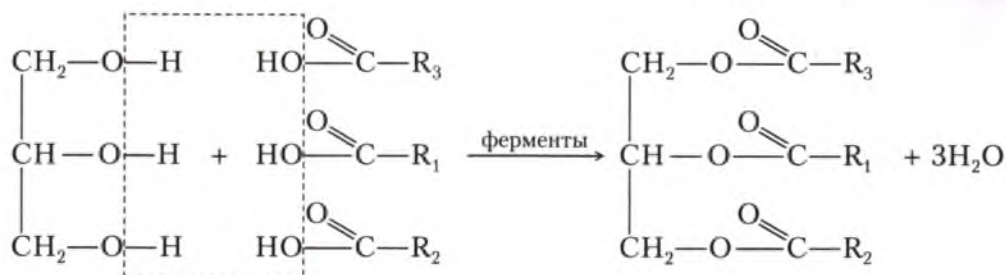
При окислении жиров в организме выделяется значительно больше энергии, чем при окислении углеводов и белков.

Когда в органы пищеварения поступают жиры, то под влиянием ферментов они гидролизуются на глицерин и соответствующие кислоты:



Радикалы R_1 , R_2 и R_3 означают, что одновременно образуются разные карбоновые кислоты.

Продукты гидролиза всасываются ворсинками кишечника, а затем синтезируется жир, но уже свойственный данному организму:

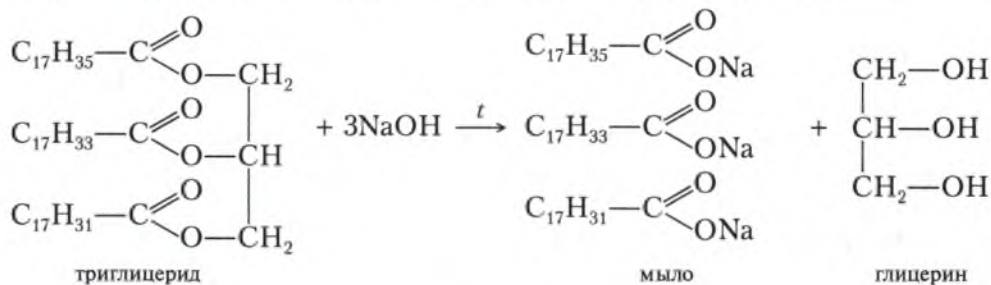


Потоком крови жиры переносятся в другие органы и ткани организма, где накапливаются или снова гидролизуются и постепенно окисляются до оксида углерода(IV) и воды.

Физические свойства. Животные жиры в большинстве случаев твёрдые вещества, но встречаются и жидкие (рыбий жир). Растительные жиры чаще всего жидкие вещества (их называют маслами); известны и твёрдые растительные жиры (кокосовое масло).

Растворимость жиров можно проверить на опыте. Если налить в первую пробирку немного бензина, во вторую — воды, в третью — этанола, в четвёртую — бензола, в пятую — тетрахлорметана, а затем в каждую пробирку поместить по кусочку жира и встряхнуть, то окажется, что жиры не растворяются в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях. (Учитывая высокую токсичность бензола и тетрахлорметана, этот эксперимент может проводить только учитель или лаборант!)

Химические свойства. Мы уже выяснили, что в организме животных и человека в присутствии ферментов жиры *гидролизуются*. Жиры могут гидролизываться также под действием растворов щелочей:



Щелочной гидролиз жиров называют омылением.

Лабораторный опыт. Гидролиз (омыление) жиров

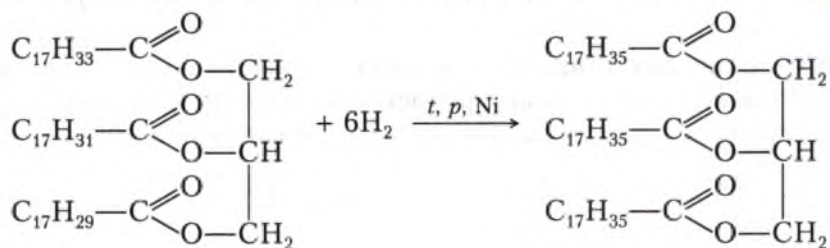
В фарфоровую чашечку поместите 3 г жира, маргарина или сливочного масла и прилейте 7–8 мл раствора с массовой долей гидроксида натрия 0,2. Для ускорения реакции добавьте 1–2 мл этанола.

Кипятите смесь 15–20 мин, помешивая стеклянной палочкой и добавляя воду до исходного уровня. Чтобы проверить, не остался ли непрореагировавший жир, немного горячей смеси влейте в пробирку с горячей водой. Если при охлаждении на поверхности воды не всплывают капельки жира, то процесс омыления завершён. Если капельки жира всплывают, продолжайте кипятить смесь.

После окончания реакции омыления к полученной массе добавьте 0,5 г хлорида натрия и кипятите ещё 1–2 мин.

- Какое вещество появилось на поверхности воды в результате проведённого опыта? Напишите уравнение происходящей реакции.
- Для каких практических целей используют процесс омыления жиров?

Так как в состав растительных масел входят сложные эфиры непредельных карбоновых кислот, то их можно подвергнуть *гидрированию* — присоединению водорода по двойным связям в молекулах кислот. При этом образуются предельные соединения (твёрдые жиры):



Таким образом из растительного масла в промышленности получают маргарин. Реакции гидрирования осуществляют в специальных автоклавах (рис. 39).

Применение. В основном жиры применяют в качестве пищевого продукта. Раньше жиры использовали также для получения мыла.

Моющие средства. В настоящее время на производство моющих средств главным образом идут продукты переработки нефти (табл. 12).

Моющие средства

Вид	Получение	Свойства
<p>1. Мыло (твёрдое) — натриевые соли высших карбоновых кислот</p>	<p>1. Высшие карбоновые кислоты получают при крекинге и окислении нефтепродуктов:</p> $2\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{34}\text{CH}_3 + 5\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ <p>2. Натриевые соли (мыло) получают при взаимодействии щёлочи и соды с высшими карбоновыми кислотами:</p> $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$	<p>Натриевые соли карбоновых кислот, образованные сильными основаниями и слабыми кислотами, подвергаются гидролизу:</p> $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH} + \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ <p>Образовавшаяся щёлочь эмульгирует, частично разлагает жиры и освобождает прилипшую к ним грязь. Карбоновые кислоты с водой образуют пену, которая захватывает частицы грязи. Если вода жёсткая, то мыло не пенится, так как образуются нерастворимые соли:</p> $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa} + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \longrightarrow (\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca} \downarrow + 2\text{NaHCO}_3$ <p style="text-align: center;">стеарат кальция</p>
<p>2. Жидкое мыло — калиевые соли высших карбоновых кислот</p>	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH} + \text{KOH} \xrightarrow{t} \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK} + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH} + \text{K}_2\text{CO}_3 \longrightarrow 2\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOK} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	<p>Калиевые соли по сравнению с натриевыми лучше растворимы в воде и поэтому обладают более сильным моющим действием</p>
<p>3. Синтетические моющие средства — натриевые соли сложных эфиров высших спиртов и серной кислоты (сульфоцилот) — алкилсульфаты</p>	$\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH} + \text{H}-\text{O}-\text{SO}_2-\text{OH} \longrightarrow \text{R}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{SO}_2-\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{R}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{SO}_2-\text{OH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{R}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{SO}_2-\text{ONa} + \text{H}_2\text{O}$	<p>Преимущество синтетических моющих средств заключается в том, что их кальциевые соли растворимы в воде. Поэтому в отличие от обычного мыла они не утрачивают моющее действие и в жёсткой воде</p>

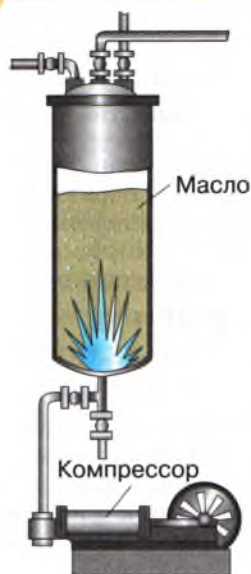


Рис. 39. Автоклав для гидрирования растительных масел

Синтетические моющие средства (СМС, детергенты) устойчивы и с трудом подвергаются биоразложению, поэтому они могут оказать вредное воздействие на окружающую среду. Чтобы сточные воды очистить от синтетических моющих средств, их обрабатывают химическими реагентами или используют сорбенты на основе активированного угля.

Синтетические стиральные порошки, не содержащие соду и другие щелочные вещества, рекомендуют для стирки шерстяных и шёлковых изделий, для которых щёлочь вредна. Стиральные порошки, содержащие соду, силикат и полифосфат натрия, используют для стирки хлопчатобумажных и льняных тканей, так как на них щёлочь не действует. Стиральные порошки, в которые добавлены природные катализаторы — ферменты, способны отстирывать белковые, углеводные и жировые загрязнения при низкой температуре. При температуре выше 50 °С ферменты разрушаются и перестают работать.

Лабораторный опыт. Сравнение свойств мыла и синтетических моющих средств

В три пробирки налейте по 4—5 мл воды, содержащей ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . В первую пробирку при встряхивании добавьте по каплям раствор мыла, во вторую и третью — ранее приготовленные растворы синтетических моющих средств.

- На основании проведённых вами опытов сделайте вывод о преимуществах различных моющих средств.

Жиры. Синтетические моющие средства

3 Подумайте, ответьте, выполните...

1. Какие вещества называют жирами и при помощи каких методов учёные определили их состав?

2. Чем отличаются твёрдые жиры от жидких? Изобразите структурную формулу какой-либо кислоты, входящей в состав растительных масел.

3. Охарактеризуйте роль жиров в организме животных. Приведите уравнения реакций, поясняющих превращение жиров в организме.

4. Какие свойства характерны для жиров? Напишите соответствующие уравнения реакций.

5. Для каких целей применяют жиры?

6. Если на раствор мыла подействовать серной кислотой, то на поверхность всплывёт твёрдое нерастворимое в воде вещество. Составьте уравнение реакции, назовите это вещество.

7. При стирке белья в жёсткой воде расход мыла значительно увеличивается. Почему? Ответ поясните уравнениями реакций.

8. Каков состав и в чём преимущества синтетических моющих средств по сравнению с обыкновенным мылом?

9. Какая масса (в тоннах) чистого глицерида олеиновой кислоты потребуется, чтобы получить 5,83 т глицерина, если известно, что в процессе гидролиза удаётся расщепить 85 % массы жиров?

Тестовые задания

1. Строение жиров было установлено с помощью реакции

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1) гидрирования | 3) гидролиза |
| 2) гидратации | 4) дегидратации |

2. При гидролизе твёрдого жира образуются

- 1) глицерин и высшие непредельные карбоновые кислоты
- 2) глицерин и высшие предельные карбоновые кислоты
- 3) жидкие жиры
- 4) глицерин и минеральные кислоты

Используя электронное приложение к учебнику, познакомьтесь с биографиями Марселена Бертло и Мишеля Шеврёля, а также изучите разделы «Это интересно» и «Фотоизображения» к § 30.

Личный результат

Я могу объяснить биологическую роль жиров.

Я умею соблюдать правила безопасного обращения со средствами бытовой химии.

§31

Углеводы. Глюкоза

- Из курсов биологии и химии вы уже знакомы с процессом, в результате которого на Земле образуются углеводы. Как его называют? Запишите уравнение этой реакции.
- Какие функциональные группы определяют принадлежность вещества к спиртам? к альдегидам?

Углеводы широко распространены в природе и играют большую роль в биологических процессах. К углеводам относят, например, виноградный сахар (глюкозу), свекловичный или тростниковый сахар (сахарозу), крахмал и клетчатку (целлюлозу).



Определение

Органические вещества со сходным строением и свойствами, состав которых в большинстве случаев отражает формула $C_n(H_2O)_m$, называют УГЛЕВОДАМИ.

Существуют углеводы, состав которых не отвечает этой формуле. Также известны соединения (формальдегид CH_2O , уксусная кислота $C_2H_4O_2$), которые по свойствам отличаются от углеводов, хотя их состав и соответствует формуле $C_n(H_2O)_m$.

Углеводы в зависимости от их строения можно подразделить на *моносахариды*, *олигосахариды* и *полисахариды* (схема 8).

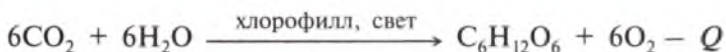
Схема 8



Моносахариды. Молекулы моносахаридов могут содержать от трёх до десяти атомов углерода. Названия моносахаридов оканчиваются на **-оза**. В зависимости от числа атомов углерода в молекуле моносахариды подразделяют на *триозы, тетрозы, пентозы, гексозы* и т. д. Наибольшее значение имеют гексозы (особенно глюкоза) и пентозы.

Глюкоза содержится почти во всех органах зелёных растений. Особенно её много в соке винограда, поэтому глюкозу иногда называют виноградным сахаром (рис. 40). Мёд в основном состоит из смеси глюкозы и фруктозы. В организме человека глюкоза содержится в мышцах, в крови и в небольших количествах во всех клетках.

В природе глюкоза наряду с другими углеводами образуется в результате реакции фотосинтеза:



Физические свойства. Глюкоза — бесцветное кристаллическое вещество со сладким вкусом, хорошо растворимое в воде. Из водного раствора она выделяется в виде кристаллогидрата $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$. По сравнению со свекловичным сахаром она менее сладкая.

Строение молекул глюкозы. Простейшая формула глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, а молярная масса 180 г/моль. Отсюда можно сделать вывод, что молекулярная формула глюкозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

Экспериментально установлено следующее:

— один моль глюкозы реагирует с пятью молями уксусной кислоты с образованием сложного эфира. Это означает, что в молекуле глюкозы имеется пять гидроксильных групп;

— с аммиачным раствором оксида серебра(I) глюкоза даёт реакцию «серебряного зеркала», значит, в её молекуле должна быть альдегидная группа;

— глюкоза имеет неразветвлённый углеродный скелет.

На основании этих данных строение молекулы глюкозы упрощённо можно выразить следующей формулой:

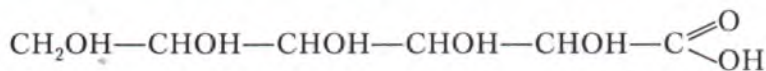
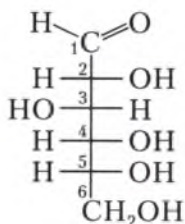


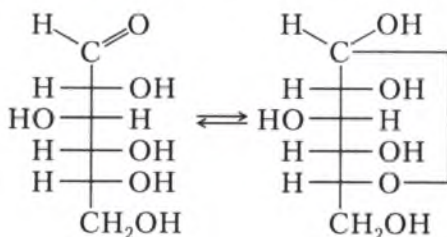
Рис. 40. Виноград — источник глюкозы

Как видно из структурной формулы, глюкоза является одновременно многоатомным спиртом и альдегидом, т. е. *альдегидоспиртом*.

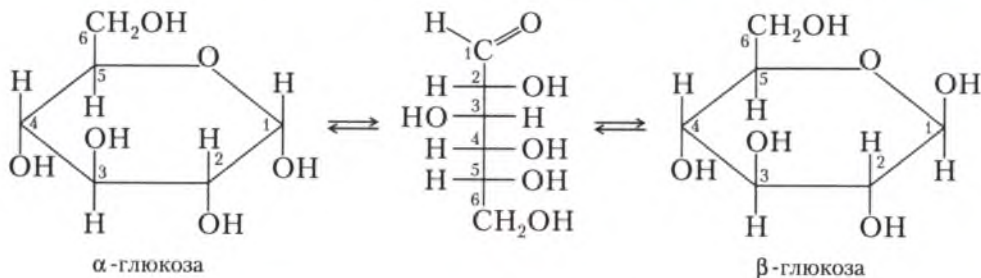
Чтобы показать пространственное строение молекулы глюкозы, углеродную цепь располагают по вертикали; сверху находится первый по нумерации атом углерода, гидроксильные группы в зависимости от пространственного расположения оказываются справа или слева от углеродной цепи:



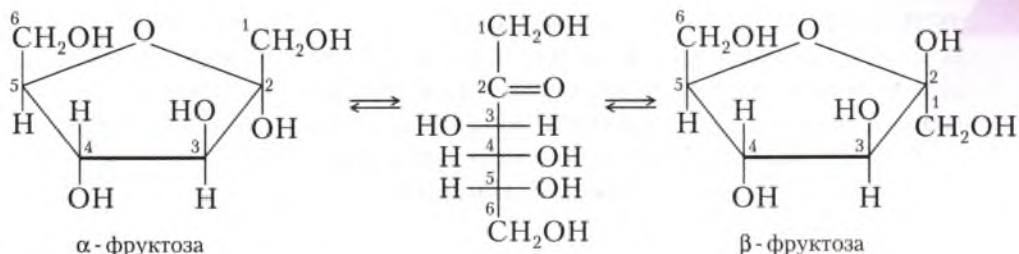
Кроме молекул с открытой цепью, для глюкозы характерны молекулы *циклического строения*, в которых альдегидная группа отсутствует:



Циклические молекулы глюкозы могут существовать в двух вариантах:

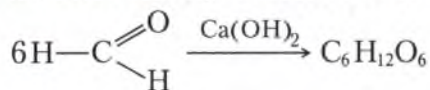


Изомерия. Молекулярную формулу $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, кроме глюкозы, имеют и другие углеводы. Так, в молекуле *фруктозы* содержатся функциональные группы, характерные для спиртов ($-\text{OH}$) и кетонов ($>\text{C}=\text{O}$). Вследствие этого фруктоза является *кетонспиртом*:

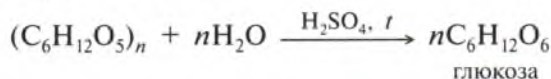


Её молекулы тоже имеют циклическое строение. Фруктоза — изомер глюкозы.

Получение. Первый синтез моносахаридов из формальдегида в присутствии гидроксида кальция был произведён А. М. Бутлеровым в 1861 г.:



На производстве глюкозу чаще всего получают гидролизом крахмала в присутствии серной кислоты:



Химические свойства. Глюкоза обладает химическими свойствами, характерными для спиртов и альдегидов (табл. 13).

Лабораторный опыт. Свойства глюкозы как альдегидспирта

1) **Взаимодействие глюкозы с гидроксидом меди(II).** Налейте в пробирку 2—3 мл раствора глюкозы и столько же разбавленного раствора гидроксида натрия (NaOH должен быть в избытке). Затем добавьте несколько капель раствора сульфата меди(II).

- Что представляет собой раствор синего цвета? Что доказывает данный опыт?

Пробирку с полученным раствором нагрейте.

- Почему при нагревании в пробирке появляется сначала жёлтый, а затем красный осадок? Напишите уравнения соответствующих реакций.

2) **Реакция глюкозы с оксидом серебра(I).** В две пробирки налейте по 1 мл раствора нитрата серебра(I) и добавляйте по каплям разбавленный раствор аммиака. Образующийся осадок

оксида серебра(I) растворяется в избытке водного раствора аммиака. Затем в одну пробирку прилейте 1–1,5 мл раствора, в котором массовая доля глюкозы равна 0,1, в другую — столько же раствора фруктозы. Обе пробирки поместите в сосуд с горячей водой.

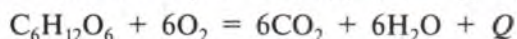
- Почему «серебряное зеркало» появляется только в пробирке с раствором глюкозы? Напишите уравнение реакции.

Таблица 13

Химические свойства глюкозы

Свойства, обусловленные наличием в молекуле	гидроксильных групп	<p>1. Реагирует с карбоновыми кислотами с образованием сложных эфиров (пять гидроксильных групп глюкозы вступают в реакцию с кислотами).</p> <p>2. Как многоатомный спирт реагирует с гидроксидом меди(II) — образуется раствор ярко-синего цвета</p>
	альдегидной группы	<p>1. Реагирует с комплексным соединением $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, которое образуется, если к раствору соли серебра добавить раствор аммиака (реакция «серебряного зеркала»):</p> $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} \xrightarrow{\tau, 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}}$ $\longrightarrow \underset{\text{соль глюконовой кислоты}}{\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{ONH}_4} + 2\text{Ag}\downarrow + 3\text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ <p>Это качественная реакция на альдегидную группу.</p> <p>2. Окисляется гидроксидом меди(II) при нагревании (с образованием глюконовой кислоты и выпадением красного осадка — Cu_2O).</p> <p>3. Под действием восстановителей превращается в шестиатомный спирт — сорбит: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{H}_2 \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$</p>
Специфические свойства		<p>Глюкоза способна подвергаться брожению:</p> <p>а) спиртовое брожение: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow 2\underset{\text{этанол}}{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} + 2\text{CO}_2\uparrow$</p> <p>б) молочнокислое брожение: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow 2\underset{\text{молочная кислота}}{\text{CH}_3-\text{CHOH}-\text{COOH}}$</p> <p>в) маслянокислое брожение:</p> $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \longrightarrow \underset{\text{масляная кислота}}{\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}} + 2\text{H}_2\uparrow + 2\text{CO}_2\uparrow$

Применение. Глюкоза — ценный питательный продукт. В организме она подвергается сложным биохимическим превращениям, в результате которых высвобождается энергия. Упрощённо процесс окисления глюкозы в организме можно выразить следующим уравнением:



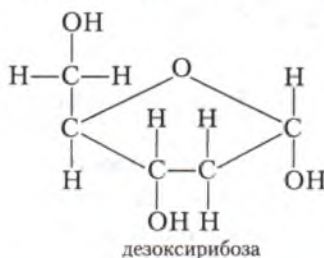
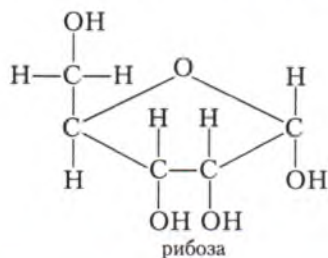
Этот процесс протекает ступенчато, и поэтому энергия выделяется медленно.

Так как глюкоза легко усваивается организмом, её используют в медицине в качестве укрепляющего лечебного средства. Широко применяют глюкозу в кондитерском деле (изготовление мармелада и т. д.).


Большое значение имеют процессы брожения глюкозы (см. табл. 13). Например, при квашении капусты, скисании молока, засолке огурцов, силосовании кормов происходит молочнокислое брожение глюкозы. Если подвергаемая силосованию масса недостаточно уплотнена, то под влиянием проникшего воздуха происходит маслянокислое брожение, и такой корм использовать нельзя.

На практике используют также спиртовое брожение глюкозы, например при производстве многих сортов вин.

Рибоза и дезоксирибоза. Из пентоз большой интерес представляют рибоза и дезоксирибоза, входящие в состав нуклеиновых кислот. (Название «дезоксирибоза» показывает, что по сравнению с рибозой в её молекуле на одну группу OH меньше.) Как и молекула глюкозы, молекулы рибозы и дезоксирибозы могут иметь циклическое строение:



В крови человека содержится 0,085—0,120 % глюкозы. Если с пищей, например с мёдом или виноградом, человек получает повышенное количество глюкозы, то на какой-то небольшой промежуток времени её содержание в крови может возрасти и даже оказаться в моче. У больных сахарным диабетом содержание глюкозы в крови всегда повышенное и она всегда находится в моче.

 **Подумайте, ответьте, выполните...**

1. Какие вещества относят к углеводам?
2. Как классифицируют углеводы и почему?
3. Даны растворы глюкозы и фруктозы. Как можно определить каждый из растворов? Составьте уравнения соответствующих реакций.
4. Какие химические свойства для глюкозы и глицерина являются общими и чем эти вещества отличаются друг от друга? Напишите уравнения соответствующих реакций.
5. Приведите уравнения реакций, в которых глюкоза проявляет:
а) восстановительные свойства; б) окислительные свойства.
6. Какова роль глюкозы в живых организмах?
7. Перечислите известные вам процессы брожения глюкозы и укажите их практическое значение.
- 8*. Какие пентозы вам известны? Изобразите их структурные формулы.
9. Подготовьте электронную презентацию по теме «Фотосинтез».

Тестовые задания

1. В процессе жизнедеятельности животных и человека глюкоза
1) является источником энергии
2) выполняет защитную функцию
3) является катализатором
4) участвует в процессе фотосинтеза
2. Газообразным продуктом спиртового брожения глюкозы является
1) CO 2) O₂ 3) CO₂ 4) H₂



Используя электронное приложение, ознакомьтесь с видеофрагментами к § 31.

Личный результат

Я знаю состав и строение молекулы глюкозы.

Я могу объяснить биологическую роль глюкозы.

Я умею практически доказывать наличие функциональных групп в молекуле глюкозы.

Олигосахариды. Сахароза

- В повседневной жизни мы постоянно имеем дело с сахаром. Что вы можете рассказать об этом веществе?

Молекулы олигосахаридов* состоят из нескольких остатков моносахаридов (не более 10). Наиболее распространены *дисахариды* — димеры, состоящие из остатков двух молекул моносахаридов. Самый известный дисахарид — *сахароза*.

Нахождение в природе. Сахароза входит в состав сока сахарной свёклы (16—20 %) и сахарного тростника (14—26 %) (рис. 41). В небольших количествах она содержится вместе с глюкозой в плодах и листьях многих зелёных растений.

Физические свойства. Чистая сахароза — бесцветное кристаллическое вещество, сладкое на вкус, хорошо растворимое в воде.

Строение молекулы. Опытным путём установлено, что молекулярная формула сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$. При исследовании химических свойств сахарозы можно убедиться, что для неё характерна реакция, свойственная многоатомным спиртам: при взаимодействии с гидроксидом меди(II) образуется ярко-синий раствор. Реакцию «серебряного зеркала» с сахарозой осуществить не удаётся. Следовательно, в её молекуле имеются гидроксильные группы, но нет альдегидной.

Если раствор сахарозы нагреть в присутствии соляной или серной кислоты, то образуются два вещества, одно из которых, подобно альдегидам, реагирует как с аммиачным раствором оксида серебра(I), так и с

Фруктоза — самый сладкий из сахаров: она в 1,7 раза слаще сахарозы, которая, в свою очередь, в 1,3 раза слаще глюкозы. Очень известный заменитель сахара — сахарин в 500 раз слаще сахарозы. В малых дозах он безвреден, но слегка горчит.



Рис. 41. Сахарный тростник и сахарная свёкла — источники сахарозы

* От греч. «олигос» — малый, незначительный.

гидроксидом меди(II). Эта реакция доказывает, что в присутствии минеральных кислот сахароза подвергается гидролизу и в результате образуются глюкоза и фруктоза. Следовательно, молекулы сахарозы состоят из остатков молекул глюкозы и фруктозы.

Получение. Сахарозу $C_{12}H_{22}O_{11}$ (сахар) получают в основном из сахарной свёклы и сахарного тростника. При производстве задача сводится к её выделению из продуктов переработки в более чистом виде.

1. Очищенную сахарную свёклу в механических свеклорезках превращают в тонкую стружку и помещают в специальные сосуды — диффузоры, через которые пропускают горячую воду. В результате из свёклы вымывается почти вся сахароза, но вместе с ней в раствор переходят различные кислоты, белки и красящие вещества, которые требуется отделить от сахарозы.

2. Образовавшийся в диффузорах раствор обрабатывают известковым молоком. Гидроксид кальция реагирует с содержащимися в растворе кислотами. Так как кальциевые соли большинства органических кислот малорастворимы, то они выпадают в осадок. Сахароза же с гидроксидом кальция образует растворимый сахарат типа алкоголятов. Состав сахарата кальция можно выразить формулой $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO \cdot 2H_2O$ (существуют сахараты и другого состава).

3. Чтобы разложить образовавшийся сахарат кальция и нейтрализовать избыток гидроксида кальция, через их раствор пропускают оксид углерода(IV). В результате кальций осаждается в виде карбоната:



4. Полученный после осаждения карбоната кальция раствор фильтруют, затем упаривают в вакуумных аппаратах и кристаллики сахара отделяют центрифугированием.

Однако выделить весь сахар из раствора не удаётся. Остаётся бурый раствор (меласса), который содержит ещё до 50 % сахарозы. Мелассу используют для получения лимонной кислоты, некоторых других продуктов и в качестве корма для животных.

5. Выделенный сахарный песок обычно имеет желтоватый цвет, так как содержит красящие вещества. Чтобы их отделить, сахарозу вновь растворяют в воде и полученный раствор пропускают через активированный уголь. Затем раствор снова упаривают и подвергают кристаллизации.

Если насыпать на кусок сахара немного пепла от сигареты и поднести сахар к пламени, то он загорится и будет гореть, потрескивая, синевато-жёлтым пламенем. Здесь пепел служит катализатором.

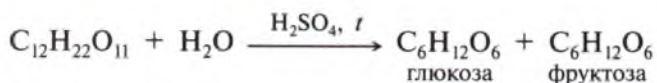
Лабораторный опыт. Взаимодействие сахарозы с гидроксидом кальция

1) Насыпьте в пробирку 1 г сахарозы и прилейте 5 мл воды. К полученному раствору, непрерывно взбалтывая, добавляйте по каплям свежеприготовленную суспензию, в которой массовая доля $\text{Ca}(\text{OH})_2$ равна 0,1—0,15, до образования осадка. Это свидетельствует о том, что гидроксид кальция содержится в избытке.

2) Примерно через 5 мин полученную смесь отфильтруйте. Немного фильтрата налейте в пробирку и через стеклянную трубку продолжительное время продувайте в него выдыхаемый воздух.

- Почему для опыта требовалось брать свежеприготовленную суспензию гидроксида кальция?
- На основании опыта сделайте вывод о растворимости сахара кальция.
- Почему при продувании воздуха через раствор сахара кальция вначале образовался осадок, а затем он растворился?
- Составьте уравнения соответствующих реакций.

Химические свойства. Важнейшее химическое свойство олигосахаридов — способность в присутствии минеральных кислот и при повышенной температуре или при действии природных катализаторов — ферментов подвергаться *гидролизу*:



Образовавшуюся в процессе гидролиза глюкозу можно обнаружить реакцией «серебряного зеркала» или при взаимодействии её с гидроксидом меди(II).

В сахарном тростнике и сахарной свёкле осуществляется обратная реакция — из глюкозы и фруктозы синтезируется сахароза.

Применение. Сахарозу в основном используют в качестве продукта питания и в кондитерской промышленности. Путём гидролиза из неё получают искусственный мёд.

Получено вещество, которое так же, как и сахарин, не относится к сахарам, но в 33 000 раз слаще сахарозы. Оно имеет сложное строение и не менее сложное название — метилфениловый эфир L-α-аспартилаланиномалоновой кислоты.

Олигосахариды. Дисахариды. Сахароза



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Составьте уравнения реакций, при помощи которых сахарозу можно превратить в этанол.

2*. Чем отличаются друг от друга процессы получения глюкозы и сахарозы в промышленности?

3. В струе кислорода сожгли два образца вещества (н. у.). При сгорании 0,9 г вещества *A* образовалось 1,32 г оксида углерода(IV) и 0,54 г воды. При сгорании 1,71 г вещества *B* выделилось 2,64 г оксида углерода(IV) и 0,99 г воды. Известно, что молярная масса вещества *A* 180 г/моль, а вещества *B* 342 г/моль. Найдите молекулярные формулы этих веществ и назовите их.

4. Вычислите, какой объём (в литрах; н. у.) оксида углерода(IV) образуется при окислении 0,25 моль сахарозы.

Тестовые задания

1. Сахар в промышленности получают

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| 1) из сахарной свёклы | 3) из винограда |
| 2) из берёзового сока | 4) из сахарного тростника |

2. Гидролизу подвергается

- | | |
|------------|-------------|
| 1) рибоза | 3) сахароза |
| 2) глюкоза | 4) фруктоза |



Используя электронное приложение, ознакомьтесь с видеофрагментом и разделом «Это интересно» к § 32.



Используя Интернет и дополнительную литературу, подготовьте сообщение о некоторых дисахаридях (на выбор: лактоза, мальтоза).

Личный результат

Я могу объяснить, как свойства сахарозы связаны с наличием функциональных групп в её молекуле, и назвать области применения сахарозы.

Я умею составлять уравнения реакций, подтверждающих свойства сахарозы.

Полисахариды. Крахмал

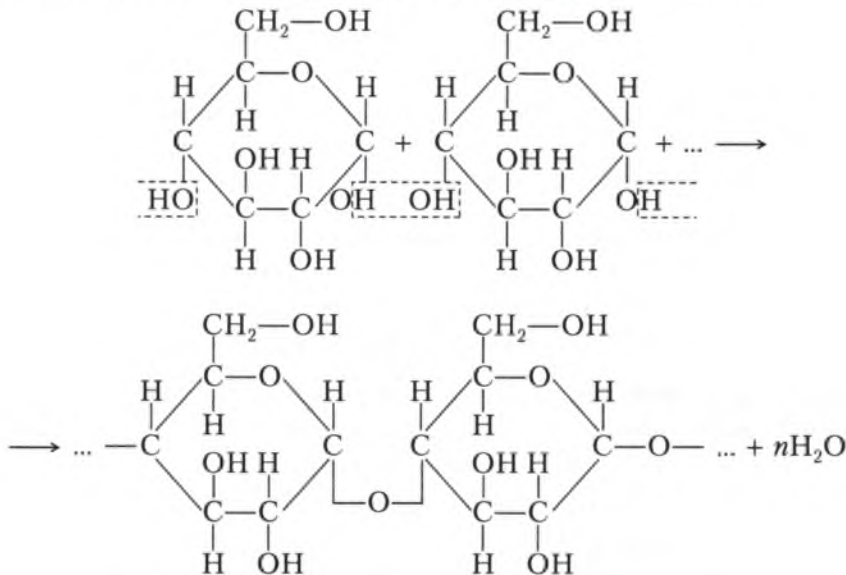
- В повседневной жизни вы не раз встречались с крахмалом. Расскажите, где его используют.

Нахождение в природе. Крахмал — основное запасное питательное вещество растений. Особенно много крахмала содержат бананы, рис, кукуруза, пшеница, клубни картофеля, плоды бобовых растений (рис. 42).

Физические свойства. Крахмал — белый порошок, нерастворимый в холодной воде. В горячей воде он набухает и образует клейстер.

Строение молекулы. Химическая формула крахмала $(C_6H_{10}O_5)_n$, где n достигает нескольких тысяч. Крахмал — природный полимер, молекулы которого состоят из отдельных звеньев $C_6H_{10}O_5$. Так как при гидролизе крахмала образуется только глюкоза, то можно сделать вывод, что эти звенья являются остатками молекул глюкозы.

Процесс образования крахмала можно представить так:



Кроме того, крахмал состоит не только из линейных молекул, но и из молекул разветвлённой структуры. Этим объясняется его зернистое строение.



Рис. 42. Картофель, фасоль и горох — источники крахмала



Рис. 43. Иодкрахмальная реакция

С реакциями полимеризации мы уже ознакомились при изучении химических свойств этилена. При образовании молекул крахмала из молекул глюкозы тоже образуются молекулы высокомолекулярного вещества, но в отличие от реакции полимеризации в этом процессе отщепляется низкомолекулярное вещество — вода. Такие реакции относят к реакциям *поликонденсации*.



Определение

Процесс синтеза полимеров, сопровождающийся выделением низкомолекулярных побочных продуктов (воды, аммиака, хлороводорода и др.), называют **ПОЛИКОНДЕНСАЦИЕЙ**.

Получение. Крахмал получают чаще всего из картофеля. Для этого картофель измельчают, промывают водой и перекачивают в большие сосуды, где происходит отстаивание. Полученный крахмал ещё раз промывают водой, отстаивают и сушат в струе тёплого воздуха.

Химические свойства. Характерной реакцией крахмала является его *взаимодействие с иодом*. Если к охлаждённому крахмальному клейстеру

добавить раствор иода, то появляется синее окрашивание. При нагревании клейстера оно исчезает, а при охлаждении появляется вновь. Этим свойством пользуются при определении крахмала в пищевых продуктах. Так, например, если каплю иода поместить на срез картофеля или ломтик белого хлеба, то появляется синее окрашивание (рис. 43).

Реакцию превращения крахмала в глюкозу при каталитическом действии серной кислоты открыл русский учёный К. Кирхгоф в 1811 г.

Лабораторный опыт. *Приготовление крахмального клейстера и взаимодействие крахмала с иодом*

1) Налейте в пробирку 4—5 мл воды, добавьте немного крахмала и встряхните смесь. Образующуюся суспензию понемногу вливайте в пробирку с кипящей водой, постоянно взбалтывая раствор.

2) Полученный клейстер разбавьте холодной водой (1 : 20) и разлейте его по 3—5 мл в две пробирки. В одну пробирку добавьте немного раствора иода в спирте, а в другую — раствор иодида калия.

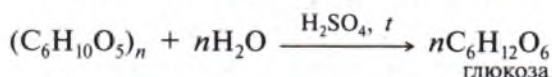
- Почему синее окрашивание появилось только в первой пробирке?



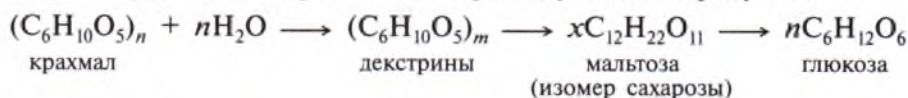
Важная информация

Взаимодействие с иодом — качественная реакция на крахмал.

Крахмал сравнительно легко *подвергается гидролизу*:



В зависимости от условий гидролиз крахмала может протекать ступенчато, с образованием различных промежуточных продуктов:



Лабораторный опыт. *Гидролиз крахмала*

1) В пробирку налейте 2 мл крахмального клейстера, добавьте 6 мл воды и осторожно прилейте 0,5—1 мл раствора серной кислоты.

2) Кипятите смесь в течение 5 мин, затем нейтрализуйте её раствором гидроксида натрия и добавьте немного свежеприготовленного осадка гидроксида меди(II). Содержимое пробирки вновь нагрейте.

- Что происходит с крахмалом при его нагревании в присутствии серной кислоты?
- О чём свидетельствует появление осадка жёлтого и красного цвета? Напишите уравнения соответствующих реакций.

Применение. Крахмал — ценный питательный продукт. Чтобы облегчить его усвоение, содержащие крахмал продукты подвергают действию высокой температуры, т. е. картофель варят, хлеб пекут. В этих условиях происходит частичный гидролиз крахмала и образуются *декстрины*, растворимые в воде. Декстрины в пищеварительном тракте подвергаются дальнейшему гидролизу до *глюкозы*, которая усваивается организмом. Избыток глюкозы превращается в *гликоген* (животный крахмал). Состав гликогена такой же, как крахмала, — $(C_6H_{10}O_5)_n$, но его молекулы более разветвлённые. Особенно много гликогена содержится в печени (до 10%). В организме гликоген является резервным веществом, которое превращается в глюкозу по мере её расходования в клетках.

В промышленности крахмал путём гидролиза превращают в глюкозу. Для этого его нагревают с разбавленной серной кислотой, избыток которой затем нейтрализуют мелом. Образовавшийся осадок сульфата кальция отфильтровывают, раствор упаривают и выделяют глюкозу. Если гидролиз крахмала не доводить до конца, то образуется смесь декстринов с глюкозой — *патока*, которую применяют в кондитерской промышленности. Получаемые из крахмала декстрины используют в качестве клея, для загустения красок при нанесении рисунков на ткань.

Крахмал (в виде зёрен злаков и картофеля) используют для получения этанола. В текстильной промышленности крахмал используют для обработки тканей, в бумажной — в качестве наполнителя. Кроме того, крахмал входит в состав таких пищевых продуктов, как колбасы, майонез, кетчуп и пр.

Полисахариды. Крахмал. Гликоген. Реакция поликонденсации. Качественная реакция на крахмал



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Объясните сущность процесса образования молекул крахмала из глюкозы.
2. Составьте уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:
 - а) $HCOH \longrightarrow C_6H_{12}O_6$
 - б) $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow (C_6H_{10}O_5)_n$
3. Чем различаются процессы переработки крахмала: а) в патоку; б) в глюкозу; в) в этанол?

4. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:

крахмал \rightarrow глюкоза \rightarrow этанол \rightarrow этиловый эфир уксусной кислоты

5. Из 1 т картофеля, в котором массовая доля крахмала равна 0,2, получили 100 л этанола ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$). Сколько это составляет процентов по сравнению с теоретическим выходом?

6. Массовая доля крахмала в кукурузе составляет 70 %. Какое количество глюкозы (в молях) можно получить из 500 кг кукурузных семян? (Расчёт ведите на одно элементарное звено молекулы крахмала — $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$.)

Тестовые задания

1. Реактив на крахмал — это

- | | |
|-------------------------------|--------------------|
| 1) бромная вода | 3) иод |
| 2) раствор перманганата калия | 4) гидроксид калия |

2. Резервный полисахарид в организме человека — это

- | | |
|-------------|-------------|
| 1) крахмал | 3) гликоген |
| 2) сахароза | 4) глюкоза |

3. Установите соответствие между названием органического вещества и классом органических соединений, к которому оно принадлежит.

- | | |
|----------------|--------------|
| 1) Триглицерид | А. кетоны |
| 2) Крахмал | Б. жиры |
| 3) Формалин | В. углеводы |
| 4) Ацетон | Г. альдегиды |

Используя электронное приложение, ознакомьтесь с видеофрагментом к § 33.

Используя Интернет и другие источники информации, подготовьте электронную презентацию на тему «Роль гликогена в организме человека».

Личный результат

Я могу составлять уравнения реакций гидролиза крахмала и поликонденсации моносахаридов.

Я умею проводить качественную реакцию на крахмал.

Нахождение в природе. Целлюлоза, так же как и крахмал, образуется в растениях в процессе фотосинтеза. Она является основной составной частью оболочки растительных клеток; отсюда происходит её название (от лат. *cellula* — клетка). Волокна хлопка — это почти чистая целлюлоза (до 98 %). Волокна льна и конопли тоже состоят главным образом из целлюлозы. В древесине её содержится примерно 50 % (рис. 44).

Физические свойства. Целлюлоза — волокнистое вещество, не растворимое ни в воде, ни в обычных органических растворителях. Растворителем её является реактив Швейцера — аммиачный раствор гидроксида меди(II).

Строение молекул. Молекулярная формула целлюлозы такая же, как и крахмала: $(C_6H_{10}O_5)_n$. Целлюлоза тоже является природным полимером. Её макромолекула состоит из многих остатков молекул глюкозы. *Почему же крахмал и целлюлоза — вещества с одинаковой молекулярной формулой — обладают различными свойствами?*

Оказывается, число остатков глюкозы, входящих в состав молекулы (n), у целлюлозы намного больше, чем у крахмала. Кроме того, макромолекулы целлюлозы, в отличие от крахмала, имеют только линейное строение. Макромолекулы целлюлозы располагаются в одном направлении и образуют волокна (у льна, хлопка, конопли и др.).

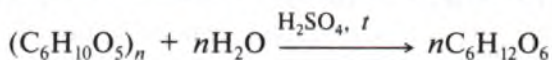
Получение. Основную массу целлюлозы выделяют из древесины. Один из методов получения целлюлозы — так называемый сульфитный. По этому методу измельчённую древесину в присутствии раствора гидросульфита кальция $Ca(HSO_3)_2$ или гидросульфита натрия $NaHSO_3$ нагревают в автоклавах при давлении 0,5–0,6 МПа и температуре 150 °С. При этом все другие вещества разрушаются, а целлюлоза выделяется в



Рис. 44. Лен, древесина, хлопчатник — источники целлюлозы

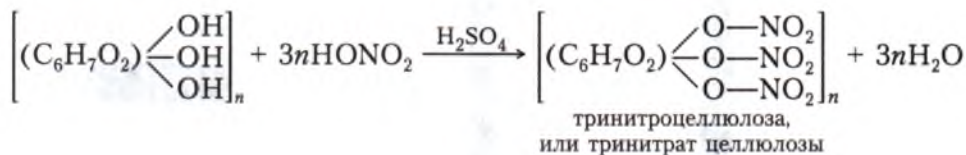
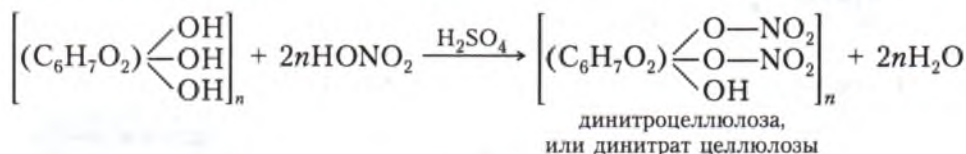
сравнительно чистом виде. Её промывают водой, сушат и направляют на дальнейшую переработку, большей частью на производство бумаги.

Химические свойства. Одно из наиболее характерных свойств целлюлозы — способность в присутствии кислот *подвергаться гидролизу* с образованием глюкозы. Как и гидролиз крахмала, гидролиз целлюлозы протекает ступенчато. Суммарно этот процесс можно изобразить так:



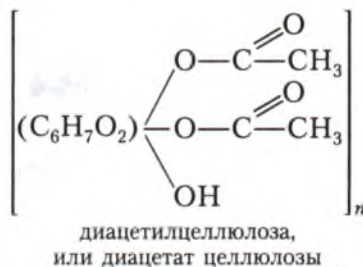
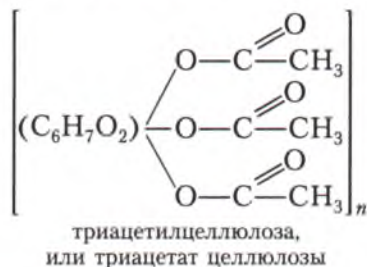
В молекуле целлюлозы каждый остаток глюкозы содержит три гидроксильные группы, поэтому для целлюлозы характерны *реакции этерификации*. Из них практическое значение имеют реакции целлюлозы с азотной кислотой и ангидридом уксусной кислоты.

При взаимодействии целлюлозы с азотной кислотой в присутствии концентрированной серной кислоты в зависимости от условий образуются сложные эфиры — динитроцеллюлоза и тринитроцеллюлоза:



Общее свойство нитратов целлюлозы — их чрезвычайная горючесть.

При взаимодействии целлюлозы с уксусным ангидридом (в присутствии уксусной и серной кислот) получается триацетилцеллюлоза или диацетилцеллюлоза:



Целлюлоза *горит*. При этом образуются оксид углерода(IV) и вода. При нагревании древесины без доступа воздуха происходит *разложение* целлюлозы и других веществ. При этом получают древесный уголь, метан, метиловый спирт, уксусная кислота, ацетон и другие продукты.

Применение. Целлюлозу используют в самых разных областях жизни. Из древесины строят дома, изготавливают бумагу и получают самые разнообразные вещества (метанол, этанол, древесный уголь, канифоль, смолу и др.), из хлопка и льна делают ткани.

Целлюлозу и продукты её этерификации используют для получения искусственных волокон. *Вискозное волокно*, получаемое из древесной

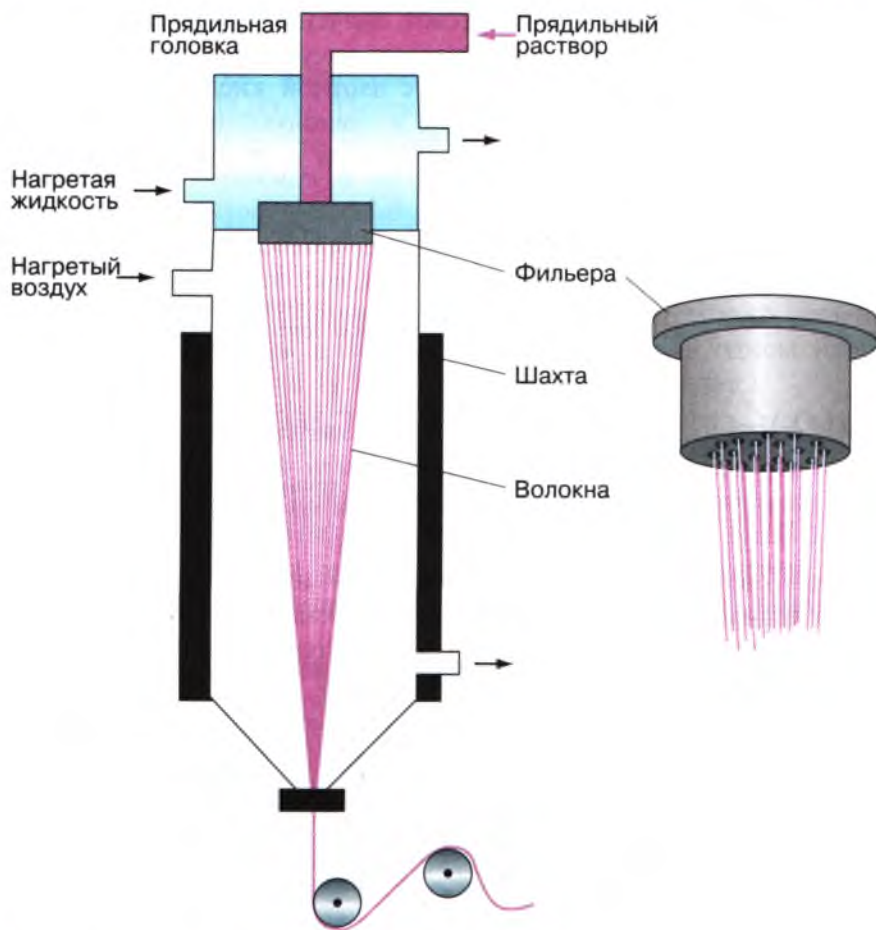


Рис. 45. Образование волокон ацетатного шёлка

целлюлозы, идёт на изготовление искусственного шёлка, искусственной кожи, целлофана и др. Из *ацетилцеллюлозы* получают *ацетатный шёлк*. Для этого триацетилцеллюлозу растворяют в смеси дихлорметана и этанола. Образовавшийся вязкий раствор продавливают через фильеры — металлические колпачки с многочисленными отверстиями (рис. 45). Тонкие струи раствора опускаются в шахту, через которую противотоком проходит нагретый воздух. В результате растворитель испаряется и триацетилцеллюлоза выделяется в виде длинных нитей, из которых прядением изготавливают ацетатный шёлк.

Ацетилцеллюлоза идёт также на производство негорючей плёнки и органического стекла, пропускающего ультрафиолетовые лучи.

Один небольшой лесопильный завод, оборудованный двумя пилами, может за год обеспечивать опилками производство 1 млн л этанола.

Лабораторный опыт. Ознакомление с образцами природных и искусственных волокон

По коллекции «Волокна» (схема 9) ознакомьтесь с образцами природных и искусственных волокон.

Схема 9



- По каким признакам можно отличить природные волокна от искусственных?

Тринитроцеллюлозу (пироксилин) используют как взрывчатое вещество и для производства бездымного пороха. Для этого тринитроцеллю-

лозу растворяют в этилацетате или в ацетоне. После испарения растворителей компактную массу размельчают и получают бездымный порошок.

Динитроцеллюлозу (коллоксилин) применяют для получения коллодия. В этих целях её растворяют в смеси спирта и эфира. После испарения растворителей образуется плотная плёнка — коллодий, применяемый в медицине. Динитроцеллюлоза идёт также на производство пластмассы *целлулоида*.

Целлюлоза. Ацетилцеллюлоза. Классификация волокон



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Объясните процесс образования молекул целлюлозы из молекул глюкозы. Чем отличаются по строению молекулы целлюлозы от молекул крахмала?

2. Как образуется целлюлоза в природе? Составьте соответствующие уравнения реакций.

3*. Охарактеризуйте процесс выделения целлюлозы из древесины.

4. В присутствии концентрированной серной кислоты целлюлоза реагирует с уксусной кислотой. Какие вещества могут при этом образоваться? Составьте уравнения реакций.

5. Из древесины можно получить как метанол, так и этанол. Чем различаются процессы образования данных спиртов?

6. Почему из целлюлозы можно получить волокно, а из крахмала нельзя?

7. Какие волокна получают из целлюлозы и чем они различаются?

8. Составьте схему «Применение целлюлозы».



Прочитайте рассказ о целлулоиде и искусственном волокне в книге М. Колтуна «Мир химии» (М.: Просвещение, 2009. — С. 157—158).



Найдите в Интернете информацию о целлофане и предложите способ, с помощью которого можно отличить целлофан от полиэтилена. Результат работы обсудите с соседом по парте.

Личный результат

Я знаю состав и строение целлюлозы.

Я умею составлять уравнения реакций гидролиза целлюлозы и образования сложных эфиров целлюлозы и азотной (уксусной) кислоты.

Практическая работа 5

Решение экспериментальных задач на получение и распознавание органических веществ

- **Повторите правила безопасной работы с химическими веществами.**

I вариант

1. В двух пробирках даны вещества: а) этанол; б) глицерин. Проведите опыты, подтверждающие их характерные свойства. Составьте уравнения соответствующих реакций.

2. В двух пробирках даны вещества: а) глюкоза; б) сахароза. Определите эти вещества при помощи характерных химических реакций и приведите соответствующие уравнения реакций.

3. Из этилового спирта получите сложный эфир. Составьте уравнения соответствующих реакций.

4. Даны две пробирки: одна с муравьиной кислотой, другая с уксусной. Определите химическим способом, где находится муравьиная кислота.

5. Докажите опытным путём, что картофель и белый хлеб содержат крахмал.

6. Определите с помощью характерных реакций каждое из трёх предложенных веществ: крахмал, сахар и глюкозу.

7. Выданы пробирки с растворами альдегида и глюкозы. При помощи одних и тех же реактивов определите каждое вещество.

II вариант

1. Даны две пробирки: одна с бензолом, другая с уксусной кислотой. Проведите опыты, подтверждающие характерные свойства данных веществ. Приведите уравнения соответствующих реакций. Уравнения реакций с уксусной кислотой напишите в молекулярном, полном и сокращённом ионном виде.

2. В одной пробирке содержится машинное масло, полученное из нефти, в другой — растительное масло. Определите химическим способом, где какое масло находится.

3. Из этилового спирта получите сложный эфир. Составьте уравнения соответствующих реакций.

4. Докажите на опыте, что обычный сахар содержит углерод.
5. Докажите опытным путём, что спелое яблоко содержит глюкозу.
6. Определите с помощью характерных реакций каждое из трёх предложенных веществ: глицерин, мыло и крахмал (растворы).
7. Докажите опытным путём, что выданное вам вещество: а) многоатомный спирт; б) карбоновая кислота. Используйте только один реактив.

Отчёт о работе оформите в виде таблицы (см. § 3).

Личный результат

Я умею применять знания о химических свойствах органических веществ при решении экспериментальных задач.

ГЛАВА X

АЗОТСОДЕРЖАЩИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

АМИНЫ

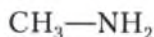
§ 36

- Повторите по курсу 9 класса строение и свойства аммиака.

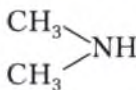


Определение

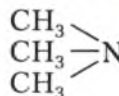
АМИНАМИ называют производные аммиака, в молекулах которого один или несколько атомов водорода замещены углеводородными радикалами:



метиламин
(первичный амин)

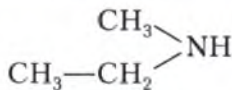


диметиламин
(вторичный амин)

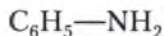


триметиламин
(третичный амин)

Заместители могут быть как одинаковыми, так и разными. Они могут быть предельными, непредельными, циклическими, ароматическими:



метилэтиламин



фениламин (анилин)



Важная информация

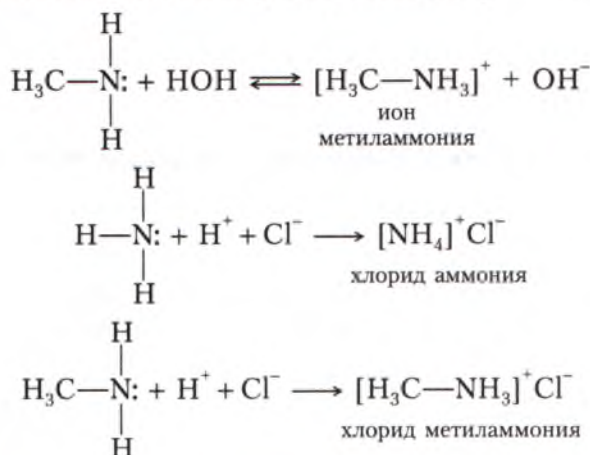
Функциональная группа аминов — аминогруппа —NH_2 . Общая формула аминов R—NH_2 .

Амины образуются при разложении азотсодержащих веществ (например, белков). Так, специфический запах моря обусловлен аминами, образовавшимися при разложении морских организмов (рис. 46).

Строение молекул и химические свойства. Строение молекул аминов аналогично строению молекулы аммиака, и поэтому свойства этих веществ сходны. В молекулах аминов орбитали атома азота находятся в состоянии sp^3 -гибридизации, три гибридные орбитали образуют

связи с углеродом и водородом, а четвёртая содержит неподелённую пару электронов.

В водном растворе и в присутствии кислот эта электронная пара взаимодействует с положительно заряженным ионом водорода и присоединяет его по донорно-акцепторному механизму:

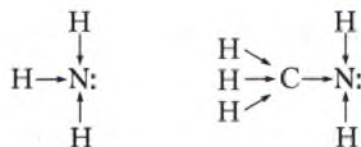


Следовательно, аммиак и амины обладают основными свойствами. Их водные растворы окрашивают раствор лакмуса в синий цвет, а раствор фенолфталеина в малиновый.

Однако по сравнению с аммиаком амины являются более сильными основаниями. Это объясняется различием в строении их молекул. Если в молекуле аммиака к атому азота сдвигаются электронные орбитали от трёх атомов водорода, то, например, в молекуле метиламина CH_3-NH_2 к атому азота сдвинуты электронные орбитали от пяти атомов водорода (от двух атомов водорода — непосредственно, а от трёх — через атом углерода):



Рис. 46. Запах моря обусловлен аминами



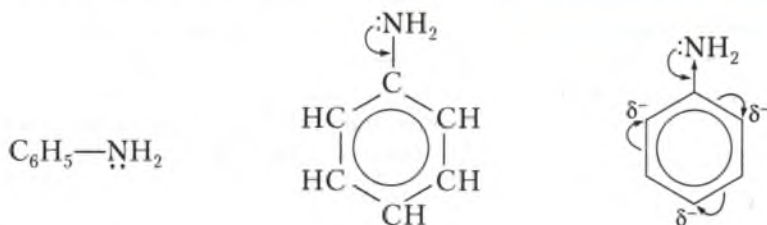
(стрелками показан сдвиг электронной плотности от атомов водорода к атомам азота). В результате атом азота в молекуле метиламина приобретает больший по значению отрицательный заряд, чем атом азота в молекуле

аммиака. Благодаря избыточному отрицательному заряду атом азота в молекулах аминов сильнее притягивает к себе протоны, чем в молекуле аммиака, т. е. амины проявляют более сильные основные свойства.

Наибольшее практическое значение имеет ароматический амин *анилин*.

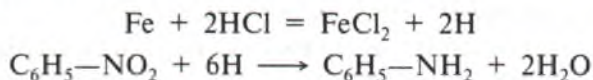
Физические свойства анилина. Анилин — бесцветная маслянистая ядовитая жидкость, малорастворимая в воде. Хорошими растворителями для него являются спирт, эфир и бензол. Анилин затвердевает при $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и кипит при $184\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вследствие окисления на воздухе он быстро темнеет. Как и все амины, анилин токсичен.

Строение молекулы анилина можно изобразить несколькими способами:



В молекуле анилина, как и в молекулах других аминов, у атома азота имеется неподелённая электронная пара, которая вовлечена в ароматическое сопряжение бензольного кольца. Там происходит перераспределение электронной плотности, в результате чего она возрастает в положениях 2, 4 и 6.

Получение анилина в промышленности основано на реакции восстановления нитробензола, которую в 1842 г. открыл русский учёный Н. Н. Зинин. Нитробензол восстанавливают в присутствии чугунных стружек и соляной кислоты. Вначале выделяется атомарный водород, который и взаимодействует с нитробензолом:



Зинин Николай Николаевич (1812—1880)

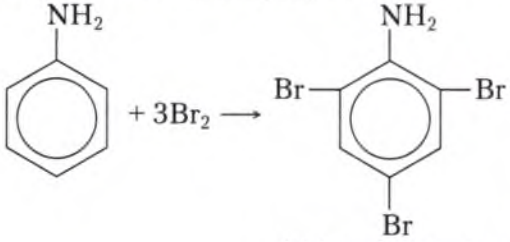
Русский химик-органик, академик. Открыл (1842) реакцию восстановления ароматических нитросоединений и получил анилин. Доказал, что амины — основания, способные образовывать соли с различными кислотами. Синтезировал и изучал многие другие органические вещества. Является основателем большой школы русских химиков, среди которых были А. М. Бутлеров, Н. Н. Бекетов, А. П. Бородин и др.

Химические свойства анилина обусловлены наличием в его молекуле аминогруппы $-\text{NH}_2$ и бензольного ядра. Подобно аминам, производным углеводородов предельного ряда, анилин реагирует с кислотами с образованием солей, но окраски раствора лакмуса не изменяет. Следовательно, анилин более слабое основание, чем амины предельного ряда. Чем это можно объяснить? Чтобы ответить на этот вопрос, вспомним о взаимном влиянии атомов и атомных групп в молекулах. Как и в молекуле фенола, бензольное ядро несколько оттягивает свободную электронную пару от атома азота аминогруппы. Вследствие этого электронная плотность на атоме азота в молекуле анилина уменьшается, и он слабее притягивает к себе протоны, т. е. основные свойства анилина ослабляются.

Важнейшие химические свойства анилина приведены в таблице 14.

Таблица 14

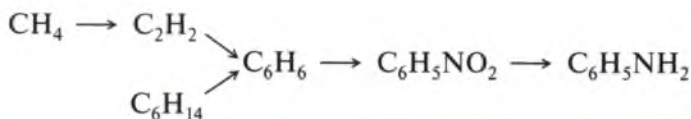
Важнейшие химические свойства анилина

Химические свойства анилина, обусловленные наличием в молекуле	
аминогруппы	бензольного ядра
<p>Реагирует с кислотами с образованием солей:</p> $\text{C}_6\text{H}_5-\text{NH}_2 + \text{HCl} \longrightarrow$ $\longrightarrow [\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3]^+\text{Cl}^-$ <p style="text-align: center;">хлорид фениламмония</p> <p>Образовавшиеся соли реагируют со щелочами, и снова выделяется анилин:</p> $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl} + \text{NaOH} \longrightarrow$ $\longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	<p>Энергично участвует в реакциях замещения, например, реагирует с бромной водой с образованием 2,4,6-триброманилина:</p>  <p style="text-align: center;">2,4,6-триброманилин</p>

Применение. Основная масса анилина используется для производства красителей. При действии на анилин окислителей последовательно образуются вещества различного цвета, например чёрный анилин, анилиновый красный, розанилин и многие другие.

Кроме того, анилин является исходным продуктом для синтеза многих лекарственных веществ, например сульфаниламидных препаратов, анилиноформальдегидных смол и некоторых взрывчатых веществ.

Генетическая связь анилина с другими классами органических соединений подтверждается тем, что его можно получить из различных углеводородов:



Азотсодержащие органические соединения. Амины. Аминогруппа. Анилин



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Какие вещества называют аминами и каково строение их молекул?
- 2*. На основании строения молекул укажите сходные и отличительные свойства аминов и аммиака.
- 3*. Даны амины: а) метиламин; б) диметиламин; в) триметиламин. Напишите их структурные формулы и поясните, у какого из них основные свойства выражены сильнее, а у какого слабее. Почему?
- 4*. Сравните свойства: а) аминов предельного ряда и анилина; б) спиртов предельного ряда и фенола. Какие свойства у этих веществ сходны и чем они отличаются друг от друга? Почему? Составьте уравнения реакций, подтверждающие выводы.
- 5*. На примере анилина объясните сущность взаимного влияния групп атомов в молекуле.
6. При восстановлении 250 г нитробензола получили 150 г анилина. Вычислите, сколько это составляет процентов по сравнению с теоретическим выходом продукта реакции.
7. Сколько граммов нитробензола можно получить из 312 г бензола, если массовая доля выхода нитробензола составляет 0,75, или 75 %?



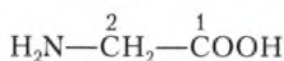
Используя электронное приложение, ознакомьтесь с видеофрагментами и выполните тесты к § 36.

Личный результат

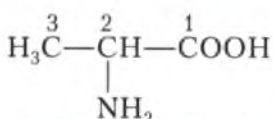
Я знаю состав, строение и свойства аминов.

Я умею составлять уравнения реакций, характеризующих свойства аминов.

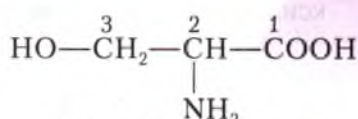
Сохранились также исторические названия аминокислот:



аминоуксусная кислота
(гликокол, глицин)



α -аминопропионовая кислота
(аланин)



2-амино-3-оксипропановая
кислота (серин)

В природе обнаружено около 150 различных аминокислот. Наибольшее значение имеют α -аминокислоты, так как они являются основой важнейших молекул живой природы — белков.

Получение. Аминокислоты, входящие в состав белков, получают путём их гидролиза подобно тому, как глюкозу получают из полисахаридов.

Известны также синтетические способы получения аминокислот. Так, например, в молекулах карбоновых кислот атомы водорода в радикале можно заменить на атомы галогенов, а последние (действием аммиака) — на аминогруппу: $\text{ClCH}_2\text{COOH} + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$.

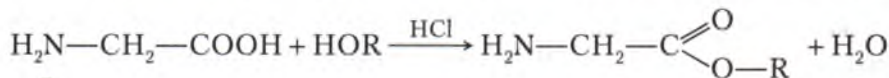
Физические свойства. Аминокислоты — бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде. Многие из них обладают сладким вкусом.

Химические свойства. В молекулах аминокислот содержатся карбоксильные группы, имеющие кислотные свойства, и аминогруппы, обладающие основными свойствами. Они и обуславливают характерные химические свойства этих веществ.

1. Аминокислоты реагируют как с основаниями, так и с кислотами, т. е. они являются амфотерными соединениями:

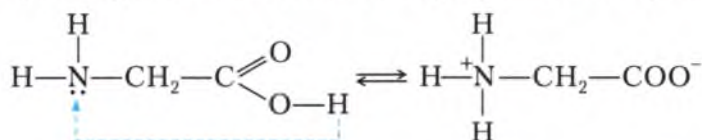


2. Аминокислоты реагируют со спиртами, образуя сложные эфиры:



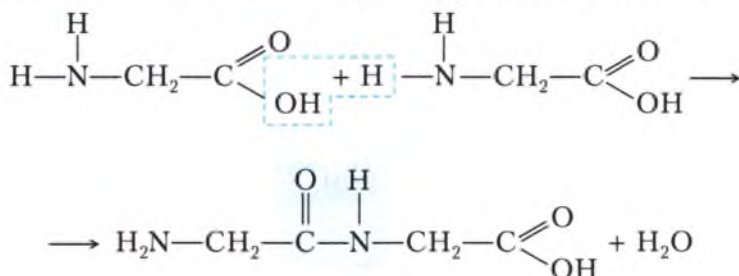
Бактерии и растения сами синтезируют все для них необходимые аминокислоты. Но в организмах животных и человека некоторые аминокислоты синтезироваться не могут. Их называют незаменимыми. К ним относят валин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, лизин, триптофан, фенилаланин. Эти аминокислоты должны поступать в организм с пищей.

3. Наличие в молекуле одинакового числа аминогрупп и карбоксильных групп приводит к *взаимной внутренней нейтрализации*:



Получившаяся соль имеет два противоположных заряда, и поэтому её называют *биполярным ионом*, т. е. ионом, имеющим два полюса. Её раствор нейтрален.

4. Аминокислоты реагируют друг с другом, образуя *пептиды*:



Образовавшаяся молекула может реагировать с другой молекулой и т. д. Количество аминокислотных остатков в образующемся пептиде может быть разным. Если их много, то образовавшуюся полимерную молекулу называют *полипептидом*.

Определение

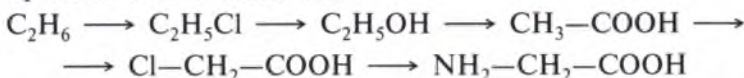
Группу атомов $-\text{CO}-\text{NH}-$ называют ПЕПТИДНОЙ ГРУППОЙ, а связь между атомами углерода и азота — ПЕПТИДНОЙ СВЯЗЬЮ.

В мозге обнаружены так называемые нейропептиды, регулирующие сон, влияющие на процессы обучения, снимающие боль и т. д. Многие гормоны (например, вазопрессин, окситоцин, инсулин, гормон роста и др.) также имеют пептидную природу.

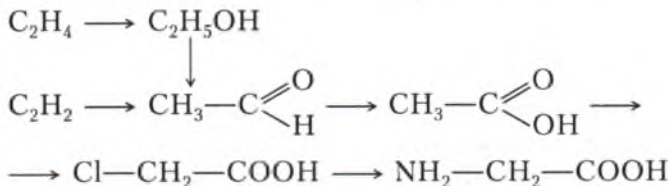
Применение. Аминокислоты необходимы для синтеза белков в живых организмах. Человек и животные получают их в виде пищи, содержащей различные белки. Некоторые искусственно выделенные или синтезированные аминокислоты, например глицин и метионин, применяют в медицинских целях. Многие аминокислоты служат для подкормки животных. Производные аминокислот используют для синтеза волокон, например капрона (см. § 46).

Генетическая связь аминокислот с другими классами органических соединений

1. Предельные углеводороды в процессе последовательных реакций можно превратить в аминокислоты:



2. Аминокислоты можно также получить из непредельных углеводов:



Аминокислоты. Биполярный ион. Пептидная (амидная) группа. Пептидная (амидная) связь. Пептиды. Глицин


Подумайте, ответьте, выполните...

1. При крекинге нефти образуется этилен. Какую простейшую аминокислоту можно из него синтезировать? Составьте уравнения соответствующих реакций.

2. Составьте уравнения реакций 2-аминопропионовой кислоты: а) с гидроксидом калия; б) с серной кислотой; в) с этанолом.

3. Даны вещества: а) этиламин; б) анилин; в) аминоэтановая кислота. Как можно различить эти вещества? Напишите уравнения соответствующих реакций.

4. Составьте конспект ответа, характеризующего этиламин, анилин и аминоэтановую кислоту (см. § 9, задание б).

 Используя электронное приложение, ознакомьтесь с анимацией и выполните тесты к § 37.

Личный результат

Я могу объяснить зависимость свойств аминокислот от строения их функциональных групп.

Я умею называть аминокислоты по международной номенклатуре и составлять уравнения реакций, характеризующих их свойства.

- Что вам известно о белках из курса биологии?
- Как образуется водородная связь?



Определение

БЕЛКИ — это природные полимеры, состоящие из остатков α -аминокислот, соединённых между собой пептидными связями.

Таким образом, белки — это природные полипептиды. Белки входят в состав клеток и тканей всех живых организмов. Все биологические катализаторы — ферменты — являются белками. Белки участвуют в важнейших процессах живого организма — обмене веществ, размножении, росте, работе мышц, желёз и т. д. Наряду с углеводами и жирами белки — основная составная часть нашей пищи.

Ещё в 1888 г. биохимик А. Я. Данилевский указал на то, что в молекулах белков содержатся повторяющиеся группы атомов. А в начале XX столетия немецкому учёному Э. Фишеру и другим исследователям удалось синтезировать соединения, в молекулы которых входило 18 остатков различных аминокислот, соединённых пептидными связями.

Состав и строение. В состав белков входят углерод, водород, кислород и азот. Большинство белков содержит, кроме того, серу, а иногда ещё фосфор, железо и некоторые другие элементы. Относительная молекулярная масса белков очень большая. Так, относительная молекулярная масса белка, входящего в состав куриного яйца, равна 36 000, а масса одного из белков мышц достигает 150 000. У некоторых белков относительная молекулярная масса составляет 300 000 и более.

В результате гидролиза белков чаще всего получают 20 различных аминокислот. Если в состав молекулы белка входит только по одной молекуле каждой из этих 20 аминокислот, то они, соединяясь друг с другом, могут дать свыше $2,4 \cdot 10^{18}$ различных комбинаций. Вот почему так разнообразны и сложны по строению молекулы белков.

В молекулах белков аминокислотные остатки повторяются многократно в строгой последовательности. Эту последовательность аминокислотных звеньев в линейной полипептидной цепи называют *первичной структурой* белковой молекулы (рис. 47).

Пространственная конфигурация белковой молекулы, напоминающая спираль, образуется благодаря многочисленным водородным связям между группами $-\text{CO}-$ и $-\text{NH}-$ (рис. 48). Такую структуру белка называют *вторичной*.

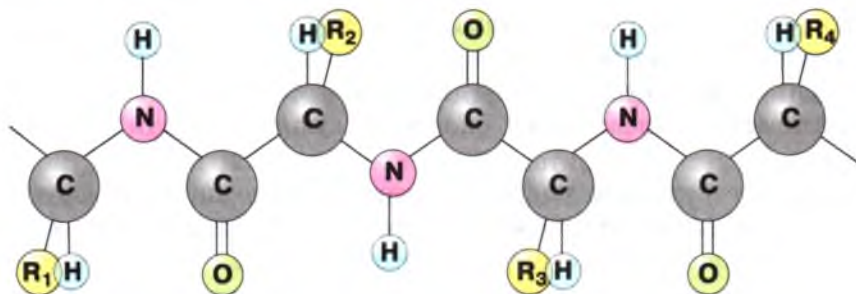


Рис. 47. Первичная структура белковой молекулы

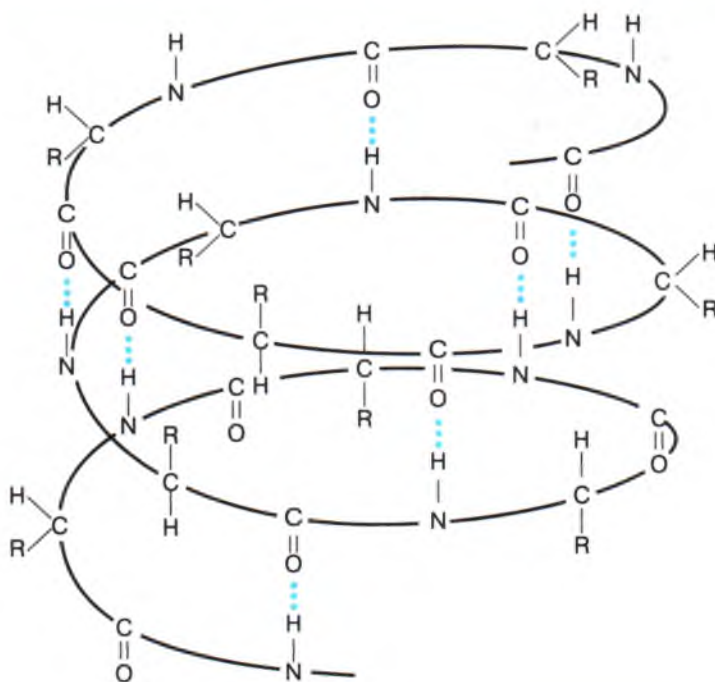


Рис. 48. Вторичная структура белковой молекулы

В пространстве закрученная в спираль полипептидная цепь образует *третичную структуру* белка (рис. 49). Она существует за счёт взаимодействия разных функциональных групп полипептидной цепи. Так, например, между атомами серы часто образуется *дисульфидный мостик* ($-S-S-$), между карбоксильной группой и гидроксильной группой имеется *сложноэфирный мостик*, а между карбоксильной группой и аминогруппой может возникнуть *солевой мостик*. Для этой структуры характерны и водородные связи. Третичная структура белка во многом обуславливает специфическую биологическую активность белковой молекулы.

Некоторые белковые макромолекулы могут соединяться друг с другом и образовывать относительно крупные агрегаты. В таких случаях говорят о *четвертичной структуре* белка (рис. 50). Примером подобного белка является гемоглобин, который представляет собой комплекс из четырёх макромолекул. Оказывается, что только при такой структуре гемоглобин способен присоединять и транспортировать кислород в организме.

Физические свойства. Белки бывают растворимые в воде и нерастворимые. Некоторые из них с водой образуют коллоидные растворы. Подробнее о коллоидных растворах вы узнаете в II классе.

Химические свойства. 1. *Денатурация белков.* При действии солей тяжёлых металлов (Fe, Pb, Hg и др.), концентрированных кислот и оснований, этанола, а также при нагревании происходит необрати-

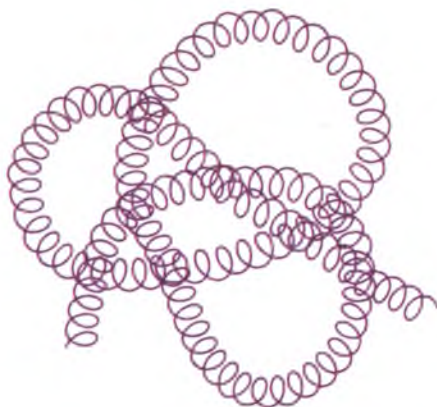


Рис. 49. Третичная структура белковой молекулы

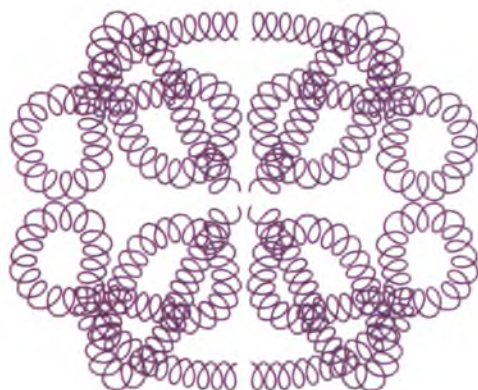


Рис. 50. Четвертичная структура белковой молекулы

мое свёртывание (осаждение) белков, т. е. их денатурация. При этом белок теряет биологическую активность вследствие разрушения его вторичной, третичной и четвертичной структур; первичная структура сохраняется. Иногда денатурация бывает обратимой.

2. *Цветные реакции белков:* 1) если к небольшому количеству раствора белка прилить немного гидроксида натрия и по каплям добавлять раствор сульфата меди(II), то появляется красно-фиолетовая окраска. Такая же реакция происходит и с другими соединениями, которые содержат пептидные группы;

2) при действии концентрированной азотной кислоты белки окрашиваются в жёлтый цвет. Эта реакция доказывает, что в состав белков входят остатки ароматических аминокислот;

3) если к раствору белков прилить ацетат свинца(II), а затем гидроксид натрия и нагреть, то выпадает чёрный осадок, что указывает на содержание серы.

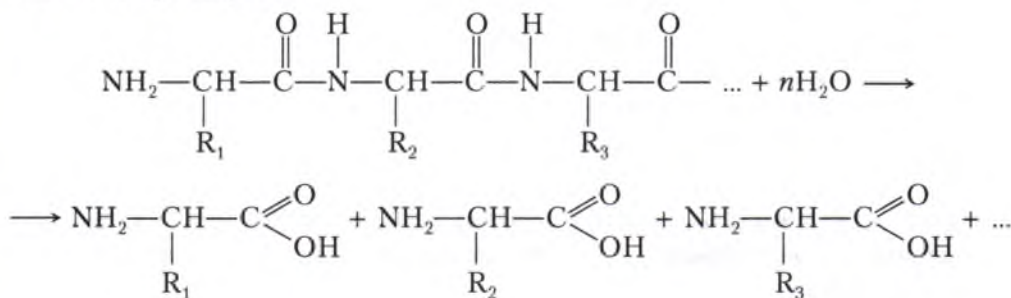
Лабораторный опыт. Цветные реакции на белки

Биуретовая реакция. Налейте в пробирку 2—3 мл раствора белка и добавьте несколько миллилитров раствора гидроксида натрия, а затем немного раствора сульфата меди(II).

Ксантопротеиновая реакция. В пробирку налейте 2—3 мл раствора белка и добавьте 0,5—1 мл концентрированной азотной кислоты. (Осторожно!)

- Как можно доказать наличие белков в пищевых продуктах?
- Какова сущность цветных реакций белков?

3. *Гидролиз белков.* При нагревании со щелочами или кислотами белок гидролизуется:



Превращение белков в организме. Белки входят в состав пищевых продуктов. Наиболее богаты белком мясо, рыба, молочные продукты, яйца и некоторые зернобобовые продукты.

В организме животных и человека ферменты (пепсин, трипсин и др.) катализируют гидролиз белков. В результате этого образуются аминокислоты, которые всасываются ворсинками кишечника в кровь и используются для образования белков, специфичных для данного организма.

Большее половины человечества не получает с пищей необходимого количества белков.

Синтез белков идёт с поглощением энергии. Эту энергию доставляют молекулы АТФ. В организме одновременно с синтезом белков непрерывно происходит и полное их разрушение, вначале до аминокислот, а затем до оксида углерода(IV), аммиака, мочевины и воды. При этих про-

цессах выделяется энергия, но в меньшем количестве, чем при распаде углеводов и жиров.

Успехи в изучении и синтезе белков. Уже первое ознакомление с белками даёт некоторое представление о чрезвычайно сложном строении их молекул. Первым белком, первичную структуру которого удалось расшифровать (в 1954 г.), был *инсулин* (гормон, регулирующий содержание сахара в крови). Возникающая в результате недостатка инсулина болезнь — сахарный диабет — очень опасна и в настоящее время широко распространена. Возраст больных диабетом в последние десятилетия резко снизился, этим заболеванием страдают даже дети. Для расшифровки структуры инсулина потребовалось почти 10 лет. Молекула инсулина состоит из двух полипептидных цепочек. Одна из них содержит 21, а другая — 30 аминокислотных остатков. В настоящее время осуществлён синтез инсулина. Для получения одной из полипептидных цепочек потребовалось провести 89 реакций, а для получения другой — 138.

Синтез белков в условиях лабораторий и химических заводов — задача очень сложная. А в живых организмах синтез белков происходит очень быстро (иногда почти мгновенно). В связи с этим в настоящее время искусственное получение белков чаще осуществляют не химическим, а микробиологическим путём.

Белки. Структура белковой молекулы (первичная, вторичная, третичная, четвертичная). Денатурация и гидролиз белков. Цветные реакции на белки



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Какие элементы входят в состав белков? Охарактеризуйте строение белковых молекул.
2. Какие группы атомов и виды связей наиболее характерны для большинства белковых молекул?
3. Где белки встречаются в природе и каково их значение?
4. Опишите физические и химические свойства белков.
5. Как можно доказать наличие белков в продуктах питания, в шерстяных и шёлковых тканях?
6. Сколько различных трипептидов может образоваться при сочетании трёх аминокислот (по выбору)? Составьте уравнения соответствующих реакций.
7. Какие вещества образуются при гидролизе белков в организме? Охарактеризуйте роль белков в процессах жизнедеятельности человека и животных.

Тестовые задания

1. При денатурации белка сохраняется структура его молекулы
 - 1) первичная
 - 2) вторичная
 - 3) третичная
 - 4) четвертичная
2. Первичная структура молекулы белка существует за счёт образования
 - 1) пептидных связей
 - 2) водородных связей
 - 3) дисульфидных связей
 - 4) ионных связей



Используя электронное приложение, ознакомьтесь с анимацией и выполните тесты к § 38.



Используя Интернет, подготовьте электронную презентацию на тему «Проблемы искусственного синтеза белков».

Личный результат

Я знаю, как устроены молекулы белков.

Я могу объяснить биологическую роль белков и их превращений в организме.

Я умею проводить цветные реакции на белки.

- **Вспомните строение молекулы бензола.**

До сих пор мы изучали органические соединения, в циклах которых содержатся только атомы углерода. Однако гораздо больше таких соединений, в циклы которых, кроме атомов углерода, входят также атомы азота, серы, кислорода и некоторых других элементов. Такие соединения относят к гетероциклическим.

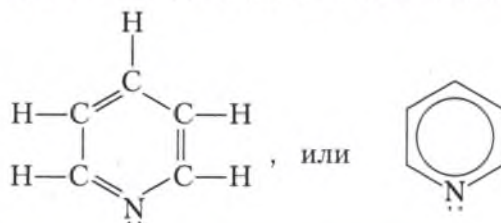


Определение

Соединения, в циклах которых наряду с атомами углерода содержатся и атомы других элементов, называют **ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ**.

Большое биологическое значение имеют азотсодержащие гетероциклические соединения, в циклах которых, кроме атомов углерода, содержатся атомы азота. Рассмотрим некоторые из них.

Пиридин представляет собой бесцветную жидкость с сильным неприятным запахом, кипящую при температуре 115 °С. Это азотсодержащее гетероциклическое соединение с шестичленным кольцом:

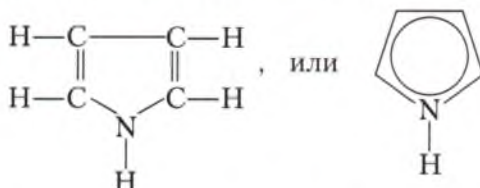


Электронное строение пиридина напоминает строение бензола. Орбитали всех атомов углерода и атома азота находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Шесть электронов, находящихся на негибридных p -орбиталях, образуют π -электронную *ароматическую систему*.

Как и в аминах, атом азота в молекуле пиридина имеет неподелённую электронную пару, поэтому пиридин обладает основными свойствами. Аналогично бензолу пиридин способен к реакциям галогенирования и нитрования, но они протекают значительно труднее.

Ядро пиридина содержится в молекулах витамина РР, предупреждающего развитие пеллагры (заболевания кожи), и витамина В₆.

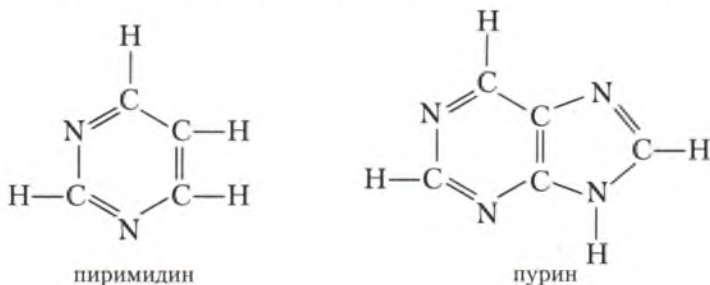
Пиррол выделяют из смеси веществ, образующихся при пиролизе обезжиренных костей. Его получают и синтетическим путём. Это бесцветная жидкость, плохо растворимая в воде, кипящая при температуре 130 °С. Запах пиррола напоминает запах хлороформа. Пиррол — азотсодержащее гетероциклическое соединение с пятичленным кольцом:



Все орбитали углеродных атомов и атома азота находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Четыре электрона негибридных p -орбиталей атомов углерода и два p -электрона неподелённой пары атома азота образуют единое π -электронное облако, поэтому *пиррол обладает ароматическими свойствами*. А так как неподелённая электронная пара атома азота участвует в образовании ароматической связи, то основные свойства у пиррола отсутствуют.

Пиррольные кольца входят в состав гемоглобина и хлорофилла, роль которых вам известна из курса биологии.

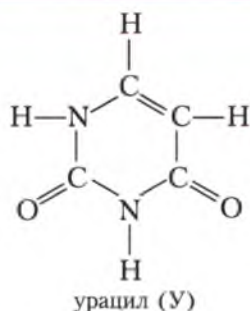
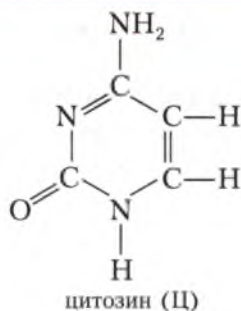
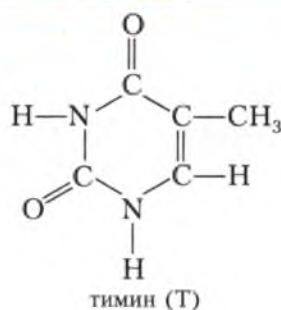
Пиримидиновые и пуриновые основания, входящие в состав нуклеиновых кислот. Гетероциклические основания *пиримидин* и *пурин* содержат гетероатомы азота (два и четыре атома соответственно):



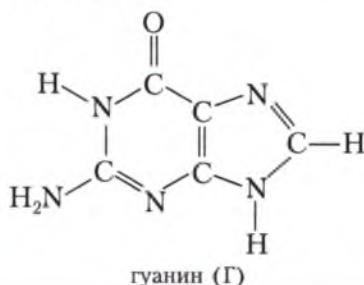
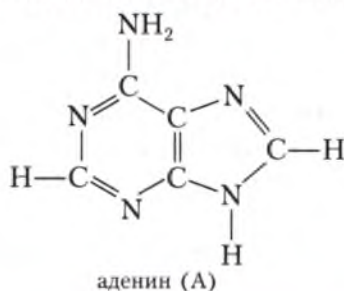
Из структурной формулы пурина видно, что его молекула состоит из двух ядер. Такие соединения относят к *конденсированным гетероциклам*.

Производные пурина и пиримидина — биологически активные вещества.

Важнейшими производными пиримидина, которые входят в состав нуклеиновых кислот, являются *азотистые основания* тимин, цитозин и урацил:



Производными же пурина, входящими в состав нуклеиновых кислот, являются азотистые основания аденин и гуанин:



Азотсодержащие гетероциклические соединения. Пиридин. Пиррол. Пиримидин. Пурин. Азотистые основания

Подумайте, ответьте, выполните...

1*. Поясните, какие соединения относят к гетероциклическим. Приведите примеры и напишите их формулы и названия.

2*. Назовите известные вам производные пиримидина и пурина, входящие в состав молекул нуклеиновых кислот. Напишите их структурные формулы и по аналогии с аминами охарактеризуйте их свойства.

Используя электронное приложение, ознакомьтесь с разделом «Это интересно» к § 39.

Личный результат

Я имею представление об азотсодержащих гетероциклических соединениях.

Нуклеиновые кислоты

- **Вспомните из курса биологии особенности функций и размещения в живой клетке ДНК и РНК.**
- **Какие вещества называют азотистыми основаниями? К какому классу органических веществ их относят?**

Нуклеиновые кислоты играют огромную биологическую роль. Это важнейшие компоненты (составные части) всех живых клеток. Эти вещества обеспечивают передачу наследственных признаков в ряду поколений. Без нуклеиновых кислот невозможен биосинтез белков.

Состав нуклеиновых кислот исключительно сложный. Их относительная молекулярная масса очень большая и колеблется в пределах 20 000—10 000 000.

Открытие нуклеиновых кислот принадлежит швейцарскому химику Ф. Мишеру. В 1869 г. он обнаружил в лейкоцитах новое химическое соединение, которое назвал нуклеином (от лат. *nucleus* — ядро). В 1889 г. немецкий анатом и гистолог Р. Альтман ввёл термин «нуклеиновая кислота».

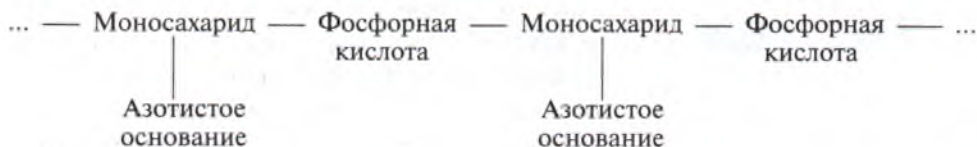


Важная информация

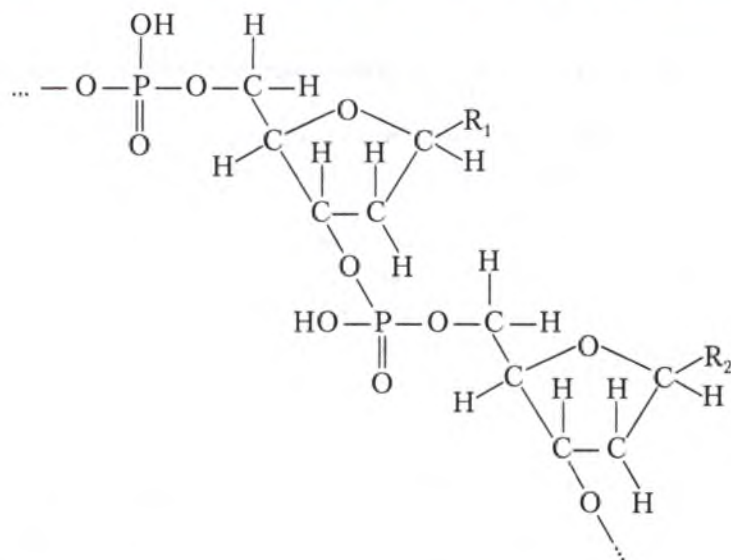
Нуклеиновые кислоты являются полимерами (полинуклеотидами).

Это установлено путём их гидролиза. В состав каждого *нуклеотида* входят остаток пиримидинового или пуринового основания (азотистого основания), остаток моносахарида (рибозы или дезоксирибозы) и остатки фосфорной кислоты. Если в состав нуклеиновых кислот входят нуклеотиды, содержащие рибозу, то такие нуклеиновые кислоты называют *рибонуклеиновыми кислотами* (РНК). В состав *дезоксирибонуклеиновых кислот* (ДНК) входят нуклеотиды, содержащие дезоксирибозу.

Нуклеотиды соединены в полимерную цепь сложноэфирными связями. Схематически это можно показать так:



Согласно приведённой схеме фрагмент цепи ДНК будет выглядеть так:



Радикалы R — это остатки гетероциклических азотистых оснований. В состав ДНК входят четыре азотистых основания: аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц) и тимин (Т). В РНК содержится также четыре азотистых основания, но вместо тимина присутствует урацил (У).

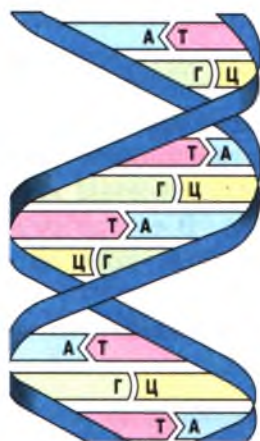


Рис. 51. Схема строения ДНК (двойная спираль)

Мы рассмотрели только фрагмент одной цепи ДНК. Однако по данным рентгеноструктурного анализа макромолекула ДНК представляет собой две взаимосвязанные спиральные цепи. Фрагмент молекулы ДНК показан на рисунке 51. Обе спиральные цепи соединены водородными связями, возникающими в результате взаимодействия радикала азотистого основания одной цепи с радикалом азотистого основания другой цепи. Основания, образующие пары, соединённые водородными связями, называют *комплементарными* (взаимно дополняющими). При образовании таких пар соблюдается следующая закономерность: *одно основание обязательно должно быть пуриновое, а другое — пиримидиновое*. При-

чём тимин непременно находится в паре с аденином, а цитозин — с гуанином.

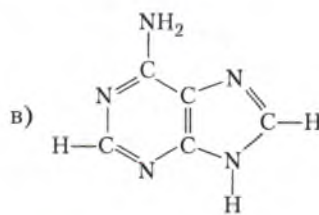
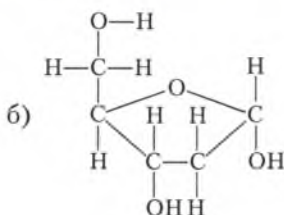
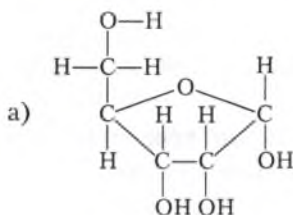
Макромолекула РНК состоит из одной цепи. В состав молекул рибонуклеиновых кислот вместо тимина входит азотистое основание урацил. Урацил, как и тимин, комплементарен аденину.

Нуклеиновые кислоты. Нуклеотиды. Комплементарные азотистые основания



Подумайте, ответьте, выполните...

- 1*. Как учёным удалось установить состав нуклеиновых кислот?
- 2*. Охарактеризуйте строение нуклеотидов и отдельных звеньев РНК и ДНК.
- 3*. Какова роль ДНК и РНК в биохимических процессах, протекающих в организме человека? Какова роль нуклеиновых кислот в регулировке механизма наследственности?
- 4*. Определите, в состав каких известных вам нуклеиновых кислот входят радикалы следующих веществ:



- 5*. В чём заключается сущность явления комплементарности?



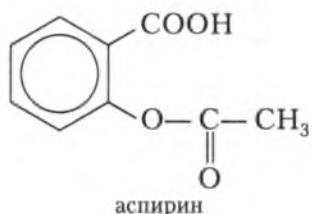
Используя электронное приложение, ознакомьтесь с разделом «Рисунки» к § 40.

личный результат

- Я знаю** строение нуклеотидов, входящих в состав нуклеиновых кислот.
- Я могу** объяснить биологическую роль нуклеиновых кислот.

- Какие возбудители болезней вам известны?
- Как называют устойчивость организма к заболеваниям?

Важнейшая отрасль органической химии — *фармакологическая химия*, т. е. синтез лекарственных препаратов. (Фармакологией называют науку о лекарственных веществах и их действии на организм.) Профилактика и лечение болезней с помощью синтетических лекарственных средств позволили сохранить жизнь или улучшить её качество миллионам людей.

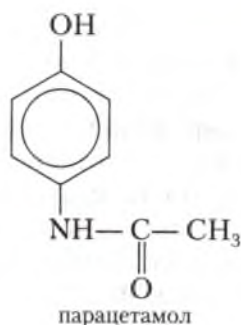


Началом промышленной химии лекарств можно считать 1899 г., когда был получен патент на использование **аспирина**, синтезированного из салициловой кислоты. Этот препарат и сегодня остаётся самым популярным лекарством в мире.

За время, прошедшее с тех пор, синтезировано огромное количество лекарственных средств. Среди них болеутоляющие (анальгетики), антибиотики, иммуномодуляторы, противовирусные препараты, снотворные и успокаивающие средства, регуляторы кровяного давления и обмена веществ, противоаллергические средства, витамины, ферментные препараты, сорбенты и т. д.

Все мы время от времени используем те или иные лекарства. Но нужно помнить, что абсолютно безопасных лекарственных средств не существует. Перед покупкой очередного лекарства необходимо посоветоваться с врачом и внимательно прочесть инструкцию! Нельзя превышать рекомендованную дозу: лекарство может превратиться в яд! У каждого лекарственного препарата есть побочные эффекты и противопоказания; возможна и индивидуальная непереносимость лекарства. Давайте убедимся в этом, рассмотрев несколько известных препаратов, часто применяемых без рецепта врача.

Парацетамол (синонимы: эффералган, калпол) на сегодняшний день считается самым безопасным жаропонижающим и болеутоляющим средством. Но этот препарат *противопоказан* людям с повышенной чувствительностью к препарату, тем, у кого нарушены функции почек и печени, страдающим алкоголизмом и детям до 6 лет. Возможны *побочные действия*: поражения кроветворения (вплоть до анемии), почечная колика, аллергические реакции в виде кожных высыпаний.



Амоксициллин (синонимы: аугментин, флемоксин) — широко используемый антибиотик. Его применяют при лечении бактериальных инфекций дыхательных путей (бронхит, пневмония, ангина, отит и др.), мочеполовой системы, кожи, желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и т. д. *Противопоказаниями* к применению амоксициллина являются повышенная чувствительность (в том числе к другим антибиотикам), аллергический диатез, бронхиальная астма, хронические заболевания ЖКТ и некоторые другие. Как и другие антибиотики, амоксициллин убивает не только возбудителей заболеваний, но и полезные бактерии, обитающие в кишечнике человека. *Побочные действия:* тошнота, рвота, понос, стоматит, возбуждение, беспокойство, бессонница, спутанность сознания, головная боль, головокружение, судорожные реакции, затруднённое дыхание, учащённое сердцебиение, боли в суставах, аллергические реакции (вплоть до анафилактического шока*) и др.

Интерферон (синонимы: альфаферон, вэллферон) — иммуномодулятор и противовирусное средство. Его назначают при простудах и гриппе (для профилактики и лечения). Также применяют при лечении вирусных гепатитов В и С, некоторых форм рака, рассеянного склероза. *Противопоказания:* интерферон нельзя назначать, если у больного повышена чувствительность к этому препарату, больной перенёс острый инфаркт миокарда либо страдает эпилепсией или хроническим гепатитом. *Ограничения к применению:* беременность, грудное вскармливание, детский возраст. *Побочные действия:* потеря аппетита, мышечные боли, головная боль, боли в суставах, потливость, тошнота, рвота, сухость во рту, диарея (понос), боли в животе, головокружение, расстройства зрения, сонливость, нервозность, кожные аллергические реакции (сыпь и зуд) и др.

* Анафилактический шок — это быстро развивающаяся (иногда молниеносная) аллергическая реакция, возникающая при повторном введении в организм аллергена. Отмечается угнетение сознания, падение артериального давления, появляются судороги. Молниеносное течение анафилактического шока заканчивается смертельным исходом.

Активированный уголь (синонимы: карбактин, ультра-адсорб) — это антацид (вещество, снижающее кислотность) и адсорбент (поглотитель токсических веществ). Его используют при бактериальных кишечных инфекциях и пищевых отравлениях, астме, синдроме токсического шока, отравлении лекарственными средствами и др. *Противопоказания:* повышенная чувствительность к этому препарату, язвенные поражения ЖКТ, желудочные кровотечения, одновременное назначение антитоксических веществ, эффект которых развивается после всасывания (метионин и др.). *Побочные действия:* снижение всасывания из ЖКТ питательных веществ, запор или понос. При *одновременном приёме* с другими лекарственными препаратами активированный уголь снижает их всасывание и эффективность.

Надеемся, что мы убедили вас с осторожностью относиться к любым лекарствам.

Мир лекарств удивительно интересен. Учёные изобретают и синтезируют всё новые и новые препараты: улучшающие память, замедляющие процесс старения, помогающие бороться с ранее неизлечимыми болезнями. Болезни, которые труднее всего лечить, — это *алкоголизм* и *наркомания*. При этих заболеваниях изменения, происходящие в организме, необратимы, так как алкоголь и наркотики становятся звеньями обмена веществ, т. е. *человек не может вылечиться полностью*. Тем не менее спасение есть — это **воля** самого человека. Существуют и препараты, помогающие тем, кто решил лечиться от алкогольной и наркотической зависимости. При полном отказе от алкоголя и наркотиков больные алкоголизмом и наркоманией могут вести нормальный образ жизни.

Фармакологическая химия



Используя электронное приложение, ознакомьтесь с разделом «Это интересно» к § 41 и выполните тесты к этому параграфу.



Составьте эскиз буклета по теме «Химия и здоровье человека». Для этого используйте алгоритм, приведённый в книге Ю. Н. Казанцева «Химия. Конструктор текущего контроля. 10 класс» (М.: Просвещение, 2009. — С. 37).

Личный результат

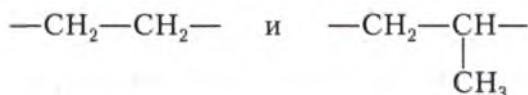
Я умею пользоваться инструкцией к лекарственным препаратам.

Буква n в формуле полимера показывает, сколько молекул мономера соединилось в процессе полимеризации; её называют *степенью полимеризации*. Степень полимеризации не является постоянной величиной. Так, при полимеризации этилена могут образоваться макромолекулы, у которых число n колеблется от 300 до 100 000. Поэтому обычно указываемая для данного полимера относительная молекулярная масса является его средней молекулярной массой.

Определение

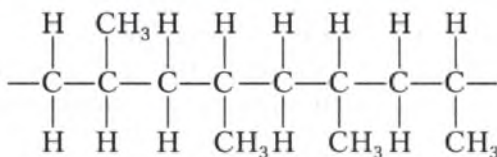
Множественно повторяющаяся в молекуле полимера группа атомов называют СТРУКТУРНЫМ ЗВЕНОМ.

Например, структурные звенья полиэтилена и полипропилена такие:



Физические свойства полимеров сильно зависят от степени полимеризации. Они зависят и от того, как соединяются друг с другом молекулы мономеров, т. е. от их строения. Полимеры могут иметь линейную, разветвлённую и пространственную (сетчатую) структуру (рис. 52).

В процессе полимеризации, например, пропилена может образоваться полимер со *стереонерегулярной структурой*:



Стереонерегулярной эту структуру называют потому, что радикалы $-\text{CH}_3$ в ней размещены хаотически — по одну и другую сторону цепи.

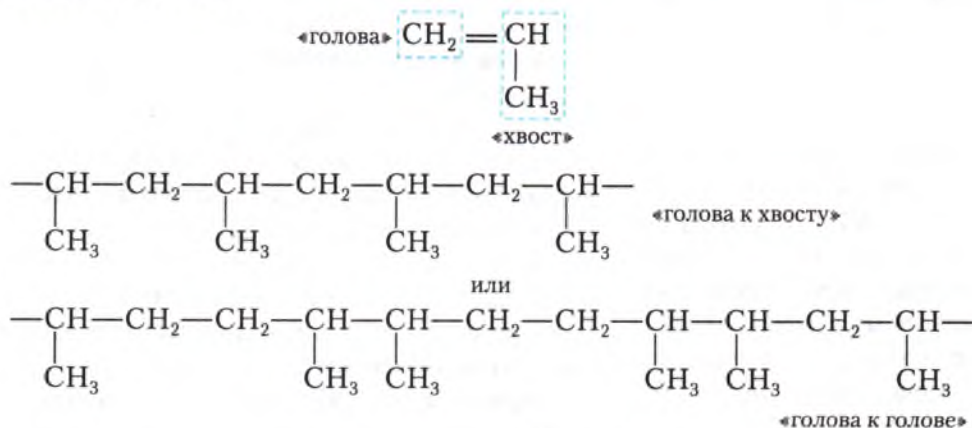
Качество полимера значительно улучшается, если он имеет *стереорегулярную структуру*. Но для получения таких полимеров требуются особые условия (специфические катализаторы, оптимальные температура и давление).

Для полипропилена стереорегулярность обусловлена двумя вариантами строения углеродной цепи в макромолекуле: если часть молекулы пропилена, которая находится с одной стороны от двойной связи, назвать «головой», а ту, которая находится с другой, — «хвостом», то при полимеризации



Рис. 52. Схематическое изображение структуры макромолекул полимеров

зации молекулы могут соединяться между собой «голова к хвосту» или «голова к голове»:



Полиэтилен и полипропилен. Эти линейные полимеры фактически имеют зигзагообразное строение. Их молекулы сильно изогнуты в различных направлениях, иногда даже свёрнуты в клубки.

Получение. Ещё недавно полиэтилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ получали под высоким давлением при повышенной температуре. Реализация такого производственного процесса была весьма сложной. В последнее время полимеризацию проводят при атмосферном давлении и комнатной температуре в присутствии триэтилалюминия и хлорида титана(IV). Синтезированный таким путём полиэтилен плавится при более высокой температуре и обладает большей механической прочностью, так как имеет меньше ответвлений. Подобным образом получают полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, полиметилметакрилат и некоторые другие полимеры.

Физические свойства. Полиэтилен значительно легче воды, его плотность примерно $0,92 \text{ г/см}^3$. Он эластичен, в тонком слое бесцветный, прозрачный, на ощупь несколько жирный, напоминающий парафин. Если кусочек полиэтилена нагреть, то уже при температуре 110°C он становится мягким и легко изменяет форму. При охлаждении полиэтилен затвердевает и сохраняет приданную ему форму.

Определение

Свойство тел изменять форму в нагретом состоянии и сохранять её после охлаждения называют ТЕРМОПЛАСТИЧНОСТЬЮ.

При очень сильном нагревании полиэтилен разлагается.

Полипропилен (отдельные его виды) отличается от полиэтилена более высокой температурой плавления (плавится при температуре $160\text{--}180^\circ\text{C}$) и большей механической прочностью.

Химические свойства. Полиэтилен и полипропилен обладают свойствами предельных углеводородов. При обычных условиях эти полимеры не реагируют ни с серной кислотой, ни со щелочами. (Концентрированная (дымящая) азотная кислота разрушает полиэтилен, особенно при нагревании.) Они не обесцвечивают бромную воду и раствор перманганата калия даже при нагревании.

Применение. Полиэтилен и полипропилен химически устойчивы, механически прочны, поэтому их широко применяют при изготовлении оборудования в различных отраслях промышленности (аппараты, трубы, сосуды и т. д.). Они обладают высокими электроизоляционными свойствами. Полиэтилен и полипропилен в тонком слое хорошо пропускают ультрафиолетовые лучи, поэтому плёнки из этих материалов

используют вместо стекла в парниках и теплицах. Их применяют также для упаковки разных продуктов. Нужно иметь в виду, что полиэтилен начинает размягчаться при 80°C . Если вы хотите налить горячий чай в пластиковый стакан, то будьте внимательны: стакан может быть предназначен только для холодных пищевых продуктов.

Для создания искусственного сердца, впервые пересаженного человеку в 1982 г. в США, учёные использовали различные материалы. Корпус сердца был изготовлен из алифатического полиуретанового термоластопласта, кольца, удерживающие клапаны сердца, — из поликарбоната, а сами клапаны — из титана. Все детали были покрыты полиуретаном, на который «привили» гепарин — вещество, предотвращающее образование тромбов.

Лабораторный опыт. Свойства полиэтилена

1) Поместите кусочек полиэтилена в стакан и налейте туда немного воды.

2) Кусочек полиэтиленовой трубки или другого изделия (но не плёнки) положите на проволочную сетку и осторожно нагрейте. При помощи стеклянной палочки измените форму изделия.

3) Дайте кусочку полиэтилена остыть и ещё раз попытайтесь изменить его форму.

4) Кусочек полиэтилена при помощи тигельных щипцов внесите в пламя и подожгите его.

5) Несколько мелких кусочков полиэтилена поместите в пробирку: а) с бромной водой; б) с раствором перманганата калия. Содержимое обеих пробирок подогрейте.

6) Несколько кусочков полиэтилена поместите в пробирку: а) с концентрированной серной кислотой; б) с концентрированной азотной кислотой; в) с разбавленным раствором гидроксида натрия. Все пробирки осторожно нагрейте.

- Почему полиэтилен не действует на бромную воду и не обесцвечивает раствор перманганата калия?
- Каково отношение полиэтилена к действию кислот и щелочей?

Политетрафторэтилен. Если в молекуле этилена все атомы водорода заместить атомами фтора, то получается тетрафторэтилен $\text{CF}_2=\text{CF}_2$. При полимеризации последнего образуется *политетрафторэтилен*, или *тефлон* $(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$, — прочное и химически очень стойкое вещество. Тефлон по химической устойчивости превосходит все металлы, даже золото и платину. Он выдерживает температуру до 260°C , не горит и является отличным диэлектриком. В быту очень популярна посуда с покрытием из тефлона — пища в такой посуде не пригорает. Но такое покрытие можно легко поцарапать металлическими предметами, и посуда быстро портится. Поэтому при приготовлении пищи в такой посуде необходимо пользоваться деревянной лопаточкой.

Полимеры. Степень полимеризации. Мономер. Структурное звено. Термопластичные полимеры. Стереорегулярные полимеры. Полиэтилен. Полипропилен. Политетрафторэтилен



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Какие вещества относят к высокомолекулярным соединениям? Что называют полимером? На конкретных примерах поясните, чем различаются мономер и структурное звено полимера.

2. Поясните, что такое степень полимеризации.

3*. На конкретном примере покажите возможность образования полимера со стереорегулярным и стереонерегулярным строением.

4. Охарактеризуйте процесс получения полиэтилена и полипропилена в промышленности. Составьте уравнения соответствующих реакций.

5. Опишите свойства полиэтилена, полипропилена и тефлона. Где применяют эти вещества?

6. Составьте уравнения реакций образования поливинилхлорида и полистирола. Где применяют эти вещества?

7. Какие полимеры называют термопластичными? Приведите примеры.

Тестовые задания

1. Полиэтилен получают полимеризацией этилена. В этой реакции

- 1) этилен — мономер, а полиэтилен — полимер
- 2) этилен — полимер, а полиэтилен — мономер
- 3) этилен и полиэтилен — полимеры
- 4) этилен и полиэтилен — мономеры

2. В качестве антипригарного покрытия используют

- 1) полиэтилен
- 2) полипропилен
- 3) полистирол
- 4) политетрафторэтилен



Прочитайте главу «Необъятная страна полимеров» в книге М. Колтуна «Мир химии» (М.: Просвещение, 2009).

Личный результат

Я знаю, как зависят свойства полимеров от их строения.

Я умею записывать уравнения реакций полимеризации.

Конденсационные полимеры.

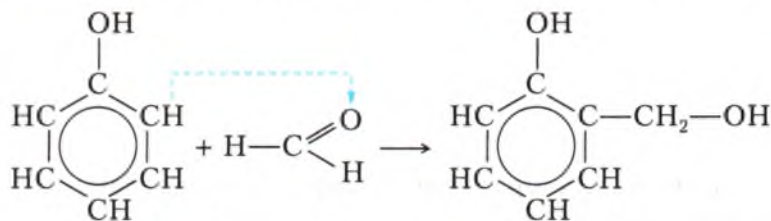
Пенопласты

- В чём отличия реакции поликонденсации от реакции полимеризации?
- Вспомните формулы фенола и метанала (формальдегида).

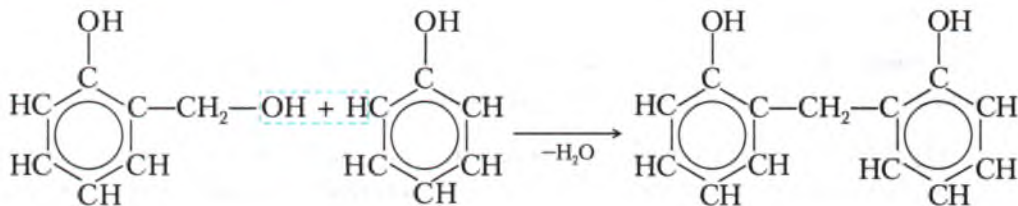
Полимерные материалы можно получать не только в реакциях полимеризации, но и принципиально другим способом — на основе реакций поликонденсации. С реакциями поликонденсации вы уже познакомились при изучении свойств полисахаридов и аминокислот (см. § 33, 37). Наиболее распространённые конденсационные полимеры — это полиамиды и полиэфиры (о них будет подробно рассказано в § 46), а также фенолоформальдегидные и карбамидоформальдегидные смолы.

Фенолоформальдегидные смолы образуются в реакции поликонденсации фенола (или его гомологов) с формальдегидом. Рассмотрим механизм этой реакции.

Нам уже известно, что в молекуле фенола в положениях 2, 4 и 6 атомы водорода весьма подвижны, а для альдегидов характерны реакции присоединения, обусловленные наличием в них π -связи. В связи с этим реакцию фенола с формальдегидом можно изобразить так:

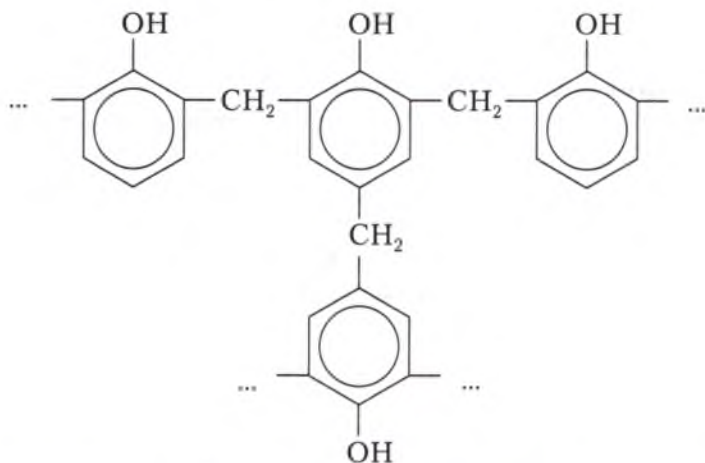


Образующееся промежуточное соединение затем реагирует с другими молекулами фенола:



Для изделий из фенопластов установлены допустимые количества миграции фенола и формальдегида. Для изделий, контактирующих с пищевыми продуктами, допустимое количество выделяемого фенола составляет 0,05 мг/л, формальдегида — 0,1 мг/л.

Далее образовавшийся продукт реагирует с другими молекулами метанала, а затем с молекулами фенола и т. д. В результате получается высокомолекулярное вещество — *фенолоформальдегидная смола* и побочный продукт — вода. Так как в молекулах фенола подвижные атомы водорода находятся не только в положении 2, но и в положениях 4 и 6, то в реакции с метаналем участвуют и эти атомы водорода. Поэтому синтезируется полимер разветвлённого строения:



При повышенных температуре и давлении разветвлённые молекулы полимера взаимодействуют друг с другом, образуя полимер с пространственной структурой. Такой материал теряет термопластичность и становится более прочным.



Определение

Полимеры, которые при повышенной температуре не размягчаются и не плавятся, называют **ТЕРМОРЕАКТИВНЫМИ**.

Применение. На основе термореактивных полимеров изготавливают термореактивные пластмассы. Из фенолоформальдегидных смол, добавляя различные наполнители (древесная мука, хлопчатобумажная ткань,

стеклянное волокно, различные красители и т. д.), получают фенолоформальдегидные пластмассы — *фенопласты* (табл. 15). На основе карбамидо- и меламиноформальдегидных смол, также используя наполнители, изготавливают *аминопласты*. Аминопласты не имеют запаха, могут быть окрашены в любой цвет, стойки к действию слабых кислот и щелочей, спирта, бензина, ацетона и других органических соединений. Изделия из фенопластов и аминопластов могут выделять фенол и формальдегид, опасные для здоровья.

Таблица 15

Важнейшие фенопласты*

Фенопласты Характеристика	Текстолит	Гетинакс
<i>Исходные вещества и материалы</i>	Хлопчатобумажная ткань, пропитанная фенолоформальдегидной смолой и спрессованная при повышенной температуре	Бумага, пропитанная фенолоформальдегидной смолой и спрессованная
<i>Свойства</i>	Устойчив к нагрузкам. Легко поддается механической обработке	Хороший электроизолятор
<i>Применение</i>	Изготавливают шарикоподшипники и шестерни для машин, предназначенных для больших нагрузок. В качестве смазки деталей можно использовать воду	Широко применяют в радио- и электротехнике в качестве хорошего электроизоляционного материала

Пенопласты получают из большинства известных полимеров, добавляя пенообразующие вещества. Пенопласты непроницаемы для воды и газов. Это очень лёгкие материалы, так как они состоят из огромного количества пузырьков, заполненных воздухом или азотом; некоторые пенопласты в 25 раз легче пробки, в 100 раз легче воды. Пенопласты промышленного назначения выпускают главным образом на основе полистирола, поливинилхлорида, полиуретанов, полиэтилена, фенольных и

* Для производства текстолита применяют и другие полимеры.

других смол. Пенопласты обладают прекрасными тепло- и звукоизоляционными свойствами. Их широко применяют в самолёто- и судостроении, при строительстве зданий как тепло- и звукоизоляционный материал, в производстве мебели и др.

Термореактивные полимеры. Фенолоформальдегидные смолы. Фенопласты. Аминопласты. Пенопласты

Подумайте, ответьте, выполните...

1. На конкретных примерах поясните, чем отличаются реакции поликонденсации от реакций полимеризации.
2. В чём сущность процесса образования фенолоформальдегидной смолы? Какие фенопласты из неё получают?
3. Какие полимеры называют термореактивными? Приведите примеры.
4. На каких свойствах пенопластов основано их применение?

Тестовые задания

1. Молекулы, соединяясь друг с другом, образуют длинные _____ . Этот процесс сопровождается выделением побочного низкомолекулярного продукта. Такую реакцию называют реакцией _____ .
2. Верны ли следующие суждения о полимерах?
 - А. Полимеры с пространственной структурой теряют термopластичность и становятся более прочными.
 - Б. Полимеры с линейной структурой являются самыми прочными.
- 1) верно только А 3) верны оба суждения
- 2) верно только Б 4) оба суждения неверны

Используя электронное приложение, выполните тесты к § 43.

Используя Интернет или дополнительную литературу, найдите информацию о карбамидо- и меламинаформальдегидных смолах и их применении.

Личный результат

Я умею записывать уравнения реакций поликонденсации.

Натуральный каучук

- Какие углеводороды относят к диеновым (алкадиенам)?
- В чём особенности строения и химических свойств алкадиенов?

Натуральный каучук содержится в млечном соке некоторых растений, например гевеи, родиной которой является Бразилия (рис. 53). Это эластичный природный полимер с относительной молекулярной массой 15 000—100 000.

Строение молекул. При температуре выше 200 °С натуральный каучук разлагается с образованием низкомолекулярных углеводов.

Чтобы выяснить строение молекул природного каучука, небольшие его кусочки помещают в пробирку и закрывают её пробкой с газоотводной трубкой. Конец газоотводной трубки помещают в другую пробирку, как показано на рисунке 54. Пробирку с кусочками каучука нагревают. При температуре выше 200 °С каучук разлагается. Жидкие продукты разложения собираются во второй пробирке. Если к продуктам разложения прилить бромную воду, она обесцвечивается. Из этого следует, что в продуктах разложения природного каучука содержатся непредельные соединения. Экспериментально доказано, что в основном это изопрен, или 2-метилбутадиен-1,3. Следовательно, макромолекулы натурального каучука являются продуктами полимеризации молекул изопрена:



Рис. 53. Получение латекса из гевеи

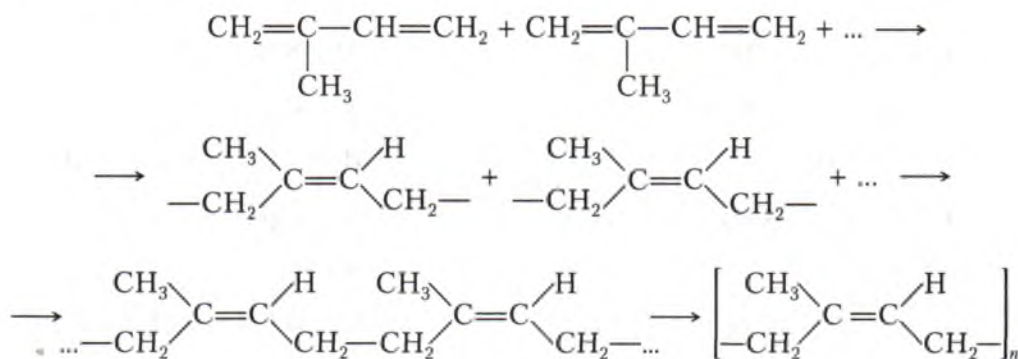




Рис. 54. Разложение природного каучука

Характерно, что в макромолекуле натурального каучука группы $-\text{CH}_2-$ находятся по одну сторону двойных связей (*цис*-форма). Оказалось, что именно такое стереорегулярное строение молекул придаёт натуральному каучуку *эластичность* (способность растягиваться и сжиматься под действием внешней силы, а затем восстанавливать прежнюю форму).

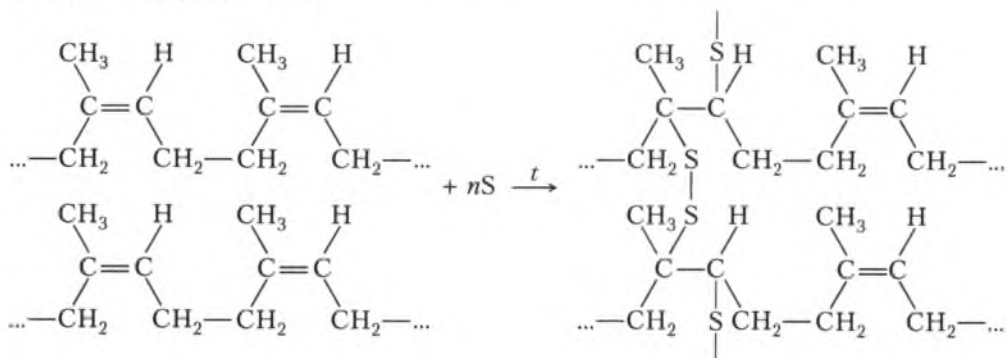
Физические свойства. Природный каучук благодаря эластичности очень устойчив к износу. Эти свойства необходимы для получения высококачественных автомобильных и авиационных шин. Ценным его свойством является также водо- и газонепроницаемость. Кроме того, он является хорошим электроизолятором.

Каучук в воде не растворяется. В этиловом спирте его растворимость небольшая. В хлороформе и бензине он набухает, а затем растворяется.

При повышенной температуре каучук становится мягким и липким, а на холоде — твёрдым и хрупким. При долгом хранении каучук твердеет.

Химические свойства. Для устранения недостатков природного каучука используют его химические свойства.

В молекулах каучука имеются двойные связи, поэтому для него характерны *реакции присоединения*. Так, например, если каучук нагревают с серой (вулканизируют) до температуры $130-140\text{ }^\circ\text{C}$, то атомы серы присоединяются по месту некоторых двойных связей и как бы сшивают молекулы друг с другом. Процесс *вулканизации каучука* упрощённо можно изобразить так:



Перед вулканизацией к каучуку добавляют наполнители (сажу) и различные красители. В результате процесса вулканизации получают *резину*, которая значительно прочнее невулканизованного каучука. Если к каучуку при вулканизации добавляют больше серы, чем её требуется для образования резины, то получают *эбонит* — твёрдый неэластичный материал.

Применение. В настоящее время ведущие мировые производители натурального каучука — это страны Юго-Восточной Азии (Таиланд, Индонезия, Малайзия, Вьетнам, Китай). В сыром виде применяют не более 1 % добываемого натурального каучука (резиновый клей). Более 60 % натурального каучука идёт на изготовление автомобильных шин (рис. 55). Натуральный каучук незаменим при производстве крупногабаритных шин, способных выдерживать нагрузки до 75 т. Лучшие фирмы-производители изготавливают покрышки для шин легковых автомобилей из смеси натурального и синтетического каучука. Натуральный каучук применяют также при изготовлении конвейерных лент высокой мощности, антикоррозийных покрытий котлов и труб, ортопедических матрасов и подушек, в медицине и т. д.



Рис. 55. Изделия из резины

Природный каучук. Резина. Эбонит

 Подумайте, ответьте, выполните...

1. Как можно установить строение молекул природного каучука?
2. В чём сущность процесса вулканизации каучука?
3. Чем отличается каучук от резины?
4. Что такое эбонит?
5. Какие условия следует соблюдать при долгом хранении автокамер, шин, резиновых трубопроводов и других изделий? Почему?

Личный результат

Я знаю природные источники каучука.

Я имею представления о строении, свойствах и применении природного каучука.

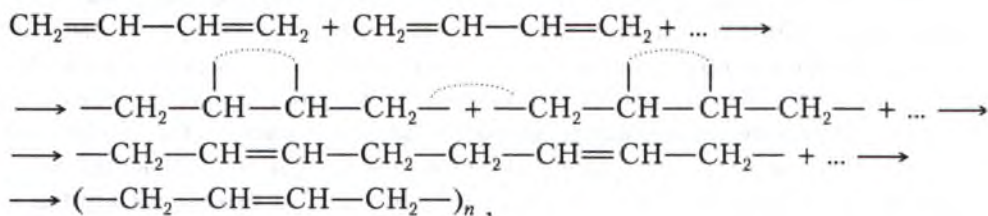
• **Какие вещества служат мономерами синтетических каучуков?**

В нашей стране нет природных источников получения натурального каучука, поэтому в 1932 г. было налажено производство синтетического каучука по методу С. В. Лебедева (см. § 13).

Строение и свойства синтетических каучуков сходны со строением и свойствами природного каучука.

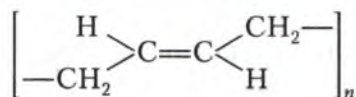
Получение. В настоящее время для получения синтетических каучуков в основном используют углеводороды, содержащиеся в нефтяных газах и продуктах переработки нефти.

Производство бутадиенового каучука основывается на полимеризации бутадиена-1,3 в присутствии катализатора:



где n может достигать нескольких тысяч.

Однако оказалось, что в звеньях бутадиенового каучука, в отличие от природного каучука, группы $\text{---CH}_2\text{---}$ расположены по разные стороны двойной связи, т. е. находятся в *транс*-положении:



Впоследствии на основе изучения пространственного строения природного каучука учёным удалось решить проблему синтеза дивинилового и изопренового каучуков стереорегулярного строения (табл. 16).

Уравнение реакции образования синтетического изопренового каучука аналогично уравнению реакции образования природного каучука. Синтез стереорегулярных каучуков является величайшим достижением химической науки и промышленности. В последние годы получают разнообразные синтетические каучуки, обладающие высокой стойкостью к бензину, керосину, смазочным маслам и т. д.

Важнейшие виды синтетических каучуков, их свойства и применение

Название	Исходные вещества (мономеры)	Формула полимера	Важнейшие свойства и применение
Бутадиеновый каучук	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ бутадиен-1,3	$\left[\begin{array}{c} \text{H} & & \text{CH}_2- \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ -\text{CH}_2 & & \text{H} \end{array} \right]_n$ Нерегулярное строение	Характерна водо- и газонепроницаемость. По эластичности уступает природному каучуку. В производстве кабелей, обуви, принадлежностей быта
Дивиниловый каучук*	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ бутадиен-1,3	$\left[\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ -\text{CH}_2 & & \text{CH}_2- \end{array} \right]_n$ Регулярное строение	По износостойчивости и эластичности превосходит природный каучук. В производстве шин
Изопреновый каучук	$\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 2-метилбутадиен-1,3	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} & \\ & / & \diagdown \\ -\text{CH}_2 & & \text{CH}_2- \end{array} \right]_n$ Регулярное строение	По эластичности и износостойчивости сходен с природным каучуком. В производстве шин
Хлорпреновый каучук	$\text{CH}_2=\underset{\text{Cl}}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 2-хлорбутадиен-1,3	$\left(-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2- \right)_n$	Устойчив к воздействиям высоких температур, бензинов и масел. В производстве кабелей, трубопроводов для перекачки бензина, нефти
Бутадиенстирольный каучук	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ бутадиен-1,3 $\text{CH}=\text{CH}_2$ C_6H_5 стирол	$\left(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-\text{CH}_2- \right)_n$	Характерна газонепроницаемость, но недостаточная жароустойчивость. В производстве лент для транспортёров, автокамер

* Чтобы отличить этот каучук от бутадиенового, не имеющего регулярного строения, его называют дивиниловым.

Полимер представляет собой смолу. Для получения волокон её плавят и пропускают через фильеры. Струи полимера охлаждаются потоком холодного воздуха и превращаются в волоконца, при скручивании которых образуются нити.

Капроновые ткани устойчивы к истиранию и не мнутся при деформациях. Однако они разрушаются кислотами и не выдерживают высоких температур, поэтому их нельзя гладить горячим утюгом.

Лабораторный опыт. Свойства капрона

1) Тигельными щипцами внесите образец капронового волокна в пламя горелки. Поднесите влажную красную лакмусовую бумажку к выделяющимся газам.

2) Поместите немного капронового волокна в фарфоровую чашку и нагрейте её. Из расплава волокна стеклянной палочкой попытайтесь вытянуть нить.

3) Поместите в четыре пробирки немного капронового волокна. В первую пробирку прилейте азотную кислоту ($\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$), во вторую — серную кислоту ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$), в третью — раствор гидроксида натрия, а в четвёртую — ацетон. Через 10 мин содержимое пробирок перемешайте стеклянной палочкой.

- Как можно определить капрон по продуктам его термического разложения?
- Как влияют на капрон вещества в первой, второй, третьей и четвёртой пробирках?

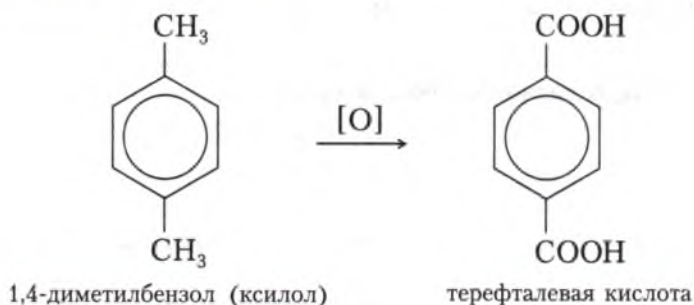
4) Пользуясь таблицей 18 (см. с. 216—217), исследуйте состав нитрона и лавсана.

- Как можно отличить волокна лавсана и нитрона от волокон капрона?
- Как на практике вы отличаете капроновые ткани от тканей из лавсана и нитрона?

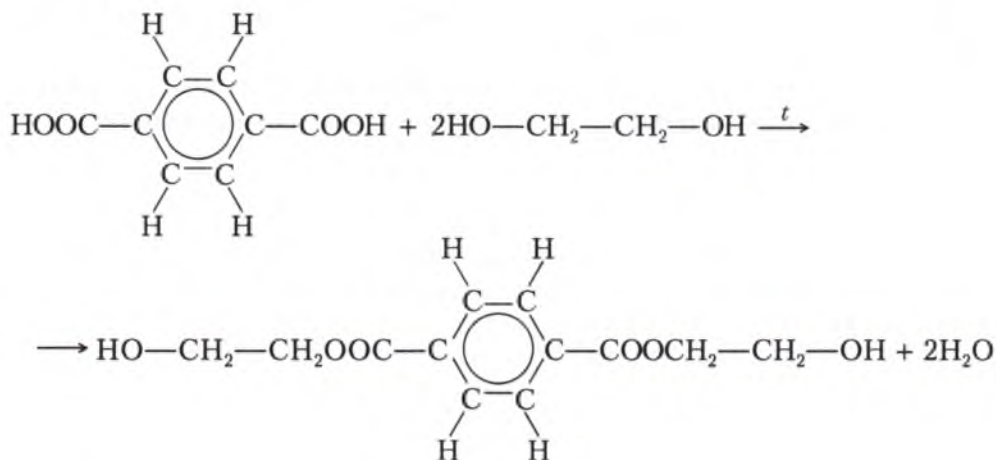
Из капрона делают кордную ткань, которая служит каркасом для авто- и авиапокрышек. Шины с кордом из капрона более износостойчивы, чем шины с вискозным или хлопчатобумажным кордом.

Капроновую смолу используют для получения пластмасс. Из них изготавливают различные детали машин, шестерни, вкладыши для подшипников и т. д. Предметы из капроновых пластмасс обладают исключительно большой прочностью и износостойчивостью.

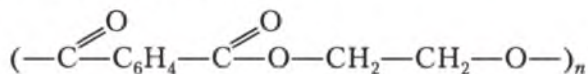
Лавсан — полиэфирное волокно. По своему составу лавсан — сложный эфир терефталевой кислоты и этиленгликоля. С этиленгликолем вы уже знакомы — это двухатомный спирт $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$. Чтобы понять, что такое терефталевая кислота, вспомним процесс окисления толуола, в результате которого образуется бензойная кислота (см. с. 73). Сходным образом окисляется ксилол с образованием терефталевой кислоты:



При взаимодействии последней с этиленгликолем получается сложный эфир:



При поликонденсации этого сложного эфира (процесс сопровождается отщеплением побочного продукта — воды) образуется высокомолекулярное вещество — *лавсан*:



Промышленный процесс получения лавсана сложный. Он рассматривается в специальных курсах химической технологии.

Волокно лавсан обладает высокой прочностью, износостойкостью, большой светостойкостью, является диэлектриком, устойчиво к кислотам, щелочам, однако его разрушают концентрированные кислоты.

Лавсан добавляют к шерсти для изготовления немнущихся высококачественных тканей и трикотажа. Его применяют также для производства транспортёрных лент, ремней, ковров, парусов и т. д.

Синтетические волокна. Капрон. Лавсан



Подумайте, ответьте, выполните...

1. Какие основные виды волокон вам известны? Приведите примеры.
2. Чем отличаются искусственные волокна от синтетических? Приведите примеры.
3. Назовите наиболее известное вам полиамидное волокно. Охарактеризуйте свойства и получение этого волокна.
- 4*. Составьте уравнение реакции окисления ксилола. Для каких целей используют продукт реакции?
5. По какому признаку лавсан относят к полиэфирным волокнам?
6. Каковы характерные свойства лавсана? Где его применяют?



Используя электронное приложение к учебнику, выполните тесты к § 46.



Используя «Задачник с «помощником» для 10—11 классов, ознакомьтесь с алгоритмом решения задач по термохимическим уравнениям (с. 22). Решите задачи 4.1, 4.2, 4.7, 4.8, 4.12.

Личный результат

Я имею представления о строении, свойствах, применении и получении лавсана и капрона.

Практическая работа 6

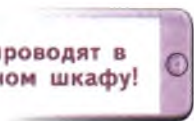
Распознавание пластмасс

И ВОЛОКОН

- Прежде чем приступить к выполнению практической работы, ознакомьтесь со свойствами пластмасс и волокон (см. табл. 17—18). После этого получите задание от учителя.
- Повторите правила техники безопасности при работе в школьной химической лаборатории.

Распознавание пластмасс следует начать с внешнего осмотра, а затем перейти к исследованию их отношения к нагреванию и горению. Потом испытывают действие на них растворителей.

Распознавание волокон начинают с их сжигания. При этом прослеживают, с какой скоростью происходит горение, исследуют запах продуктов разложения, свойства остатка, который образуется после сгорания. Затем проверяют действие кислот, щелочей и растворителей на волокна.



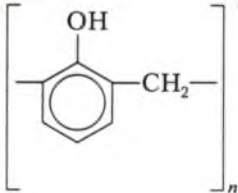
Опыт проводят в вытяжном шкафу!

1. В двух пакетах находятся пластмассы: а) поливинилхлорид и фенопласт; б) полиэтилен и полистирол. Определите, какая пластмасса находится в каждом из пакетов.

2. В четырёх пакетах находятся волокна: а) натуральный шёлк (или шерсть), вискоза, нитрон и лавсан; б) хлопчатобумажная ткань, ацетатное волокно, вискоза и капрон. Определите, какое вещество находится в каждом из пакетов.

Личный результат

Я умею практически распознавать органические вещества, используя качественные реакции.

Пластамасса	Формула	Внешние признаки	Отношение к нагреванию, горение
<i>Полиэтилен</i>	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$	По внешнему виду сходен с парафином. Относительно мягкий и эластичный материал. Тонкие плёнки, прозрачные. Цвет различный	При нагревании размягчается — можно вытянуть нити. Полиэтилен высокого давления горит синим пламенем, при этом плавится и образует капли
<i>Поливинилхлорид</i>	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-)_n$	Относительно мягкий материал. При пониженной температуре становится твёрдым и хрупким. Цвет различный	При нагревании размягчается. Горит в пламени, образуя чёрный хрупкий шарик, вне пламени гаснет. При горении чувствуется острый запах
<i>Полистирол</i>	$(-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-)_n$	Твёрдый, хрупкий, почти прозрачный или непрозрачный материал. Может быть разного цвета	При нагревании размягчается, легко вытягивается в нити
<i>Фенолформальдегидные пластмассы (фенопласты)</i>		Твёрдые, хрупкие материалы тёмного цвета с блестящей поверхностью	При сильном нагревании разлагаются. Горят, распространяя резкий запах фенола, вне пламени постепенно гаснут

пластмасс

Реакции на продукты разложения	Действие реагентов		
	ацетона	бензола	дихлорэтана
Не обесцвечивает растворы KMnO_4 и Br_2	Не реагирует		
Выделяющийся хлороводород окрашивает лакмусовую бумагу в красный цвет, с раствором AgNO_3 образует осадок белого цвета	Не реагирует		Набухает, становится рыхлым
Обесцвечивает растворы KMnO_4 и Br_2	Набухает	Реагирует также с толуолом и ксилолом	
—	Не реагируют		

Распознавание

Волокно	Отношение к нагреванию, горение	Реакции на продукты разложения
<i>Хлопок</i> (хлопчатобумажная ткань) $(C_6H_{10}O_5)_n$	Горит быстро с запахом жжёной бумаги. Остаётся чёрный пепел	Окрашивает синюю лакмусовую бумагу в красный цвет
<i>Шерсть, натуральный шёлк</i>	Горят медленно с запахом жжёных волос, образуя шарик чёрного цвета, который растрескивается в порошок	Окрашивает красную лакмусовую бумагу в синий цвет
<i>Вискозное</i> $(C_6H_{10}O_5)_n$	Горит быстро с запахом жжёной бумаги. Остаются следы золы	Окрашивает синюю лакмусовую бумагу в красный цвет
<i>Ацетатное</i> $\left[(C_6H_7O_2) \begin{array}{l} \text{OCOCH}_3 \\ \text{OCOCH}_3 \\ \text{OCOCH}_3 \end{array} \right]_n$	Горит быстро, образуя шарик тёмно-бурого цвета. Вне пламени не горит	Окрашивает синюю лакмусовую бумагу в красный цвет
<i>Нитрон</i> (полиакрилонитрил) $(-CH_2-\underset{\substack{ \\ C \equiv N}}{CH}-)_n$	Горит, образуя тёмный неблестящий рыхлый шарик	Окрашивает красную лакмусовую бумагу в синий цвет
<i>Лавсан</i> $(-\overset{\overset{O}{ }}{C}-C_6H_4-\overset{\overset{O}{ }}{CO}-CH_2-CH_2-O)_n$	Горит коптящим пламенем и образует твёрдый блестящий шарик тёмного цвета	На стенках пробирки образуется жёлтое кольцо
<i>Капрон</i> (нейлон) $(-\overset{\overset{H}{ }}{N}-(CH_2)_5-\overset{\overset{O}{ }}{C}-)_n$	Плавится, образуя твёрдый блестящий шарик тёмного цвета. Чувствуется неприятный запах	Окрашивает красную лакмусовую бумагу в синий цвет

ВОЛОКОН

Действие кислот и щелочей (н. у.)			Действие ацетона
HNO_3 ($\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$)	H_2SO_4 ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$)	NaOH (10 %)	
Реагирует, образуя бесцветный раствор	Реагирует	Набухает	Не реагирует
Набухают и окрашиваются	Разрушаются	Реагируют	Не реагирует
Реагирует, образуя бесцветный раствор	Реагирует, образуя красно-коричневый раствор	Сильно набухает и растворяется	Не реагирует
Реагирует, образуя бесцветный раствор	Реагирует	Образуется желтоватый раствор	Реагирует
Не реагирует (взаимодействует с дымящей HNO_3)	Реагирует	Не реагирует (при кипячении краснеет)	Не реагирует
Не реагирует (взаимодействует с дымящей HNO_3)	Реагирует	Не реагирует	Не реагирует
Реагирует, образуя бесцветный раствор		Не реагирует	Не реагирует

Органическая химия многое даёт человеку: пищу, одежду, обувь, лекарства, полимерные материалы, красители и др. Заканчивая изучение этого раздела химии, постарайтесь подвести итоги и ответить на следующие вопросы: каковы причины экологического кризиса? кто виноват в загрязнении окружающей среды?

На протяжении учебного года вы выполняли различные задания: готовили презентации, доклады, публичные выступления, схемы, таблицы, связанные с работой в Интернете, с дополнительной литературой. Сейчас вам предлагаются три задания. Выберите по желанию первое или второе задание и выполните его, используя знакомые вам алгоритмы. Эти задания готовятся заранее, на данном уроке проверяется результат выполненной работы.

Мы знаем, что нефть, газ, каменный уголь — основные природные источники углеводов, источники энергии и химических соединений. Однако последствия интенсивной добычи нефти, газа, каменного угля отрицательно влияют на природу и человека.

Задание 1. Подготовьте сообщение о роли нефти в экономике нашей страны (или своего региона). Особое внимание обратите на решение экологических проблем, возникающих при добыче этого вида топлива.

Производство полимерных материалов, не утилизируемые производственные отходы, внесение в почву различных добавок для повышения урожайности, использование пестицидов, увеличение количества автомобилей приводят к загрязнению почвы, воздуха, водных бассейнов. Число химических соединений, ранее не встречавшихся в природе, интенсивно растёт. Многие из них опасны для жизни.

Задание 2. Подготовьте проекты по устранению или снижению загрязнения окружающей среды на территории вашего региона (уборка бытового мусора, очистка питьевой воды, защита лесопарков, водных бассейнов и т. д.).

Пренебрежение законами природы, нарушение технологического режима на различных предприятиях, несовершенство технологий, отсутствие безотходного производства — всё это приводит к экологическому кризису. Виновата ли в этом органическая химия?

Задание 3. Проведите в классе дискуссию на тему «Органическая химия — созидатель или разрушитель?» или «Кто виноват в экологических катастрофах — человек или органическая химия?».

Ответы на задачи

- § 7. 5. В 1,44 раза тяжелее воздуха; 1,9 г C_3H_8 . 6. а) $10\text{ м}^3\text{ CO}_2$; б) $7,5\text{ м}^3\text{ CO}_2$. 7. $43,68\text{ м}^3\text{ O}_2$; $218,4\text{ м}^3$ воздуха.
- § 8. 6. $493,75\text{ м}^3$ воздуха. 7. Пропан C_3H_8 . 8. C_6H_{14} .
- § 9. 7. C_3H_8 .
- § 10. 6. 1125 л воздуха.
- § 11. 6. а) $62,3\text{ л C}_2\text{H}_4$; $\sim 78\text{ г C}_2\text{H}_4$; б) $\sim 257\text{ л C}_2\text{H}_5\text{OH}$. 7. $5,6\text{ л C}_2\text{H}_4$; $47\text{ г C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$. 8. $57,69\text{ м}^3\text{ C}_2\text{H}_4$.
- § 13. 5. 151,3 т.
- § 14. 6. C_2H_2 . 7. $500,16\text{ м}^3\text{ C}_2\text{H}_2$ и $1500,48\text{ м}^3\text{ H}_2$.
- § 15. 4. C_6H_6 .
- § 16. 5. 77,17 %. 6. 78,5 г C_6H_5Br , 40,5 г HBr , 80 г Br_2 .
- § 17. 4. $10,12\text{ м}^3$.
- § 18. 9. 896 л и 1,76 кг CO_2 . 10. $15,05\text{ м}^3$. 11. 9476 л.
- § 20. 6. 4200 л воздуха. 7. 0,09. 8. 22,5 г. 9. 2673,9 л.
- § 21. 6. 1,31 л. 7. 40,26 % этиленгликоля, 59,74 % глицерина. 8. 233,17 кг.
- § 22. 7. 33,1 г трибромфенола и 24,3 г бромоводорода. 8. 30 г. 9. 34,8 г.
- § 23. 8. CH_2O — метаналь. 9. $711,095\text{ м}^3$.
- § 24. 5. 23,08 %. 6. 0,28 л.
- § 25. 8. CH_3COOH — уксусная кислота.
- § 26. 8. 327,57 г раствора $HCOOH$ и 340 г $HCOONa$. 9. $16215,65\text{ м}^3$.
- § 29. 6. 158,4 г.
- § 30. 9. 65,9 т.
- § 32. 3. Вещество А — $C_6H_{12}O_6$, вещество Б — $C_{12}H_{22}O_{11}$. 4. 67,2 л.
- § 33. 5. 70,43 %. 6. 2160 моль.
- § 36. 6. 79,36 %. 7. 369 г.

Полезные ссылки

1. www.elementy.ru
2. www.fcior.ru
3. www.xumuk.ru
4. www.nanometer.ru
5. www.membrana.ru

Предметно-именной указатель

- Азотистые основания 185
Алкадиены 43, 56
Алканы (предельные углеводороды) 25
Алкены 43
Алкилсульфаты 82, 143
Алкины 43, 60
Алкоголизм 96, 192
Альдегидная группа 111
Альдегиды 111
Аминогруппа 169
Аминокислоты 174
Аминопласты 118, 201
Амины 169
Ангидриды 127
Анилин 171
Арены 68
Ароматические спирты 105
Ацетаты 129
Ацетилен 60
- Белки** 178
Бензин 81
Бензол 66
Бензольное кольцо 68
Бертло, Пьер Эжен
Марселен 5, 139
Биполярный ион 176
Бутлеров, Александр Михайлович 5, 6, 8, 149
- Вазелин** 82
Вёлер, Фридрих 5
Винил 56
Винилбензол (стирол) 69
Вискозное волокно 164, 216
Водородная связь 90
Возбуждённое состояние атома углерода 26
Вторичный атом углерода 91
Вулканизация каучука 204
Высокомолекулярные соединения 53
Вюрц, Шарль Адольф 35
- Газойль** 82
Газолин 81
- Галогенопроизводные углеводов 39
Гербициды 74
Гетероциклические соединения 184
Гибридизация орбиталей 27
— sp -гибридизация 60
— sp^2 -гибридизация 45
— sp^3 -гибридизация 27
- Гидролиз**
— белков 181
— крахмала 159
— сложных эфиров 137
— целлюлозы 163
- Гликоген 160
Глицерин 100
Глицин 175
Глюкоза 147
Гомологи 31
Гомологическая разность 31
Гомологический ряд 31
Графическая электронная формула 17
Гудрон 82
- Декстрины** 160
Денатурация белка 180
Дисахариды 153
ДНК 187
- Жиры** 139
- Зелинский, Николай Дмитриевич* 69
Зинин, Николай Николаевич 11, 12, 171
- Изомерия** 10
— межклассовая 60
— положения гидроксильной группы 92
— положения двойной связи 46
— положения заместителей 69, 92
— пространственная 47
— углеродного скелета 32, 92
- Изомеры 10, 47
Инсектициды 74
Инсулин 182

- Каменный уголь 79
Капрон 176, 209, 216
Карбоксильная группа 120, 174
Карбонильная группа 111
Карбоновые кислоты 120
Каучук
— натуральный 203
— синтетический 59, 206
Качественная реакция
— на альдегиды (реакция «серебряного зеркала») 116, 117
— на двойную связь 49
— на кратные связи 49, 52
— на крахмал 159
— на многоатомные спирты 102
— на фенол 108
Кекуле, Фридрих 6, 68
Керосин 82
Кетоны 112
Классификация органических соединений 22—24
Коксование 79
Кратные связи 43
Крахмал 157
Крекинг 84
Кумольный метод 106, 114
Лавсан 211, 216
Лебедев, Сергей Васильевич 11, 57, 58
Лигроин 82
Мазут 82
Марковников, Владимир Васильевич 12, 50
Менделеев, Дмитрий Иванович 81
Метан 35
Метанол (метилловый спирт)
Метод валентных связей 21
Многоатомные спирты 100
Мономер 193
Моносахариды 146
Муравьиная кислота 121, 122, 128
Непредельные углеводороды 43
Нефть 78
Нобель, Альфред 103
Номенклатура химических соединений 32
Нуклеиновые кислоты 187
Нуклеотиды 187
Объёмные модели молекул 9
Олигосахариды 146, 153
Омыление 137, 141
Орбиталь 16
Органическая химия 4
Парафины 25
Патока 160
Пенопласты 201
Пептидная связь 176
Пептиды 176
Первичный атом углерода 91
Перегонка нефти 81
Пестициды 74
Пиридин 184
Пиримидин 185
Пирролиз 85
Пиррол 185
Пи-связь 20
Полимеры 193
— стереорегулярные 194
— терморезистивные 200
Полипептиды 176
Полипропилен 195
Полисахариды 146
Полиэтилен 195, 214
Попутные нефтяные газы 79
Правило Марковникова 50
Природный газ 77
Производные углеводородов 4, 22
Пурин 185
Радикал 32
Резина 205
Ректификационная колонна 81
Риформинг (ароматизация) 86
РНК 187
Сахароза 146, 153
Свободные радикалы 38
Семёнов, Николай Николаевич 38
Сигма-связь 20
Синтез-газ 40
Синтетические моющие средства 144
Сложные эфиры 135

Сокращённая структурная формула 9
Соляровые масла 82
Сополимеризация 207
Сопряжённые двойные связи 56
Спаренные электроны 17
Спин электрона 16
Спирты 89
— многоатомные 100
— одноатомные 90
Степень полимеризации 194
Стирол 193
Структура белковой молекулы 178—180
Структурное звено полимера 194

Теория химического строения 6, 8
Термопластичность 196
Тефлон (политетрафторэтилен) 197
Толуол 68, 74, 105
Третичный атом углерода 91

Углеводороды 4, 22
— непредельные 43
— предельные 25
Углеводы 146
Углеродный скелет молекулы 8
Уксусная кислота 122

Фарадей, Майкл 68
Фармакологическая химия 190
Фенолоформальдегидная смола 118, 199
Фенолы 105
Фенопласты 201, 214
Ферменты 94, 178
Формалин 113, 118
Фракции нефти 81
Фруктоза 148
Фунгициды 74
Функциональная группа 22

Химические реакции
— галогенирования 36, 71
— дегидрирования 40, 49
— замещения 71
— нитрования 71
— окисления 51, 73
алкенов 52
альдегидов 116
спиртов 95
— отщепления
дегидратация спиртов 95
дегидрирование алканов 40, 49
— поликонденсации 158
— полимеризации 53, 63
— присоединения 49, 58, 62, 73, 204
галогенирование алканов 36
галогенирование алкенов 50
гидратация алкенов 50, 94
гидрирование алкенов 50
гидрирование жиров 142
— этерификации 136
Химическое строение 8

Целлюлоза (клетчатка) 162
Цепные реакции 38

Шаростержневые модели молекул 9
Эбонит 205
Электронная конфигурация 17
Электронная формула 17
Энергетический
— подуровень 18
— уровень 15
Этан 27
Этанол (этиловый спирт) 88
Этен (этилен) 43
Этиленгликоль 100

Оглавление

ГЛАВА I. Теория химического строения органических соединений.	
Природа химических связей	4
§ 1. Предмет органической химии	—
§ 2. Теория химического строения органических веществ	8
§ 3. <i>Практическая работа 1.</i> Качественное определение углерода, водорода и хлора в органических веществах	13
§ 4. Состояние электронов в атоме	15
§ 5. Электронная природа химических связей в органических соединениях	20
§ 6. Классификация органических соединений	22
ГЛАВА II. Предельные углеводороды — алканы	25
§ 7. Электронное и пространственное строение алканов	—
§ 8. Гомологи и изомеры алканов	31
§ 9. Метан — простейший представитель алканов	35
ГЛАВА III. Непредельные углеводороды (алкены, алкадиены и алкины)	43
§ 10. Непредельные углеводороды. Алкены: строение молекул, гомология и изомерия	—
§ 11. Получение, свойства и применение алкенов	49
§ 12. <i>Практическая работа 2.</i> Получение этилена и опыты с ним	55
§ 13. Алкадиены	56
§ 14. Ацетилен и его гомологи	60
ГЛАВА IV. Арены (ароматические углеводороды)	66
§ 15. Бензол и его гомологи	—
§ 16. Свойства бензола и его гомологов	71
ГЛАВА V. Природные источники углеводородов и их переработка ...	77
§ 17. Природные источники углеводородов	—
§ 18. Переработка нефти	81
ГЛАВА VI. Спирты и фенолы	88
§ 19. Одноатомные предельные спирты	—
§ 20. Получение, химические свойства и применение одноатомных предельных спиртов	94
§ 21. Многоатомные спирты	100
§ 22. Фенолы и ароматические спирты	105

ГЛАВА VII. Альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты	111
§ 23. Карбонильные соединения — альдегиды и кетоны	—
§ 24. Свойства и применение альдегидов	116
§ 25. Карбоновые кислоты	120
§ 26. Химические свойства и применение одноосновных предельных карбоновых кислот	126
§ 27. <i>Практическая работа 3.</i> Получение и свойства карбоновых кислот	132
§ 28. <i>Практическая работа 4.</i> Решение экспериментальных задач на распознавание органических веществ	134
ГЛАВА VIII. Сложные эфиры. Жиры	135
§ 29. Сложные эфиры	—
§ 30. Жиры. Моющие средства	139
ГЛАВА IX. Углеводы	146
§ 31. Углеводы. Глюкоза	—
§ 32. Олигосахариды. Сахароза	153
§ 33. Полисахариды. Крахмал	157
§ 34. Целлюлоза	162
§ 35. <i>Практическая работа 5.</i> Решение экспериментальных задач на получение и распознавание органических веществ	167
ГЛАВА X. Азотсодержащие органические соединения	169
§ 36. Амины	—
§ 37. Аминокислоты	174
§ 38. Белки	178
§ 39. Азотсодержащие гетероциклические соединения	184
§ 40. Нуклеиновые кислоты	187
§ 41. Химия и здоровье человека	190
ГЛАВА XI. Химия полимеров	193
§ 42. Синтетические полимеры	—
§ 43. Конденсационные полимеры. Пенопласты	199
§ 44. Натуральный каучук	203
§ 45. Синтетические каучуки	206
§ 46. Синтетические волокна	209
§ 47. <i>Практическая работа 6.</i> Распознавание пластмасс и волокон	213
§ 48. Органическая химия, человек и природа	218
Ответы на задачи	219
Полезные ссылки	—
Предметно-именной указатель	220

Учебное издание
Рудзитис Гунтис Екабович
Фельдман Фриц Генрихович

ХИМИЯ
10 класс

Учебник для общеобразовательных организаций
с приложением на электронном носителе (DVD)

Базовый уровень

ЦЕНТР ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

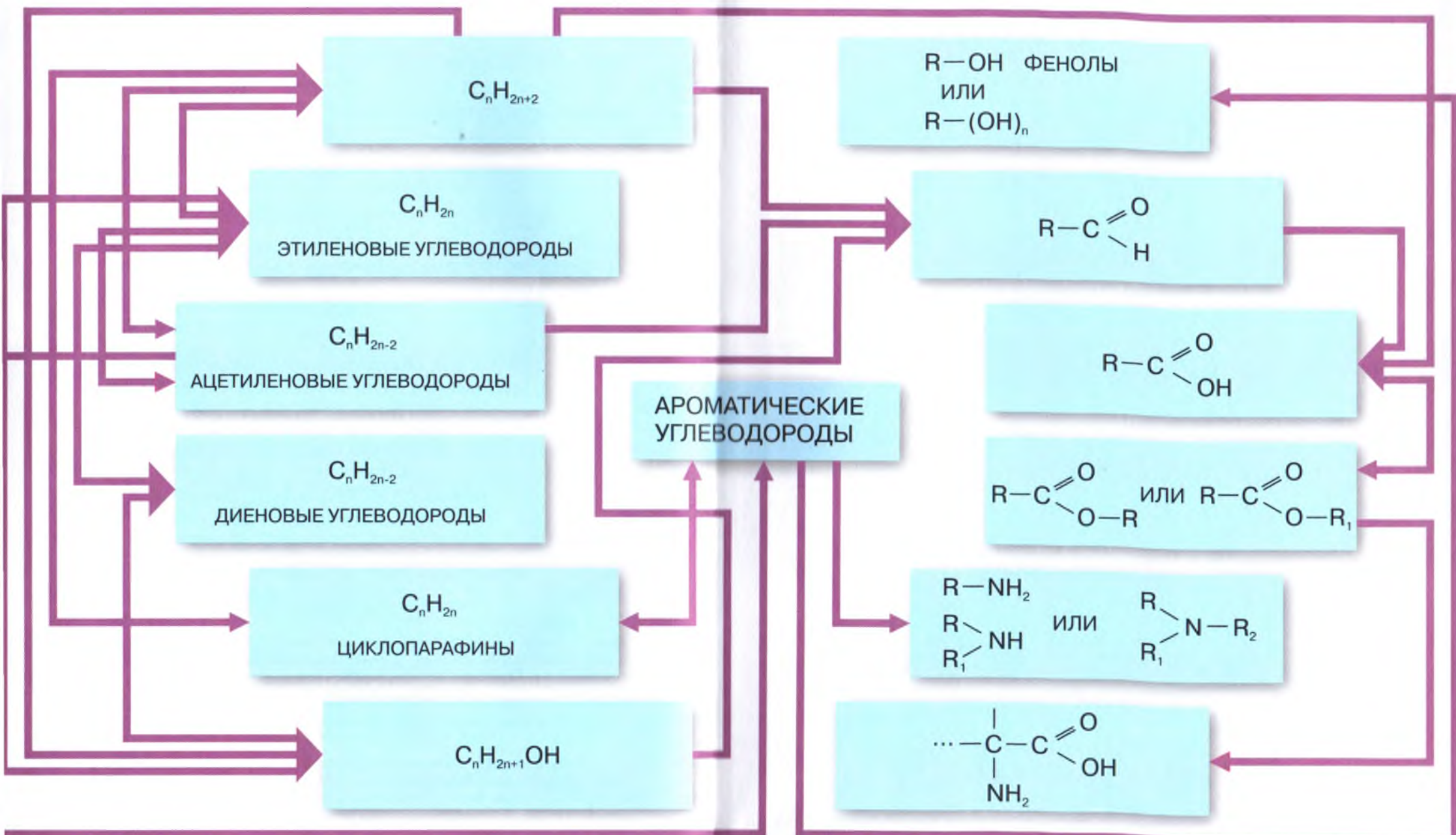
Редакция физики и химии
Зав. редакцией *В. И. Егудин*
Редактор *Л. Н. Кузнецова*
Художник *Н. А. Парцевская*
Художественный редактор *Е. А. Михайлова*
Внешнее оформление и макет *О. Г. Ивановой*
Компьютерная вёрстка и техническое редактирование
Т. А. Зеленской, О. С. Ивановой
Корректоры *Н. В. Бурдина, О. В. Крупенко*

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000.
Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать 27.06.14. Формат 70×90^{1/16}.
Бумага офсетная. Гарнитура NewtonCSanPin. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 12,38 + 0,4 форз.
Доп. тираж 30 000 экз. Заказ № 38393 (п-р).

Открытое акционерное общество «Издательство «Просвещение».
127521, Москва, 3-й проезд Марьиной роши, 41.

Отпечатано в филиале «Смоленский полиграфический комбинат»
ОАО «Издательство «Высшая школа». 214020, г. Смоленск, ул. Смольянинова, 1.
Тел.: +7(4812) 31-11-96. Факс: +7(4812) 31-31-70. E-mail: spk@smolpk.ru <http://www.smolpk.ru>

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ВАЖНЕЙШИМИ КЛАССАМИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ





БАЗОВЫЙ
УРОВЕНЬ



Учебно-методический комплект по химии для 10 класса включает:

- **Г. Е. Рудзитис, Ф. Г. Фельдман. Химия. 10 класс. Учебник с приложением на электронном носителе (DVD)**
- Н. Н. Гара, Н. И. Габрусева. Химия. Задачник с «помощником». 10—11 классы
- Ю. Н. Казанцев. Химия. «Конструктор» текущего контроля. 10 класс (пособие для учителя)
- Н. Н. Гара. Химия. Уроки в 10 классе (пособие для учителя)
- А. М. Радецкий. Химия. Дидактический материал. 10—11 классы (пособие для учителя)
- Видеодемонстрации. 10 класс



ISBN 978-5-09-028570-4



9 785090 285704



ПРОСВЕЩЕНИЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО