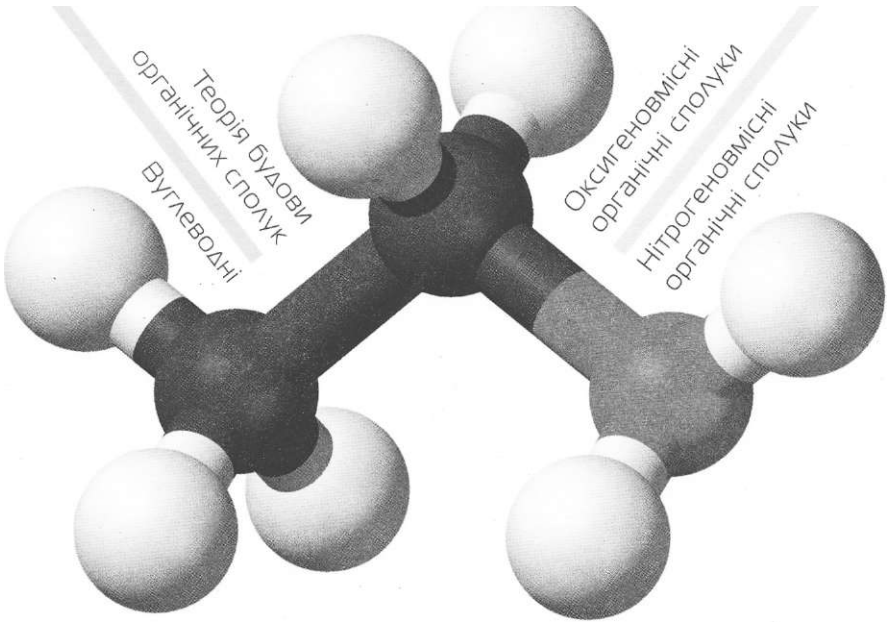
П. П. Попель, Л. С. Крикля

ХІМІЯ

Підручник
Академічний рівень

11 клас



Синтетичні
високомолекулярні
органічні сполуки

Роль хімії в житті суспільства

Періодична система хімічних елемент

Періоди	1	а II	а III ь	а IV ь	а V
1	Н 1 Гідроген 1,0079 *Водень* Із^{1}				
2	и з ЛІТІЙ 6,941 [НЄІ25^{1}	Ве 4 Берилій 9,012 ІНе]2з^{2}	В 5 Бор 10,81 [Не]2з^{2}2р^{1}	0 6 Карбон 12,011 *Вуглець* [Не]2з^{2}2р^{2}	N Нітроген 14,ТО *Азот* [Не)25
3	N8 11 Натрій 22,990 [Неі3з^{1}	12 Магній 24,305 [№]35^{2}	А! 13 АЛЮМІНІЙ 26,982 [Ме]3з^{2}3р^{1}	3І 14 Силіцій 28,086 [Не]3з^{2}3р^{2}	Р 1! Фосфор 30.9 [№]3з^{2}3р^{3}
4	К 19 Калій 39,098 [АГІ43^{1}	Са 20 Кальцій 40,08 [Аг]4з^{2}	21 8с 44,956 Скандій [Аг]3с1^{1}45^{2}	22 ТІ 47,87 Титан [АГ]3С1^{2}4Б^{2}	23 ^ 50,941 Ванад [Аг]3сі^{3}4з^{2}
	29 Си 63,546 Купрум [Аг]3Й^{10}45^{1} *МІДЬ*	3О 2п 65,41 Цинк [Аг)3(і^{10}45^{2}	Оа зі Галій 69,72 [Аг]3А^{10}45^{2}4р^{1}	Ое 32 Германій 7264 [Аг]3сі^{10}4з^{2}4р^{2}	Аз з; Арсен 74, Й [АГ]3Й^{10}45^{2}4О:
5	РЬ 37 Рубідій 85,468 [Кг3бз^{1}	5г 38 Стронцій 87,62 [Кг]5з^{2}	39 У 88,906 Ітрій [Кг]4£І^{1}5^{2}	40 2г 91,22 Цирконій [Кг]4гі^{2}55^{2}	41 N1 92,906 Ніоб [КГ]4Й^{4}55^{1}
	47 А§ 107,868 Аргентум [Кг14а^{10}5з^{1} *Срібло*	48 ОСІ 112,41 Кадмій [Кг]4(і^{10}5з^{2}	ІП 49 Індій 114,82 [Кг]4с1^{1}°55^{2}5р^{1}	5п 50 Станум 118,71 Олово [Кг]4сі^{1С}5з^{2}5р^{2}	БЬ 5: Стибій 121." (Кг]4сІ^{10}5з^{2}5р^{1}
6	Сз 55 Цезій 132,91 [Хеібз^{1}	Ва 56 Барій із7,зз [Хе]63^{2}	57 І а* 138,905 Лантан [ХЕІБА^БЗ^{2}	72 Нї 178,49 Гафній [Хе]4("5й^{2}6з^{2}	73 Тс 180,948 Танта [Хе]4Г^{14}5сІ^{3}65^{2}
	79 Аи 196,967 Аурум ...всі^бз^{1} *Золото*	80 Н£ 200,59 Меркурій [Хе]4Г^{14}5й^{10}6з^{2} *Ртуть*	ТІ 81 Талій 204,38 [Хе]4ї^{14}5<(^{10}6 3^{2}6р^{1}	РЬ 82 Плюмбум 207,2 *Свинець* ...6з^{2}6р^{2}	Ві 8: Вісмут 208 56 [Хе]4г^{14}5сі^{10}Б5^{2}£:
7	Рг 87 Францій [223] [Кп]7з^{1}	Ра 88 Радій [226] [Кп]7з^{2}	89 Ас** [227] Актиній [Нп]6с1^{1}75^{2}	104 РТ [261] Резерфордій [Рп]5ї^{14}6сі^{2}7з^{2}	105 йЬ [262] Дубь *V* [ЙП]5Ї^{14}6Й^{3}75"
Вищі оксиди	E_2O	£0	E_2O3	ІЕОГ"	E_2Об
Леткі сполуки з Гідрогеном				EH_4	ЕНз

•Лантаноїди	58	Се	59	Рг	60	N6	61	Рт	62	5т	63	Еи	64	Сс
	140,12	д^а^{1}	140,908	41*5(1°	144,24		[145]	4Г^{5}5а°	150,4	4Ї°5<І°	151,96	4^5<і^{0}	157,25	4Г5О
		Церій		Празеодим		Неодим		Прометій		Самарій		Європій		Гадолін *і*
**Актиноїди	90	ТІІ	91	Ра	92	У	93	Мр	94	Ри	95	Ат	96	СІТ.
	232,038	6К^{2}	[231]	Б^бсі^{1}	238,029	Б^бсі^{1}	[237]	БГ'бсі^{1}	[244]	5^6(1°	[243]	5*^{Т}ба°	[247]	5'6С'
		Торій		Протактиній		Уран		Нептуній		Плутоній		Америцій		Ккх>й

• 5-ЄЛЄМЄНТИ • р"елементи «/-елементи • *ЄЛЄМЄ-"

пі в Д. І. Менделєєва (короткий варіант)

Групи

VI Ь З Ь а VIII

(Н) Не 2
ГЄЛІЙ 4,0026
із²

.0Х7 О 8 Оксиген 15,999 КИСЄНЬ [Не]2з²2р' | Р 9 Флуор 18,998 Фтор [Не]2з²2р⁵ | N6 10 НЄ0Н 20,180 [Не]2з²2р⁶

15 3.974 5 16 Сульфур 32,06 Сірка [№;з5²зр⁴ | СІ 17 Хлор 35,453 [Ме]3з²3р⁵ | Аг 18 АрГОН 39,948 [Ме]35²3р⁶

V адій 24 СГ 51,996 ХрОМ [ДГ]3(І⁵45¹ | 25 МП 54,938 Манган [АГ]3СІ⁵45² | 26 Ре 55,845 Ферум Залізо [Аг]3й⁶4в² | 27 СО 58,933 Кобальт [Аг]3й⁷4з² | 28 N1 58,69 Нікель [Аг]3а⁸4з²

33 1.922 $е 34 СЄЛЄН 78,96 | ВГ 35 БрОМ 79,904 [Аг]3(і¹⁰45²4р⁵ | Кг 36 Криптон 83,80

Ib >бй 42 Мо 95.94 МОЛІ6ДЄН [КГ]4сі⁵55¹ | 43 ТС [98] ТЄХНЄЦІЙ [Кг)4а⁵5з² | 44 Ри 101,07 Рутеній | 45 РИ 102,905 РОДІЙ [КГ]4С1⁸53¹ | 46 РСІ Ю6,4 Паладій [Кг]40¹⁰5з°

51 Те 52 Телур 127,60 [Кг]4сІ¹⁰5з²5р⁴ | І 53 ИОД 126,904 [Кг]4сІ¹⁰55ʳ5р⁵ | Хе 54 Ксенон 131,29

Га ггал 74 \Ѵ 183,84 Вольфрам [Хе]4Г"5а*63² | 75 Ре 186,207 РЄНІЙ [Хе]4*¹⁴5сІ⁵б5² | 76 05 190,2 ОСМІЙ [Хе]4Г¹⁴5сі⁶б5² | 77 ІГ 192,22 Іридій [Хе]4Г¹⁴5сГб5² | 78 РІ 195,09 Платина [Хе]4Т¹⁴5сІ⁹б5²

вз і.980 Ро 84 ПОЛОНІЙ [209] [Хе]4С¹⁴5сі¹⁰63²6р⁴ | А1 85 Астат [2Ю] [Хе]4?¹⁴5с1¹⁰б5²6р⁵ | Рп 86 Радон [222] [Хе]4?¹⁴5гі¹⁰6з²6р⁶

)Ь 5н й 106 5£ [2661 Сиборгій :кпі5т"ба"75² | 107 ВИ [264] БорІЙ [Кп]5("ва³7з² | 108 Нз [267] Гасій ІКп]5{"ба⁶7з² | 109 МІ І [268) Майтнерій [Кп]5<"ба²7з² | 110 08 Дармштадтій [271] [Вп]5^¹⁴6сі⁹7з¹

$E0_3$ $E_2O?$ $E0_4$

H_2E НЕ

Осі 65 Тb 158,925 4Г⁹5(І⁰ | 66 Оу 162,50 4ї¹⁰5сІ° | 67 НО 164,93 4Г¹¹5сі⁰ | 68 Ег 167,26 4Т¹²5СІ' | 69 Тт 168,93 4С¹³5сІ⁰ | 70 УЬ 173,04 4ї¹⁴5а° | 71 111 174,97 4ї"5а: | 111
ліній Тербій Диспрозій Гольмій Ербій Тулій Ітербій Лютецій

97 Вк [247] б^бЧ¹ | 98 ОТ [251] 5ї¹⁰6й° | 99 ЕЗ [252] 5ї"6сІ⁰ | 100 Рт [257] 5Г¹²6И(| 101 Мсі [258] 5Т¹³6сІ⁰ | 102 N0 [259] 5^"бсІ¹ | ЮЗ [262] і_г 5ї"б(і:
•:о - Берклій Каліфорній Ейнштейній Фермій Менделевій Нобелій Лоуренсій

Для /"-елементів наведено лише змінювані частини електронних формул

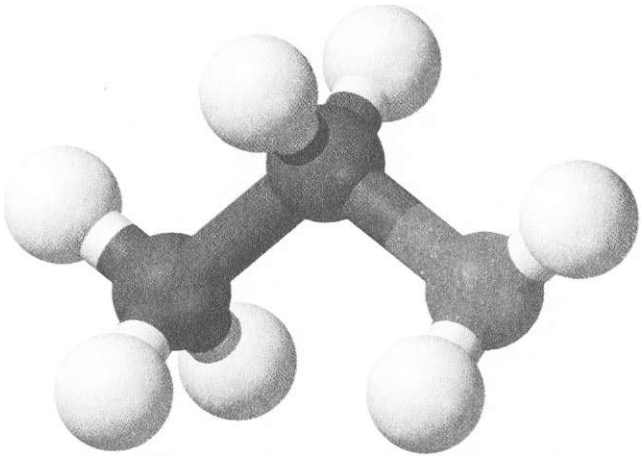
П. П. Попель, Л. С. Крикля

ХІМІЯ

Підручник *Щ* клас

для загальноосвітніх навчальних закладів

Академічний рівень



Рекомендовано

Міністерством освіти і науки України

Київ
Видавничий иент(
2011

УДК 547(075.3)
ББК 24.2я721
П57

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 16.03.2011 р. № 235)

Наукову експертизу здійснив
Інститут органічної хімії НАН України

Психолого-педагогічну експертизу здійснив
Інститут педагогіки НАПН України

Попель П. П.
П57 Хімія : підруч. для 11 кл. загальноосвіт. навч. закл. (академічний рівень) / П. П. Попель, Л. С. Крикля. — К. : ВЦ «Академія», 2011. — 352 с. : іл.
I8BK 978-966-580-361-4

Підручник підготовлено за програмою з хімії для 11 класу загальноосвітніх навчальних закладів (академічний рівень). У ньому розглянуто склад, будову, властивості та застосування органічних сполук, а також матеріал теми «Роль хімії в житті суспільства». Містить практичні роботи, лабораторні досліди, запитання, вправи, задачі, додатковий матеріал для допитливих, а також, узагальнювальні таблиці, словник хімічних термінів, предметний покажчик.

УДК 547(075.3)
ББК 24.2я721

I5BM 978-966-580-361-4

© Попель П. П., Крикля Л. С., 2011
© ВЦ «Академія», оригінал-макет, 2011

Шановні **одинадцятикласники!**

У цьому році ви завершуєте вивчення шкільного курсу хімії і її отримаєте цілісне уявлення про цікаву, захоплюючу і потрібну людям хімічну науку.

Вам відомо, що всі хімічні сполуки поділяють на неорганічні та органічні. З неорганічними сполуками, їхнім складом* будовою, властивостями ви ознайомилися на уроках хімії у 8—10 класах. Такі сполуки утворені різними хімічними елементами. На них багатий навколишній світ. Це вода, вуглекислий газ, мінерали, металічні руди, речовини, з яких складаються гірські породи і корисні копалини. Неорганічні сполуки перебувають у розчиненому стані в річках, озерах, морях і океанах; вони існують і в живих організмах.

Органічних сполук значно більше, ніж неорганічних, хоча їх родоначальником є лише один елемент — Карбон. Чому існує такий парадокс — ви зрозуміли в 9 класі.

Карбон — основа живої природи. Його сполуками є білки, жири, вуглеводи. Без них неможливе існування рослин, тварин, людини. Крім атомів Карбону, молекули органічних сполук містять атоми Гідрогену, Оксигену, а білкі* — ще й Нітрогену, Сульфуру. Сполуки, утворені двома елементами — Карбоном і Гідрогеном, є складовими нафти, природного газу.

В 11 класі ви докладно ознайомитесь із багатьма органічними сполуками, зокрема тими, яких немає в природі. Ці сполуки спочатку добули хіміки в лабораторіях, а тепер їх виробляє промисловість у великих обсягах. Найважливішими серед них і полімери і матеріали на їх основі — пластмаси. Вони стали атрибутом сучасного життя і поступово витісняють деревину, природні волокна, метали, скло, кераміку.

Органічні сполуки вивчає галузь хімічної науки, яку називають органічною хімією.

Між органічними і неорганічними сполуками, незважаючи па відмінності, існують взаємозв'язок і можливості взаємоперетворень.

Вивчаючи органічну хімію, ви виконуватимете досліди, як окремі, так і об'єднані в практичні роботи. Для них будете використовувати не тільки хімічні реактиви, а й речовини, з якими стикаєтесь у повсякденному житті.

У цьому підручнику, як і в попередніх, найважливіші означення подано кольоровим шрифтом. Нові терміни, слова зі смисловим акцентом, заголовки в параграфах, важливу інформацію виділено курсивом або жирним шрифтом. Опис хімічного експерименту (лабораторні досліди, практичні роботи) виокремлено горизонтальними кольоровими лініями. Допоміжний матеріал помічено зліва кольоровою лінією, а деякі цікаві факти і відомості винесено на поля. Для зручності роботи з підручником запропоновано предметний покажчик. Кожний параграф містить запитання, вправи, задачі різної складності.

Вдумливо і наполегливо працюйте з підручником, не залишайте без уваги жодного запитання, що може виникнути до викладеного матеріалу.

Дотримуйтесь усіх рекомендацій, наведених у попередніх підручниках із хімії, щодо правил роботи і безпеки в хімічному кабінеті, а також вимог до проведення дослідів.

Сподіваємося, що ця книга зміцнить ваш інтерес до хімії й допоможе досягти нових успіхів у навчанні.

Автори

Основи **органічної хімії**

Органічна хімія — одна із найважливіших галузей хімічної науки. Предмет її досліджень становлять органічні речовини — сполуки Карбону. Вони містяться в усіх живих організмах, входять до складу нафти, природного газу, багатьох полімерних матеріалів і волокон, барвників, є основними компонентами більшості ліків. Органічні речовини широко використовує людина для своїх потреб.

В 11 класі ви отримаєте нові відомості про органічні сполуки, навчитеся складати їхні хімічні формули і назви, зрозумієте механізми реакцій за участю цих сполук, зможете передбачати продукти реакцій.

1 розділ

Теорія будови органічних сполук

Цей розділ містить матеріал про класифікацію органічних речовин і типи хімічного зв'язку, які в них реалізуються. Ви ознайомитесь із основними положеннями теорії будови органічних речовин, передумовами її створення, сучасними напрямами розвитку.

1 Органічні сполуки

Матеріал параграфа допоможе вам:

- повторити склад і деякі властивості органічних сполук;
- пригадати причини численності органічних речовин;
- дізнатися про класифікацію органічних сполук.

Органічні сполуки. Вам відомо, що органічні речовини, на відміну від неорганічних, утворені лише кількома елементами. Одним із них є Карбон. Крім його атомів, у молекулах майже всіх органічних сполук наявні атоми Гідрогену. Молекули багатьох органічних сполук містять ще й атоми Оксигену, Нітрогену, галогенів, а деяких — атоми Сульфуру, Фосфору.

Ви також знаєте, що майже всі органічні речовини мають молекулярну будову. Для них характерні невисокі температури плавлення і кипіння. Більшість органічних сполук погано розчиняється у воді або не розчиняється в ній, а при нагріванні вони загоряються або розкладаються.

Численність органічних сполук. На сьогодні зареєстровано понад 20 мільйонів органічних сполук. їх виділяють із живих організмів, синтезують у хімічних лабораторіях, виробляють на заводах. Розмаїття органічних сполук значною мірою зумовлене здатністю атомів Карбону

* виявляти досить високу валентність (її значення дорівнює чотирьом);
» утворювати прості (одинарні) та кратні (подвійні, потрійні) ковалентні зв'язки (-C-, =C-, =C=, =C-);

• сполучатися один з одним у ланцюги різної будови — нерозгалужені (-C-C-C-C-), розгалужені (-C-C-C-C-), замкнені (-C-C-).

Замкнений ланцюг називають циклом.

Серед органічних речовин найбільше *вуглеводнів*[1] — сполук Карбону з Гідрогеном.

Назви органічних сполук. Частина органічних речовин має *тривіальні назви,* наприклад лимонна, щавлева, оцтова кислоти, ацетон, гліцерин тощо. За такою назвою не можна записати хімічну формулу речовини. У XX ст. було запропоновано кілька варіантів складання *хімічних назв* органічних сполук. Найширшого використання набула *систематична номенклатура*[2]. Її розроблено Міжнародним союзом чистої та прикладної хімії ГОРАС (Іпіегпаііопаї Цпіоп о? Ригє ап<3 АррИесі СЬепіівігу). Згідно з нею кожна органічна сполука повинна мати назву (систематичну), яка вказує на склад і будову її молекули. Із правилами та рекомендаціями щодо складання систематичних назв органічних сполук ви ознайомитесь на уроках хімії та під час роботи з підручником. За такою назвою кожен із вас зможе вивести хімічну формулу сполуки.

Класифікація органічних сполук. Зрозуміти світ органічних сполук допомагає їх класифікація. Два способи класифікації проілюстровано схемами 1 і 2.

Молекули насичених органічних сполук містять лише прості зв'язки між атомами Карбону, молекули ненасичених сполук, — крім простих зв'язків, подвійні, потрійні зв'язки. Із найважливішими органічними сполуками цих двох типів ви ознайомились у 9 класі.

[1] Назва походить від старих назв елементів — «вуглець» і «водень».
Термін походить від латинського слова тютепсіаііга — система

Схема 1

Класифікація сполук за якісним (елементним) складом

ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

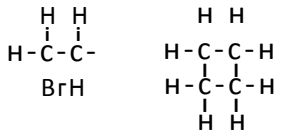
Вуглеводні	Оксигеновмісні	Нітрогеновмісні	Галогеновмісні
C_xH_y	$C_xH_yO_2$	$C_AH_yN_2$	$C_xH_yHa/_г$ (*Hal* — F, Cl, Br, I)

Схема 2

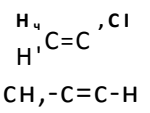
Класифікація сполук за особливостями зв'язку між атомами Карбону

ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

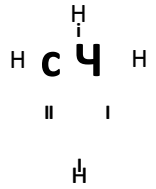
Насичені



Ненасичені



Ароматичні[1]



У молекулах ароматичних сполук є карбонові цикли, в яких чергуються прості та подвійні зв'язки. Про ці сполуки йтиметься в § 12 і 13.

Органічні сполуки також класифікують за *будовою карбонового ланцюга.* Молекули сполук одного типу мають відкритий карбоновий ланцюг — нерозгалужений або розгалужений. Сполуки другого типу складаються з молекул циклічної будови. Серед них виокремлюють *карбоциклічні сполуки* (цикли утворені лише атомами Карбону) і *гетероциклічні сполуки* (у циклах, крім атомів Карбону, наявні атоми інших хімічних елементів).

[1] Термін походить від грецького слова агота (аготаіов) пахуча речовина.

Ще одним критерієм для класифікації органічних сполук (за винятком вуглеводнів) є *наявність у молекулах певних функціональних груп* (їх ще називають характеристичними). Це — група атомів, що зумовлює характерні хімічні властивості сполук даного класу. Серед оксигеновмісних органічних сполук виокремлюють, наприклад, класи спиртів, карбонових кислот. У молекулах спиртів міститься одна або кілька гідроксильних груп (-ОН), а карбонових кислот — карбоксильні групи (-СООН). Молекули деяких сполук мають кілька різних функціональних груп. Так, у молекулі амінооцтової кислоти $E^{\wedge}$-CH_2-COOH є аміногрупа (-MH_2) і карбоксильна група (-СООН).

• До яких груп (класів) органічних речовин належать сполуки з такими формулами: а) C_2H_4; б) C_2H_5OH?

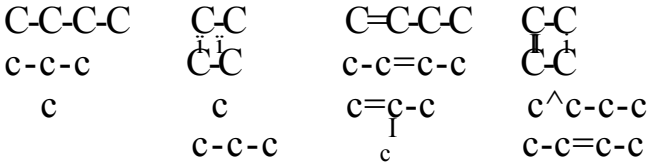
Розглянемо вправу, яка вказує на те, що кілька атомів Карбону разом з атомами інших елементів здатні утворити багато різних молекул, а отже, й органічних сполук.

ВПРАВА. Довести, що існує не менше 10 органічних сполук, молекули яких містять чотири атоми Карбону.

Розв'язання

Чотири атоми Карбону можуть сполучатися в нерозгалужепий, розгалужений і замкнений ланцюги.

Записуємо різні карбонові ланцюги із простими зв'язками, а також з одним подвійним зв'язком і одним потрійним:



Можливі також карбонові ланцюги із двома і трьома подвійиіши зв'язками, двома потрійними зв'язками. Крім того,

атоми Карбону можуть бути сполучені з атомами не лише Гідрогену, а й інших елементів.

Отже, сполук із чотирма атомами Карбону в молекулах набагато більше ніж 10.

• Допишіть до атомів Карбону в наведених у вправі карбонових ланцюгах необхідну кількість атомів Гідрогену.

Виконавши останнє завдання, ви отримали *структурні формули* молекул вуглеводнів. Термін «структурна формула» використовують в органічній хімії замість відомого вам терміна «графічна формула».

Органічні сполуки, молекули яких містять сотні й тисячі атомів Карбону, називають *високомолекулярними,* а сполуки з невеликою кількістю атомів у молекулах — *низькомолекулярними.*

ВИСНОВКИ

Органічні речовини — сполуки Карбону. До складу молекул таких сполук, крім атомів Карбону, входять атоми Гідрогену і деяких інших елементів.

Численність органічних сполук зумовлена здатністю чотиривалентних атомів Карбону утворювати прості та кратні ковалентні зв'язки і сполучатися в ланцюги різної будови.

Чимало органічних сполук мають тривіальні назви, але для кожної існує систематична назва, яка вказує на склад і будову її молекули.

Органічні речовини класифікують за їх якісним складом, особливостями зв'язку між атомами Карбону, будовою карбонового ланцюга в молекулі. Крім того, органічні сполуки поділяють на класи за наявністю в молекулах певних функціональних (характеристичних) груп.

9

1. Доведіть, що атом Карбону може бути чотиривалентним, використавши його електронну формулу.
2. Назвіть кілька ознак, за якими органічні сполуки відрізняються від неорганічних.
3. Поясніть, чому органічних сполук набагато більше, ніж неорганічних.
4. Які ознаки використовують для класифікації органічних сполук?
5. Наведіть приклад насиченої оксигеновмісної органічної сполуки, молекула якої містить один або два атоми Карбону. Запишіть її хімічну формулу та зобразіть структурну формулу молекули.
6. Складіть хімічні та структурні формули ненасичених вуглеводнів із двома і трьома атомами Карбону в молекулах.
7. До яких типів (класів) належать органічні сполуки, що мають такі формули: CH_3Br, CH_3COOH, C_2H_2?
8. У якій сполуці — глюкозі, етиловому спирті, амінооцтовій кислоті — масова частка Карбону найбільша?

2 Теорія будови органічних сполук

Матеріал параграфа допоможе вам:

зрозуміти, що таке теорія;
дізнатися про теорію будови органічних сполук;
скласти уявлення про явище ізомерії;
переконатися, що будова молекул впливає на властивості речовин.

Теорія як вища форма наукових знань. Створенню будь-якої теорії[1] завжди передують спостереження, дослідження певних

[1] Слово походить від грецького iiieoгia — спостереження, дослідження.

фактів, об'єктів і явищ, їх аналіз і систематизація, пошук закономірностей.

Теорія — сукупність узагальнювальних положень у науці, які відображають відношення і зв'язки між фактами, об'єктами, явищами.

Кожна теорія об'єднує наукові знання в певну систему. Вона дає змогу пояснювати відомі факти, явища і передбачати нові.

Теорію перевіряють на практиці. Для цього здійснюють багато додаткових спостережень і досліджень, аналізують передбачувальну спроможність теорії. Залежно від результатів такої перевірки теорію коригують, розширюють. Якщо теорія виявилась помилковою, створюють нову.

Оскільки теорії відповідають певному рівню розвитку науки і техніки, їх зміни із часом неминучі.

Передумови створення теорії будови органічних сполук. З органічними речовинами людина стикається щодня. У давні часи вона використовувала для своїх потреб лише природну сировину, основу якої становили органічні речовини, — готувала їжу та різноманітні напої, обробляла шкіру і хутра, вилучала з рослин олії, барвники, духмяні речовини, робила лікарські відвари, добувала оцет і спирт, згодом навчилася варити мило.

До XIX ст. було відкрито і вивчено багато органічних сполук, винайдено різні способи їх добування із природної сировини, розроблено технології виготовлення шовку, паперу, барвників тощо. У XIX ст. почала інтенсивно розвиватися промисловість, розширилися наукові дослідження в хімії, зазнав систематизації і теоретичного обґрунтування накопичений експериментальний матеріал.

На початку XIX ст. хімія органічних сполук виокремилася в самостійну галузь, оскільки

Цікаво знати
Термін «органічна хімія» **:ia пропонував на початку XIX ст. ішіедський учений її. Я. Берце- ііус.**

було помічено суттєві відмінності між органічними і неорганічними речовинами.

Тривалий час учені вважали, що органічні сполуки утворюються лише в живих організмах. У 1828 р. німецький учений Ф. Велер спростував цю думку, добувши за реакцією між амоніаком MH_3 і ціанатною кислотою HOCM замість неорганічної солі MH_4OCM органічну сполуку — сечовину $CO(MH_2)_2$. Згодом з'явилися публікації про синтези російським хіміком М. М. Зініним аніліну (1842), німецьким хіміком А. Кольбе оцтової кислоти (1845), французьким хіміком М. Бертло жиру (1854), російським хіміком О. М. Бутлеровим вуглеводів (1861).

Значний внесок у розвиток органічної хімії зробили німецькі хіміки А. Кекуле і А. Кольбе, а також шотландський хімік А. Купер. У 1857 р. вони дійшли висновку, що в органічних сполуках атоми Карбону чотиривалентні і сполучаються один з одним у ланцюги. А. Купер запропонував зображати зв'язки між атомами в молекулі рисками.

Теорія будови органічних сполук. У 1858—1861 рр. А. Кекуле, А. Купер і О. М. Бутлеров незалежно один від одного оприлюднили важливі твердження, які утворили фундамент теорії будови органічних сполук. Учені розуміли будову речовин як послідовність сполучення атомів у їхніх молекулах.

Наводимо основні положення цієї теорії в сучасному тлумаченні:

1. У молекулах органічних речовин атоми сполучені в певному порядку згідно з валентністю елементів.

2. Властивості органічних речовин залежать не лише від їхнього складу, а й від будови молекул.

3. У молекулі атоми і групи атомів зазнають взаємного впливу, який позначається на фізичних і хімічних властивостях речовин.

Оскільки положення теорії пов'язані з будовою молекул, її назвали *структурною.* Згідно з нею, знаючи будову молекули, можна спрогнозувати властивості речовини. І навпаки, властивості речовини вказують на певні особливості будови її молекул.

Теорія будови органічних сполук давала змогу передбачати існування багатьох речовин, невідомих на той час. О. М. Бутлеров та його учні, а також інші вчені синтезували сотні органічних сполук, чим підтвердили правильність створеної теорії.

Свій подальший розвиток теорія будови органічних сполук отримала в працях голландського хіміка Я. Вант-Гоффа і французького хіміка Ж.-А. Ле Беля. їх вважають основоположниками вчення про просторову будову молекул органічних речовин, залежність фізичних і хімічних властивостей речовин від розміщення атомів і груп атомів у просторі. У 1874 р. вони вперше встановили, що чотири зв'язки атома Карбону з іншими атомами спрямовані від центра тетраедра, де перебуває цей атом, до його вершин.

Цікаво знати
До складу Національної академії наук України належать кілька інститутів, у яких хіміки добувають і досліджують органічні сполуки.

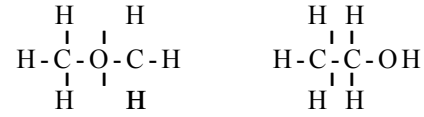
Багато відкриттів в органічній хімії пов'язані з іменами українських учених — С. М. Реформатського, В. ІІ. Яворського, І. Я. Горбачевського, О. В. Богатського, І. К. Мацуревича, А. І. Кіпріанова та ін.

Теорія будови органічних сполук завдяки використанню сучасних методів дослідження невпинно розвивається. Нині відомо, що на властивості сполук впливає не лише порядок розміщення атомів у молекулі, а і її геометрична (просторова) форма, розподіл електронів між атомами, зміщення спільних електронних пар, інші особливості електронної будови молекул.

Ізомерія. Кожна речовина має свою хімічну формулу. А чи може одна формула відповідати двом або трьом речовинам? Учені ще в середині XIX ст. дали ствердну відповідь на це

запитання, а О. М. Бутлеров на підставі створеної теорії будови органічних сполук зміг пояснити причину існування таких речовин.

Відомо, що диметиловий етер і етанол мають однаковий склад; хімічна формула кожної сполуки — C_2H_60. Проте структурні формули молекул сполук різні:



диметиловий етер етанол

Атоми в цих молекулах сполучені в різній послідовності. Це зумовлює неоднакові фізичні та хімічні властивості сполук. Диметиловий етер за звичайних умов є газом; температура кипіння сполуки становить -23,7 °С. Етанол — рідина із температурою кипіння +78,3 °С. Етер не взаємодіє з натрієм, а реакція етилового спирту із цим металом відбувається досить інтенсивно:

$$2C_2H_5OH + \textbf{2Ш} \quad 2C_2H_5(Жа + H_2Т.$$

Сполуки, що мають однаковий склад, але різну будову молекул, називають ***ізомерами'***, а явище існування таких сполук — ***ізомерією.***

Ізомерію, зумовлену різною послідовністю сполучення атомів у молекулах, а також різним положенням кратних зв'язків у них, називають *структурною,* а таку, що зумовлена різним розміщенням атомів у просторі, — *просторовою.*

Явище ізомерії відкрив у 1823 р. німецький хімік Ю. Лібіх. Ізомерія є однією з причин різноманітності та чисельності органічних сполук.

[1] Термін походить від грецьких слів ізоз — однаковий, тегоз — **частина.**

Невдовзі ви навчитесь передбачати існування ізомерів, визначати їх кількість, складати структурні формули їхніх молекул і назви сполук.

ВИСНОВКИ

Теорія — сукупність узагальнювальних положень у науці, які відображають відношення і зв'язки між фактами, об'єктами, явищами.

Створення теорії будови органічних сполук стало важливим етапом розвитку хімії. Згідно з нею атоми сполучені в молекулах у певній послідовності, зазнають взаємного впливу, а властивості речовин залежать від будови молекул.

Теорія будови органічних речовин дала змогу пояснити властивості багатьох органічних сполук, передбачити можливості добування нових речовин.

Сполуки, що мають однаковий склад, але різну будову молекул, називають ізомерами, а явище існування таких сполук — ізомерією.

7 в

9. Що таке теорія і як її створюють? Як перевіряють правильність теорії?
10. Які наукові відкриття сприяли створенню теорії будови органічних сполук?
11. Сформулюйте основні положення структурної теорії будови органічних сполук.
12. За матеріалами Інтернету або інших джерел інформації підготуйте короткі повідомлення про вчених, імена яких згадано в параграфі.
13. Які сполуки називають ізомерами?
14. Доберіть кілька словосполучень для правильного закінчення речення «Для того щоб описати будову молекули органічної речовини, потрібно знати...»:
    а) склад молекули;
    б) послідовність сполучення атомів у молекулі;

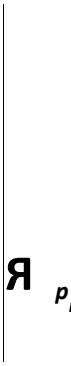
в) розміщення атомів у просторі;
г) температури плавлення і кипіння речовини;
ґ) хімічні властивості речовини;
д) електронегативності атомів.

15. Охарактеризуйте хімічні зв'язки в молекулах ізомерів — диметилового етеру і етанолу. Зв'язок між якими атомами в кожній молекулі є найбільш полярним?

– – – – –

для допитливих

Життя і діяльність О. М. Бутлерова



Олександр Михайлович Бутлеров (1828—1886)

Олександр Михайлович Бутлеров народився у вересні 1828 р. в м. Чистополь {Казанська губернія). У дитячі роки майбутній учений вивчав французьку й німецьку мови, а здобуваючи освіту у Казанському пансіоні, захопився хімічними дослідами. Його цікавили рослинний світ, комахи, а також музика. Після пансіону О. М. Бутлеров вступив у гімназію. Він навчався дуже добре, віддавав перевагу природничим наукам.

У 1844 р. О. М. Бутлеров вступив на природничо-наукове відділення фізико-математичного факультету Казанського університету, спочатку — вільним слухачем (він ще був неповнолітнім), а за рік — студентом. В університеті він виявив неабияку обдарованість, ретельно готував і проводив хімічні експерименти, зокрема і вдома, цікавився новими теоріями в хімічній науці. Захоплюючись навколишньою природою, зібрав велику колекцію метеликів. Дипломну роботу в університеті О. М. Бутлерову довелося писати не з хімії (його науковий керівник поїхав до Петербурга), а з біології; її він присвятив фауні волго-уральського регіону. Після закінчення Казанського університету О. М. Бутлеров почав працювати в ньому викладачем.

У 1851 р. О. М. Бутлеров захистив магістерську дисертацію «Про окиснення органічних сполук», у якій систематизував відомі на той час дані про відповідні реакції, а також окреслив перспективи розвитку органічної хімії. У 1854 р., вже в Московському університеті, захистив докторську дисертацію «Про ефірні олії». Сполуки цього типу вчений виділяв із рослин російської флори.

У1857 р. О. М. Бутлеров став професором хімії Казанського університету й невдовзі поїхав у наукове відрядження до Західної Європи. Він працював у хімічних лабораторіях, очолюваних відомими хіміками.

Після повернення до Казані О. М. Бутлеров досяг значних успіхів у галузі органічного синтезу. Учений дослідив низку реакцій за участю органічних сполук, уперше синтезував цукристу речовину з формулою $C_6H_{12}0_6$.

О. М. Бутлеров вважав, що атоми в молекулі впливають один на одного. Він був упевнений у тому, що без знання будови молекул не можна спрогнозувати властивості речовини. Важливі принципи і цікаві думки вчений виклав у конспекті своїх лекцій, який видали у Казані у 1859 р.

У 1861 р. О. М. Бутлеров виступив на з'їзді природодослідників і лікарів у німецькому місті Шпеєр з доповіддю, в якій сформулював основні положення своєї теорії хімічної будови речовини. Він стверджував, що «хімічна натура складної частинки визначається натурою елементарних складових, їх кількістю і хімічною будовою. Кожний хімічний атом, що входить до складу тіла, бере участь в його утворенні і діє певною кількістю хімічної сили (спорідненості), що йому належить. Розподіл дії таких сил призводить до сполучення атомів у певному порядку, який я називаю хімічною будовою».

У 1862/63 навчальному році студенти Казанського університету вперше почули на лекціях О. М. Бутлерова, що «з погляду хімічної будови для кожного тіла може існувати тільки одна раціональна формула, яка виражає його будову. Від хімічної будови залежать реакції, отже, знаючи цю залежність і виражаючи формулою будову, ми виражаємо всі ті перетворення, яких речовина може зазнавати». Теоретичний доробок ученого був покладений в основу підручника «Вступ до повного вивчення органічної хімії». Цю книгу було перекладено кількома європейськими мовами.

На підставі теорії хімічної будови О. М. Бутлерову вдалося пояснити і підтвердити експериментальним шляхом явище ізомерії.

Д. І. Менделєєв вважав О. М. Бутлерова одним із визначних російських учених.

Пам'ятник О. М. Бутлерову в Казані

За його поданням у 1868 р. О. М. Бутлерова було обрано на посаду професора кафедри органічної хімії Петербурзького університету. Згодом учений став академіком Петербурзької академії наук.

О. М. Бутлеров заснував школу російських хіміків. Під його керівництвом працювали відомі вчені — В. В. Марковников, 0. М. Зайцев, 0. Н. Попов, О. Є. Фаворський та ін.

На честь О. М. Бутлерова споруджено пам'ятник у Казані (мал. 1), названо вулицю в цьому місті (мал. 2), а також вулиці в Москві, Санкт-Петербурзі, Києві.

Мал. 2.
Меморіальна дошка на вулиці Бутлерова в Казані

3 Хімічний зв'язок в органічних сполуках

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, які типи хімічного зв'язку реалізуються в органічних сполуках;
- дізнатися про основні характеристики ковалентного зв'язку.

Вивчаючи хімію, ви ознайомилися з йонним, ковалентним, водневим, металічним зв'язком. Перші три типи зв'язку трапляються в органічних сполуках. Серед них найбільш поширений ковалентний зв'язок, оскільки майже всі органічні сполуки складаються з молекул, а атоми в них сполучаються саме таким зв'язком.

Ковалентний зв'язок. Зв'язок цього типу виникає між двома атомами внаслідок утворення однієї або кількох спільних електронних пар

за рахунок неспарених електронів[1]. Ковалентний зв'язок характеризують, указуючи його кратність, довжину, енергію, направленість, полярність чи неполярність, спосіб перекривання орбіталей із неспареними електронами.

Кратність зв'язку. Відомо, що кратність ковалентного зв'язку визначається кількістю спільних електронних пар між атомами. Атом Карбону в органічних сполуках чотиривалентний. Він може утворювати прості зв'язки, один або два подвійні зв'язки, а також потрійний зв'язок.

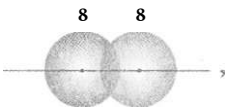
• Які зв'язки утворюють з іншими атомами атом Гідрогену, атом Оксигену?

Перекривання орбіталей при утворенні ковалентного зв'язку. Формуванню спільної електронної пари передує перекривання орбіталей, у яких перебувають неспарені електрони. Існують два варіанти перекривання:

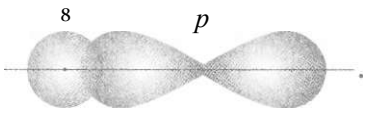
1. Утворюється одна спільна ділянка орбіталей, яку перетинає лінія, що з'єднує центри атомів. Такий ковалентний зв'язок називають *а-зв'язком.*

2. Утворюються дві спільні ділянки орбіталей, розміщені симетрично по різні боки від указаної лінії. Це — *п-зв'язок.*

Перекривання двох 8-орбіталей відбувається в молекулі водню H_2



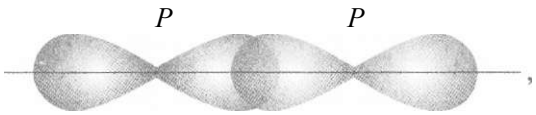
в-орбіталі та р-орбіталі — в молекулі гідроген хлориду НС1:



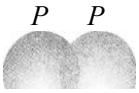
[1] Іноді ковалентний зв'язок утворюється внаслідок переходу «неподіленої» електронної пари одного атома у вільну орбіталь іншого (§ 33).

Атоми в цих молекулах сполучені простими зв'язками. Це — с-зв'язки.

У молекулі кисню 0_2 є подвійний зв'язок. Дві р-орбіталі двох атомів Оксигену перекриваються з утворенням а-зв'язку



а дві інші /?-орбіталі — інакше, з утворенням тг-зв'язку:



Ï X

Суть перекривання орбіталей атомів Карбону в молекулах органічних сполук є такою самою. Деякі уточнення будуть зроблені в наступному параграфі.

Отже, простий зв'язок завжди є ст-зв'язком, подвійний складається із о- і л-зв'язку. Додамо, що складові потрійного зв'язку — ст-зв'язок і два тс-зв'язки.

Характеризуючи ковалентний зв'язок, оперують поняттям «електронна густина». Його зміст пов'язаний з імовірністю перебування електрона в різних точках простору. Очевидно, що в ділянках перекривання орбіталей електронна густина є найвищою.

Довжина зв'язку. Відстань між центрами сполучених атомів називають довжиною ковалентного зв'язку. Для того щоб утворився ті-зв'язок, атомам необхідно ближче «підійти» один до одного, ніж для утворення а-зв'язку. Тому подвійний зв'язок виявляється коротшим за простий (табл. 1). Довжина потрійного зв'язку ще менша.

Таблиця 1

Характеристики зв'язків між атомами Карбону в деяких молекулах

Зв'язок	Молекула	Довжина зв'язку, нм	Енергія зв'язку, кДж/моль
C-C	H_3C-CH_3	0,154	331
C-C	$H_2C=CH_2$	0,134	592
C≡C	HC≡CH	0,120	814

Енергія зв'язку. Вам відомо, що під час утворення хімічного зв'язку енергія виділяється, а при його руйнуванні — поглинається. За енергію ковалентного зв'язку приймають таку, яку потрібно витратити, щоб розірвати $6 \cdot 10^{23}$ (тобто 1 моль) зв'язків між атомами. Зрозуміло, що роз'єднати одну спільну пару електронів легше, ніж дві, а дві — легше, ніж три. Тому зв'язок C-C має найменшу енергію, C=C — більшу, а C≡C — найбільшу (табл. 1).

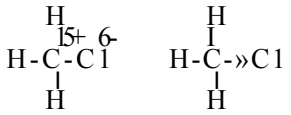
Такі самі висновки можна зробити і щодо зв'язків C-0 і C=0.

Доведемо, що а-зв'язок і л-зв'язок мають різну енергію. Подвійний зв'язок C=C з енергією 592 кДж/моль складається із а-зв'язку, що має енергію 331 кДж/моль, і л-зв'язку. Звідси енергія л-зв'язку становить 592 - 331 = = 261 кДж/моль.

Тепер обчислимо енергію потрійного зв'язку C≡C. Оскільки він складається з одного а-зв'язку і двох л-зв'язків, то його енергія має дорівнювати $331 + 2 \cdot 261 = 853$ кДж/моль. Наведене в таблиці 1 значення трохи менше знайденого. Здійснені нами розрахунки є спрощеними (не враховано, наприклад, що енергія ковалентного зв'язку залежить від оточення сполучених атомів іншими атомами).

Зазвичай чим менша довжина ковалентного зв'язку, тим більша його енергія.

Полярність зв'язку. Така властивість ковалентного зв'язку пов'язана з електронегативністю атомів. Зв'язок між однаковими атомами є неполярним, а між різними — як правило, полярним. У другому випадку одна чи кілька спільних електронних пар зміщені до атома більш електронегативного елемента. Він отримує частковий негативний заряд (5-), а інший атом — частковий позитивний заряд (5+). Напрямок зміщення електронної пари, тобто електронної густини, показують стрілкою:



Просторова напрямленість зв'язку. Напрямок ковалентного зв'язку збігається з прямою, що з'єднує центри атомів. Ця пряма перетинає спільну ділянку орбіталей з електронами, які забезпечують а-зв'язок.

Якщо атом утворює кілька а-зв'язків, то відповідні орбіталі напрямлені у просторі під певними кутами одна до одної. Так, у молекулі сірководню H_2S є два прості ковалентні зв'язки. У них беруть участь два неспарені електрони атома Сульфуру, що перебувають у р-орбіталях. Орбіталі цього типу зорієнтовані вздовж осей координат. Це зумовлює відповідне розміщення атомів Гідрогену щодо атома Сульфуру:

Про напрямленість хімічних зв'язків за участю атомів Карбону йтиметься в наступному параграфі.

Йонний зв'язок. Органічних сполук, які складаються з йонів, дуже мало. Це переважно солі. Частина їх утворена карбоновими кислотами. Приклади формул цих солей: CH_3COOMH_4, $(HCOO)_2Ca$.

Йонним зв'язком, як вам відомо, сполучаються йони з протилежними зарядами; він є досить міцним.

Водневий зв'язок. Цей тип хімічного зв'язку реалізується між молекулами, в яких атоми Гідрогену сполучені з атомами найелектронегативніших елементів (Флуору, Оксигену, Нітрогену). Ви знаєте, що водневі зв'язки існують між молекулами води, спирту, оцтової кислоти, а також між молекулою води та молекулою будь-якої з названих сполук у водному розчині[1]. Хоча водневий зв'язок значно слабший за ковалентний і йонний, він істотно впливає на фізичні властивості речовин. У наступних параграфах буде розглянуто водневі зв'язки у спиртах, карбонових кислотах, деяких інших органічних сполуках. Укажемо також на важливу роль цих зв'язків у формуванні особливої будови молекул білків і нуклеїнових кислот.

ВИСНОВКИ

Для органічних сполук характерним є ковалентний зв'язок. Він утворюється внаслідок об'єднання неспарених електронів різних атомів у спільні електронні пари.

Ковалентний зв'язок характеризують певна енергія, довжина, напрямленість, кратність, полярність, а також спосіб перекривання орбіталей атомів, у яких містяться неспарені електрони.

Простий ковалентний зв'язок є ст-зв'язком, подвійний зв'язок складається із а- і я-зв'язку, а потрійний — із с-зв'язку і двох тс-зв'язків. ст-Зв'язок міцніший за я-зв'язок. Довжина простого зв'язку є найбільшою, а потрійного — найменшою.

[1] Наявність цього зв'язку між атомами позначають трьома крапками.

Йонний зв'язок реалізується в солях органічних кислот, а водневий — у спиртах, карбонових кислотах.

16. Поясніть, як утворюється ковалентний зв'язок між двома атомами.
17. Назвіть основні характеристики ковалентного зв'язку.
18. Охарактеризуйте простий, подвійний і потрійний ковалентні зв'язки, наведіть приклади відповідних молекул неорганічних сполук.
19. Як змінюються енергія і довжина ковалентного зв'язку з підвищенням його кратності? Відповідь обґрунтуйте.
20. Визначте внесок двох л-зв'язків в енергію потрійного зв'язку ОС у молекулі C_2H_2. Скористайтесь даними таблиці 1.
21. Полярність якого зв'язку найбільша, а якого — найменша: С-СІ, С-0, С-Р, С-5?
22. Серед указаних сполук виберіть ті, у яких реалізується йонний зв'язок: хлорометан, гідроген хлорид, кальцій хлорид, оцтова кислота, натрій ацетат, етанол.
23. Чим відрізняється водневий зв'язок від ковалентного? Зобразіть крапками можливі водневі зв'язки між молекулами води і метанолу.

іШШ розділ
Вуглеводні

Цей розділ присвячений вуглеводням — сполукам Карбону з Гідрогеном. На нашій планеті існує дуже багато таких сполук; вони містяться в природному газі, нафті.

Вуглеводні необхідні людству — їх використовують як паливо і пальне. Вони слугують сировиною для добування поліетилену, гуми, інших сполук і матеріалів.

Вуглеводні є фундаментом органічної хімії. Одне з означень цієї галузі хімічної науки таке: *органічна хімія — хімія вуглеводнів та їх похідних.* Похідними називають продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулах вуі\леводнів на атоми інших елементів або групи атомів (-0Н, -СООН, -]$МН_2$ та ін.).

Вуглеводні ^ д

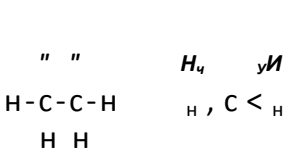
Загальна формула вуглеводнів — $С_„Н_т$. Залежно від будови карбонового ланцюга та особливостей зв'язку між атомами Карбону вуглеводні поділяють на кілька груп (схеми 3,4).

Схема 3

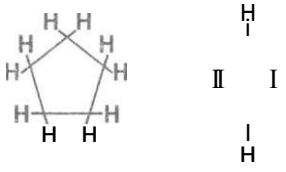
Класифікація вуглеводнів за будовою карбонового ланцюга

ВУГЛЕВОДНІ

Ациклічні[1]



Циклічні

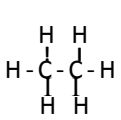
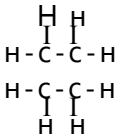
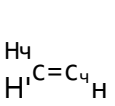
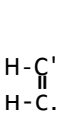


[1] Літера *а* на початку слова означає заперечення.

Схема 4

Класифікація вуглеводнів
за особливостями зв'язку між атомами Карбону

ВУГЛЕВОДНІ

Насичені		Ненасичені		Ароматичні
Алкани	Цикпоалкани	Алкени	Алкіни	Арени
				

4 Просторова будова молекул вуглеводнів

Матеріал параграфа допоможе вам:

- пригадати просторову будову молекул деяких вуглеводнів;
- сформувати уявлення про гібридизацію атомних орбіталей;
- поглибити свої знання про а-зв'язок і тс-зв'язок;
- дізнатися про конформації молекул.

У 9 класі ви докладно вивчали найважливіші вуглеводні — метан CH_4, етилен C_2H_4 (інша назва — етен), ацетилен C_2H_2 (етин). У молекулі метану всі атоми сполучені лише простими зв'язками, у молекулі етену є подвійний зв'язок, а в молекулі етину — потрійний.

• Зобразіть структурні формули молекул метану, етену і етину.

Молекула метану має тетраедричну будову, в молекулі етену всі атоми перебувають в одній площині, а етину — на одній лінії (мал. 3).

Мал. 3.
Кулестержневі моделі молекул

$CH_д$ $C_7Hд$

Будова молекули метану. Гібридизація орбіталей. Зовнішні електрони в ізольованому атомі Карбону розміщені в 2я- і 2р-орбіталях. Вам відомо, що 8-орбіталь є сферичною, а р-орбіталі — гантелеподібними, зорієнтованими у трьох взаємно перпендикулярних напрямах уздовж осей х, *у, г* (мал. 4).

ЧГ 5

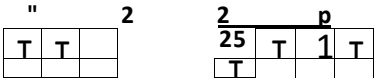
Р

Мал. 4.
2з-Орбіталь і три 2р-орбіталі

В органічних сполуках атом Карбону чотиривалентний. Необхідною умовою для цього є перехід атома у збуджений стан. Унаслідок переміщення 2з-електрона у вакантну 2р-орбіталь усі чотири електрони зовнішнього енергетичного рівня стають неспареними:

C C*

...2з²2р² -> ...2з¹2р³



основний стан *збуджений стан*

Енергія, яка витрачається на такий перехід, компенсується енергією, що виділяється під час утворення атомом Карбону ковалентних зв'язків.

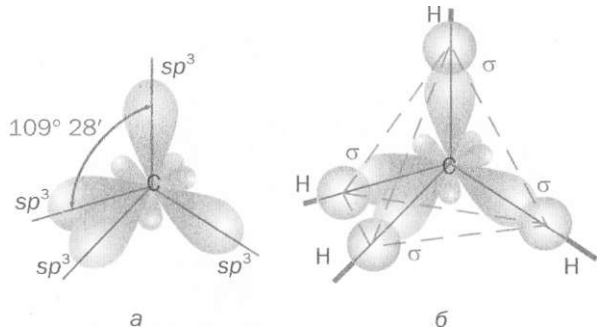
У молекулі метану CH_4 атом Карбону сполучений із чотирма атомами Гідрогену. В утворенні зв'язків С-Н беруть участь чотири неспарені електрони збудженого атома Карбону — один 8-електрон і три р-електрони. Ковалентний зв'язок за участю 8-електрона атома Карбону має відрізнятися від зв'язків за участю р-електронів. Проте в результаті досліджень учені з'ясували, що всі зв'язки С-**Н** у молекулі метану рівноцінні: на руйнування кожного зв'язку витрачається однакова кіль-

кість енергії. Це можливо, якщо при утворенні молекули CH_4 (з атомів) енергії 8-електрона ір-електронів атома Карбону вирівнюються, а їхні орбіталі набувають однакової форми і розміщуються на максимальній та однаковій віддалі одна від одної.

Процес вирівнювання електронів за енергією, а їхніх орбіталей за формою і розміщенням у просторі називають ***гібридизацією.***

У молекулі метану змінені, або *гібридні,* орбіталі мають форму об'ємної несиметричної вісімки (Є Х ^). Вони зорієнтовані одна щодо одної під кутами 109° 28', тобто у напрямках від центра тетраедра до його вершин (мал. 5, а). Позначення кожної такої орбіталі — *зр*^{3}*;* воно складається з позначень вихідних орбіталей та їх кількості. Цей тип гібридизації називають 8р^3-гібридизацією.

У молекулі метану чотири ^-орбіталі атома Карбону перекриваються із 8-орбіталями атомів Гідрогену (мал. 5, *б).* Тому молекула метану має форму тетраедра; у його центрі розміщений атом Карбону, а у вершинах — атоми Гідрогену.



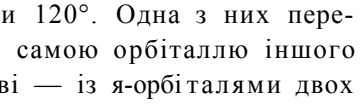
Мал. 5. sp^3-Орбіталі атома Карбону (*а*) і σ-зв'язки в молекулі метану (*б*)

Будова молекул гомологів метану. Ковалентні зв'язки в молекулі етану C_2H_6 утворюються за рахунок перекривання зр^3-орбіталей двох атомів Карбону одна з одною і з 8-орбіталями атомів Гідрогену.

• Зобразіть у зошиті будову молекули етану (за зразком малюнка 5, *б).*

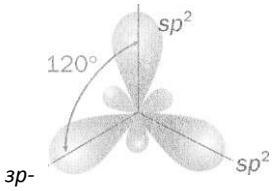
У молекулах інших алканів зв'язки між атомами Карбону також реалізуються внаслідок перекривання їхніх е/з[1]-орбіталей. Тому карбонові ланцюги в них зигзагоподібні, а кути на всіх ділянках ламаної лінії становлять 109° 28[!]:

Цікаво знати
Структурні формули молекул алканів іноді зображають, показуючи лише зв'язки між атомами Карбону:

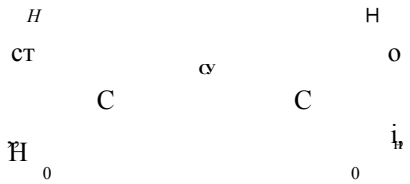


(пропан).

Будова молекули **етену. У** молекулі **ІІД' СІ І,** кожний атом Карбону сполучається з іншим атомом Карбону і двома атомами Гідрогену. Із його чотирьох орбіталей, у яких перебуває по одному зовнішньому електрону, лише три — 8-орбіталь і дві р-орбіталі — зазнають гібридизації (мал. 6). Три утворені §p^2-орбіталі розміщуються під кутами 120°. Одна з них перекривається з такою самою орбіталлю іншого атома Карбону, а дві — із я-орбіталями двох атомів Гідрогену (мал. 7). Між цими атомами утворюються ст-зв'язки.



Мал. 6. Схема утворення зр^2-орбіталей в атомі Карбону



Мал. 7. Зв'язки в молекулі етену

Третя р-орбіталь кожного атома Карбону залишається незмінною. Такі орбіталі розміщені перпендикулярно до гібридних орбіталей і перекриваються на двох ділянках — над і під лінією, яка з'єднує центри атомів Карбону (мал. 7). У результаті між цими атомами утворюється ще й я-зв'язок.

Отже, подвійний зв'язок у молекулі етену складається із а-зв'язку і л-зв'язку:

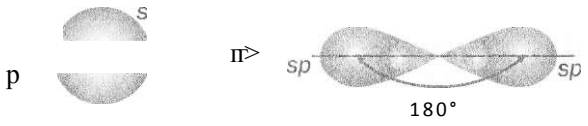
Центри всіх атомів молекули етену перебувають в одній площині,

У молекулі етену відстань між центрами атомів Карбону менша, ніж у молекулі етану (я-зв'язок наче «стягує» атоми).

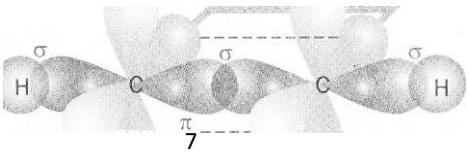
• Порівняйте довжину та енергію зв'язків між атомами Карбону в молекулах етану й етену за даними, наведеними в таблиці 1.

Навколо л-зв'язку неможливе обертання груп атомів CH_2 (відмінність від а-зв'язку між атомами Карбону в молекулі етану C_2H_6). У цьому можна переконатися, використавши кулестержневу модель молекули етену.

Будова молекули етику. У молекулі HC=CH кожний атом Карбону утворює два а-зв'язки. У них беруть участь ,? електрон і р електрон. Орбіталі цих. електронів зазнають гібридизації і перетворюються на дві гібридні зр-орбіталі, які розміщуються у просторі під кутом 180° (мал. 8). Одна з них перекривається із 8-орбіталлю атома Гідрогену, а друга — з гібридною орбіталлю іншого атома Карбону (мал. 9). Центри всіх атомів молекули C_2H_2 розміщені на прямій лінії.



Мал. 8.
Схема утворення
чр-орбіталей
н атомі Карбону



Мал, 9. 7
Зв'язки
в молекулі етану

Інші два р-електрони кожного атома Карбону беруть участь в утворенні двох л-зв'язків. їхні р-орбіталі попарно перекриваються. Ділянки перекривання цих орбіталей перебувають поза лінією, яка з'єднує центри атомів.

Отже, потрійний зв'язок у молекулі етину складається з одного ст-зв'язку і двох тг-зв'язків:

H-CIC-H

Із викладеного матеріалу можна зробити такий висновок: *тип гібридизації орбіталей атома Карбону визначає просторову будову молекули вуглеводню.*

Конформації молекул. Групи атомів у молекулах етану та інших вуглеводнів можуть обертатися навколо простих зв'язків (ст-зв'язків). Такі молекули постійно змінюють свою форму; при цьому кути між напрямами орбіталей і довжини зв'язків залишаються незмінними.

Просторову форму, якої набуває молекула при обертанні будь-якої групи атомів навколо ст-зв'язку, називають *конформацією.*

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 1

Конформації молекули етану

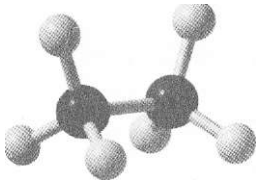
Виготовте кулестержневу модель молекули етану. Для цього виберіть у наборі для складання моделей молекул кульки, що імітують атоми Гідрогену і Карбону, а також стержні

або трубочки. Складаючи модель, візьміть до уваги, що всі кути між лініями, які з'єднують центри атомів Карбону і Гідрогену в молекулі етану, становлять 109° 28'.

Розмістіть модель молекули перед собою так, щоб один атом Карбону закрив собою другий, і повільно обертайте одну групу атомів CH_3 навколо простого зв'язку.

Зафіксуйте дві форми молекули етану — з мінімальними і максимальними відстанями між атомами Гідрогену різних груп CH_3. Ці форми називають граничними конформаціями. Яка із них, на вашу думку, є найбільш вигідною, тобто відповідає найменшій енергії?

Моделі граничних конформацій молекули етану наведено на малюнку 10. У конформації *а* відстані між атомами Гідрогену різних груп CH_3 є найменшими з усіх можливих. Ці атоми зазнають помітного взаємного відштовхування, бо мають однаковий (позитивний) заряд[1]. У такої конформації найбільша енергія; її називають *затіненою* (мал. 10, *а).* Із цього стану молекула намагається перейти у стан із найменшою енергією, тобто в конформацію *б.* У ній атоми Гідрогену, перебуваючи на максимально можливих відстанях, найменше відштовхуються один від одного.



Мал. 10. Кулестержневі моделі граничних конформацій молекули етану: а — затінена; *б* — загальмована (внизу — вигляд кожної моделі з боку групи атомів CH_3)

”

б

A

' Відштовхуються також електронні пари хімічних зв'язків С-Н різних груп CH_3.

Цю конформацію називають *загальмованою* (мал. 10, ***б).*** У ній молекула етану перебуває найчастіше.

Про конформації молекул циклічних насичених вуглеводнів ітиметься в § 7.

ВИСНОВКИ

Для пояснення просторової будови молекул використовують уявлення про гібридизацію орбіталей. Гібридизація — процес вирівнювання електронів атома за енергією, а їхніх орбіталей — за формою і розміщенням у просторі.

Розрізняють три типи гібридизації: *sp^n, sp^2, sp.*

Форму, якої набуває молекула при обертанні груп атомів навколо простого зв'язку, називають конформацією. Для молекули етану існують дві граничні конформації — загальмована (найстійкіша) і затінена (найменш стійка). У **загальмованій конформації взаємне відштовхування атомів Гідрогену різних груп CH_3 є мінімальним.**

24. Назвіть типи гібридизації орбіталей атома Карбону.
25. Поясніть просторову будову молекули метану.
26. Охарактеризуйте хімічні зв'язки в молекулах: а) метану; б) етену; в) етину.
27. Які електронні орбіталі перекриваються в молекулах метану етану, етену й етину?
28. Знайдіть відповідність.

Ковалентний зв'язок	Складові зв'язку
1) простий;	а) тс-зв'язок;
2) подвійний;	б) ст-зв'язок;
3) потрійний;	в) ст-зв'язок і два л-зв'язки;
	г) два ст-зв'язки і л-зв'язок;
	ґ) ст-зв'язок і л-зв'язок.

:>9. Знайдіть відповідність.

Формула молекули	Кількість ст-зв'язків у молекулі	Тип гібридизації атома Карбону
1) CH_4;	А) два;	а) *зр;*
2) C_2H_4;	Б) три;	б) $зр^2$;
3) C_2H_2;	В)чотири;	в) $зр^3$;
	Г) п'ять;	г) гібридизації немає.
	Ґ) шість;	

30. Чи можуть групи атомів обертатися в молекулі навколо ковалентних зв'язків? Чи залежить відповідь від того, яким є зв'язок — простим, подвійним, потрійним? Дайте пояснення.

31. Охарактеризуйте конформації молекули етану.

Насичені вуглеводні

Нуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону сполучені лише простими ковалентними зв'язками, називають ***насиченими.***

Насичені вуглеводні поділяють на алкани і циклоалкани.

5 Алкани

Матеріал параграфа допоможе вам:

пригадати склад і будову молекул алканів;
отримати відомості про ізомерію алканів;
складати структурні формули молекул алканів;
називати алкани за правилами систематичної номенклатури.

Склад молекул. Ви знаєте, що найпростішим насиченим вуглеводнем є метан CH_4 (мал. 11).

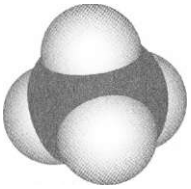
Насичені вуглеводні з відкритим карбоновим ланцюгом у молекулах називають ***алканами***\

Алкани

$C_nH_{2(1+2}$

Загальна формула алканів — C_nH_{2n+2} (п 1, 2, ...). У молекулах цих вуглеводнів атоми Карбону перебувають у стані $8p^3$-гібридизації, а кути між лініями, що з'єднують центри сусідніх атомів, становлять 109° 28'.

Вуглеводні CH_4, C_2H_6, C_3H_8 та інші аналогічні сполуки утворюють гомологічний[2] ряд алканів. Вам відомо, що гомологічний ряд — це ряд органічних сполук, молекули яких подібні за будовою і різняться на одну або кілька груп атомів CH_2 (так звану гомологічну різницю). Гомологічний ряд також називають за сполукою, яка його започатковує. Сполуки C_2H_6, C_3H_8 та інші є гомологами і належать до гомологічного ряду метану.



Мал. 11. **Масштабна модель молекули метану**

Ізомерія. Ізомери існують майже для всіх алканів, крім метану, етану і пропану. Молекули ізомерних алканів різняться послідовністю сполучення атомів Карбону. Ви знаєте, що таку ізомерію називають структурною.

З'ясуємо, скільки існує ізомерів із формулою C_4H_{10}.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 2
Виготовлення кулестержневих моделей молекул C_4H_{10}

Скориставшись набором для складання моделей молекул, зберіть карбоновий ланцюг, послідовно з'єднавши чотири атоми Карбону під певними кутами.

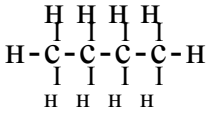
Чи можливий інший варіант сполучення цих атомів? Якщо можливий, реалізуйте його, взявши нові кульки та стержні (палички).

Приєднайте до кожного атома Карбону відповідну кількість атомів Гідрогену.

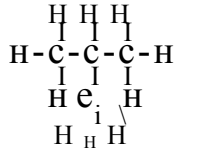
' Дуже рідко використовують назву «парафіни».
[2] Термін походить від грецького слова Ьото1о£оз — подібний.

І Іеревірте на виготовлених моделях молекул, чи можуть різні групи атомів обертатися навколо о-зв'язків.

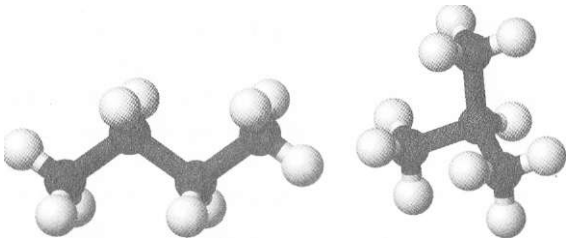
Ви виготовили моделі молекул двох ізомерних алканів C_4H_{10} — з нерозгалуженим і розгалуженим карбоновими ланцюгами (мал. 12). Структурні формули цих молекул та їх скорочені варіанти мають такий вигляд:



$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$



$CH_3-CH-CH_3$
CH_3



Мал. 12. Кулестержневі моделі молекул ізомерних алканів C_4H_{10}

Ізомери різняться не тільки за будовою молекул, а й за властивостями. Так, температура кипіння бутану з нерозгалуженими молекулами становить -0,5 °С, а його ізомеру з розгалуженими молекулами -11,7 °С. Існують відмінності й у хімічних властивостях ізомерів.

Зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах алканів кількість ізомерів зростає. Наприклад, відомі два алкани C_4H_{10}, три алкани C_5H_{12}, п'ять алканів C_6H_{14}, дев'ять алканів C_7H_{16}, а кількість ізомерів із формулою $C_{10}H_{22}$ сягає 75.

Назви. У XX ст. було розроблено систему назв (номенклатуру) органічних сполук. Згідно з нею назви всіх алканів мають суфікс *-ан.*

Для перших чотирьох сполук гомологічного ряду використовують традиційні назви: метан, етан,пропан,бутан.

Основу назв решти алканів становлять іншомовні числівники, які вказують на кількість атомів Карбону в молекулах: C_5H_{12} — пентак, C_6H_{14} — гексан, C_7H_{16} — гептан, C_8H_{18} — октак, C_9H_{20} нонам, $C_{10}H_{22}$ — декан (5 — «пента», 6 — «гекса» і т. д.).

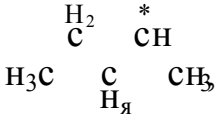
Цікаво знати
О. М. Бутлеров передбачив існування ізобутану й добув його в 1866 р.

Якщо молекула має нерозгалужену («нормальну») будову, то перед назвою алкану часто записують літеру *н* із наступним дефісом. Наприклад, сполуку із формулою $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$ називають н-бутаном. Другий ізомер бутану $CH_3\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_3$ має назву «ізобутан».

При складанні назв ізомерів використовують поняття *замісник.*

Замісник — атом[1] або група атомів, іцо є відгалуженням у карбоновому ланцюзі.

Замісник



Загальне позначення замісника — К.

Якщо замісник утворений з атомів Карбону і Гідрогену, його називають *вуглеводневим залишком.* Формулу цього замісника можна отримати, «вилучивши» атом Гідрогену з формули вуглеводню. Назва замісника походить від назви вуглеводню і має суфікс *-ил (-іл):*

CH_3-	метал
$CH_3\text{-}CH_2$-	*етил*
$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2$-	пропіл

Розглянуті замісники мають загальну назву *алкіли.* їх загальна формула C_nH_{2n+1}-.

У молекулі ізобутану $CH_3\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_3$ замісником є група атомів CH_3-, а молекула

[1] Крім атома Гідрогену.

CH_3—CH—CH—CH—CH_3 містить три замісни-
CH_3 $C_2H_5CH_3$
ки — групу атомів C_2H_5- і дві групи CH_3-.

Існують правила і рекомендації щодо складання систематичних назв алканів із розгалуженим карбоновим ланцюгом у молекулах.

Правила **складання назв алканів розгалуженої будови**

1. У молекулі знаходять найдовший (головний) карбоновий ланцюг і нумерують у ньому атоми Карбону. Нумерацію починають із того кінця ланцюга, до якого ближче перебуває замісник (замісники).
2. Визначають назву кожного замісника.
3. Назви замісників розміщують за алфавітом на початку назви сполуки. Перед назвою кожного замісника через дефіс указують номер атома Карбону, з яким сполучений замісник. Останньою записують назву алкану нерозгалуженої будови (табл. 2), молекула якого містить стільки атомів Карбону, скільки їх у головному ланцюзі.
4. За наявності кількох однакових замісників зазначають їх кількість, додаючи до назви замісника префікс (ди- або ді-, три-, тетра- тощо), а перед ним указують номери відповідних атомів Карбону, розділені комами.

Таблиця 2

Алкани

Назва	Формула	
	хімічна	структурна (скорочена)
Метан	CH_4	с н 4
Етан	C_2H_6	CH3-CH3
Пропан	C_3H_8	CHд—CH2—CHд
к-Бут *ан*	$c_4н_{10}$	CH3—CH2-CI"l2—CH3
н-'Пент *ан*	C_5H_{12}	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2 с н 3
н Гексан	C_6H_{14}	CH_3 CH_2-CH_2-CH_2 с н 2 с н 3
її Гептан	C_7H_{16}	$CH_3^Ш_2$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3
*и*Октак	C_8H_{18}	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2 CH_3
її Нон *ан*	СдН2о	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2 CH_2 -CH_2-CH_2-CH_2 -CH_3
и Декан	Ci 0^22	CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2 CH_2-CH_2-CH_3

Згідно з наведеними правилами систематична назва ізобутану $CH_3-CH(CH_3)-CH_3$ — 2-метилпропан, а вуглеводню, структурна формула молекули якого $CH_3-CH(CH_3)-CH(C_2H_5)-CH(CH_3)-CH_3$, — 3-етил-2,4-диметилпентан.

ВПРАВА 1. Скласти структурні формули молекул ізомерних алканів C_5H_{12} і назвати сполуки.

Розв'язання

З'ясовуємо варіанти сполучення п'яти атомів Карбону. Кількість варіантів дорівнюватиме кількості ізомерних алканів C_5H_{12}.

1. Сполучаємо атоми Карбону в нерозгалужений ланцюг:

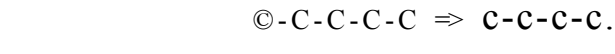
C-C-C-C-C.

Додаємо атоми Гідрогену, пам'ятаючи, що Карбон чотиривалентний:

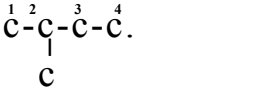
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$.

Назва відповідного алкану — н-пентан.

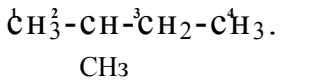
2. Робимо ланцюг розгалуженим, перемістивши перший атом Карбону до третього:



Знаходимо найдовший карбоновий ланцюг. Він утворений чотирма атомами Карбону. Нумеруємо їх з того кінця ланцюга, до якого ближче розміщений замісник:



Дописуємо атоми Гідрогену:



Назва алкану — 2-метилбутан.

3. Формулу ще одного, останнього, ізомеру можна отримати після переміщення обох крайніх атомів Карбону до третього:

Будь-який карбоновий ланцюг у такій молекулі містить три атоми і має два відгалуження біля центрального атома. Нумерація атомів Карбону в цьому разі непотрібна. Дописуємо атоми Гідрогену:

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ CH_3\text{-}C\text{-}CH_3. \\ CH_3 \end{array}$$

Назва сполуки — диметилпропан.

Виконаємо зворотне завдання — складемо формулу сполуки за її назвою.

ВПРАВА 2. Скласти формулу алкану, назва якого — 4-етил-2,2-диметилгептан.

Розв'язання

Записуємо ланцюг із семи атомів Карбону (його має молекула н-гептану) і нумеруємо атоми в ньому:

$$\overset{1}{C}\text{-}\overset{2}{C}\text{-}\overset{3}{C}\text{-}\overset{4}{C}\text{-}\overset{5}{C}\text{-}\overset{6}{C}\text{-}\overset{7}{C}.$$

До четвертого атома Карбону приєднуємо замісник C_2H_5-, а до другого — два замісники CH_3-:

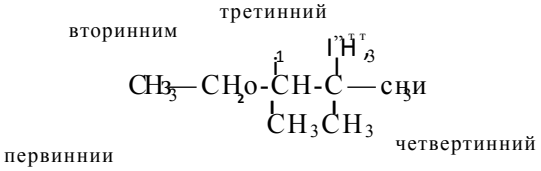
$$\begin{array}{c} CH_3 \\ \overset{1}{C}\text{-}\overset{2}{C}\text{-}\overset{3}{C}\text{-}\overset{4}{C}\text{-}\overset{5}{C}\text{-}\overset{6}{C}\text{-}\overset{7}{C}. \\ CH_3 \quad C_2H_5 \end{array}$$

Дописуємо до атомів Карбону головного ланцюга необхідну кількість атомів Гідрогену й отримуємо формулу алкану:

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ \overset{1}{C}H_3\text{—}\overset{2}{C}\text{—}\overset{3}{C}H_2\text{—}\overset{4}{C}H\text{—}\overset{5}{C}H_2\text{—}\overset{6}{C}H_2\text{—}\overset{7}{C}H_3. \\ CH_3 \quad C_2H_5 \end{array}$$

Атоми Гідрогену можуть заміщуватися атомами галогенів — Г, Cl, Вг, І. Приклади відповідних сполук: йодометан CH_3I, дибромометан CH_2Br_2, 2-хлоропропан $CH_3\text{-}\underset{Cl}{CH}\text{-}CH_3$.

У молекулах алканів атоми Карбону можуть бути з'єднані з різною кількістю інших атомів цього елемента. Якщо атом Карбону сполучений з одним таким самим атомом, його називають *первинним,* якщо із двома — *вторинним,* із трьома — *третинним,* із чотирма — *четвертинним:*



Нерозгалужений карбоновий ланцюг містить лише первинні (на його кінцях) і вторинні атоми Карбону.

ВИСНОВКИ

Насичені вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг, називають алканами. Загальна формула алканів — C_nH_{2n+2}. Атоми Карбону в молекулах алканів перебувають у стані sp^3-гібридизації та сполучені простими ковалентними зв'язками.

Майже для всіх алканів існують структурні ізомери, молекули яких мають різну будову карбонового ланцюга.

Назви алканів містять суфікс *-ан.* Для перших чотирьох сполук гомологічного ряду використовують традиційні назви: метан, етан, пропан, бутан. Основу назв решти алканів становлять іншомовні числівники. Алкани з молекулами розгалуженої будови називають за правилами систематичної номенклатури.

9

32. Серед наведених формул укажіть ті, які належать алканам: CH_4, C_3H_6, C_7H_{16}, C_8H_{18}.

33. Який тип гібридизації орбіталей атомів Карбону реалізується в молекулах алканів — sp^3, sp^2 чи sp?

34. Які алкани не мають ізомерів?

35. Знайдіть відповідність.

Формула молекули	Назва алкану
1) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$;	а) 2,3-диметилпентан;
2) $CH_3-CH-CH-CH-CH_3$; $CH_3\ CH_3\ CH_3$ CHo CHo I I	б) н-гексан; в) 2,3,4-триметилпентан; г) 2,2-диметилпентан.
3) $CH_3-C-CH_2-CH_2$, CHз	
4) $CH_3-CH-CH-CH_3$; I I CHo CHo " I CH_3	

36. Складіть структурні формули молекул алканів, що мають такі назви:
    а) 3-метилгексан;
    б) 3,4-діетилгептан;
    в) 3-етил-2-метилгептан.

37. Зобразіть структурні формули молекул усіх ізомерних алканів C_6H_{14} і назвіть сполуки.

38. Складіть структурні формули молекул ізомерів C_8H_{18}, у яких головний карбоновий ланцюг містить шість атомів Карбону.

39. Які вуглеводні є ізомерами: 3-етил-2-метилпентан; 2,2,3-триметилпентан; 3,3-діетилпентан?

40. Обчисліть густину бутану (за н. у.) і його відносну густину за воднем.

6 Властивості алканів

Матеріал параграфа допоможе вам:

з'ясувати властивості алканів;
дізнатися про механізм реакції заміщення.

Фізичні властивості. Алкани з невеликою кількістю атомів Карбону в молекулах за звичайних умов[1] є газами. Це — метан, етан, пропан, бутан, ізобутан і диметилпропан. Алкани з молекулами нерозгалуженої будови, що містять від 5 до 16 атомів Карбону, — рідини, решта — тверді речовини. Сумішшю твердих алканів C_nH_{2n+2} ($n > 18$) є парафін.

Алкани — безбарвні, а у твердому стані — білі речовини. Запах мають лише рідкі алкани; його називають «бензиновим».

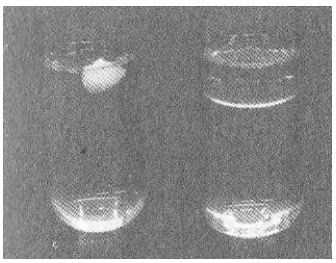
Температури плавлення і кипіння алканів зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах зростають. Так, метан CH_4 плавиться і закипає (за нормального тиску) за температур -182,5 і -161,6 °С, *н*-бутан C_4H_{10} — за -138,3 і -0,5 °С, а к-октан C_8H_{18} — за -56,8 і 4 125,7 °С.

Залежність температур кипіння алканів від їх молекулярної маси пояснюють так. Чим важча молекула, тим більшу енергію їй потрібно надати (тобто речовину нагріти до вищої температури), щоб частинка залишила рідину (речовина при цьому переходить у газоподібний стан).

Алкан із нерозгалуженим карбоновим ланцюгом у молекулі має, як правило, трохи більшу густину у твердому й рідкому станах, ніж його ізомери із розгалуженими молекулами. Наприклад, густина рідкого н-пентану за температури 0 °С становить 0,626 г/см^3, а 2-метилбутану — 0,620 г/см^3. Це зумовлено тим, що нерозгалужені молекули компактніше розміщуються у твердих речовинах і рідинах, ніж розгалужені.

Алкани легші за воду. Оскільки молекули алканів практично неполярні, ці сполуки добре розчиняються в багатьох органічних розчинниках, але нерозчинні у воді (мал. 13).

[1] Звичайними умовами вважають температуру +20 °С і тиск 760 мм рт. ст.



Мал. 13. Парафін і гексан не розчиняються У воді

Хімічні властивості. Усі алкани є хімічно пасивними сполуками. За певних умов вони вступають у реакції заміщення, розкладаються при нагріванні. Алкани — горючі речовини.

Реакції з галогенами. Взаємодію органічної сполуки з галогеном називають реакцією *галогенування.* Із фтором алкани реагують з вибухом; при цьому зв'язки С-С розриваються й утворюються карбон фторид CF_4 і гідроген фторид ІІК. Хлорування і бромування алканів відбуваються при освітленні або за підвищеної температури (250—400 °С), а з йодом вони не взаємодіють.

Під час реакції метану із хлором, з якою ви ознайомилися в 9 класі, відбуваються послідовне заміщення атомів Гідрогену в молекулі вуглеводню на атоми Хлору. Спочатку утворюється хлорометан:

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{І, у або і}} CH_3Cl + \text{неї}.$$

Потім на атом Хлору заміщується другий атом Гідрогену молекули метану, третій і, нарешті, четвертий[1].

Напишіть хімічні рівняння відповідних перетворень.

Хлорування метану часто ілюструють такою схемою:

CH_4	CH_3Cl	CH_2Cl_2	$CHCl_3$	CCl_4.
метан	хлорометан	дихлоро-метан	трихлоро-метан	тетрахлоро-метан

Добути взаємодією метану із хлором лише одну зі сполук (хлорометан, дихлорометан або трихлорометан) не вдається; у реакційній суміші завжди наявні кілька хлоропохідних метану.

[1] Перший атом Гідрогену заміщується важче наступних, оскільки молекула метану симетрична; у ній рівномірно розподілена електронна густина.

• Напишіть рівняння реакції, в якій взаємодіють однакові кількості речовини етану і хлору.

При хлоруванні пропану спочатку утворюється суміш сполук із такими формулами:

OH) - CH_2 — CHX'1 CH) - CH—CH_3.
CI

1-хлоропропан 2-хлоронропан

У цій суміші 2-хлоропропану міститься трохи більше, ніж 1-хлоропропану. Атом Гідрогену, сполучений із вторинним атомом Карбону, заміщується легше, ніж той, що сполучений із первинним атомом Карбону. Це саме стосується й інших алканів[1]. Зауважимо, що найлегше відбувається заміщення атома Гідрогену біля третинного атома Карбону.

Цікаво знати
Повністю замістити атоми Гідрогену на атоми Хлору можна в молекулах не лише метану, а й етану і пропану.

Механізм реакції хлорування. Під механізмом хімічної реакції розуміють певну послідовність перетворень частинок реагентів. У механізмі реакції метану із хлором виокремлюють три стадії.

1-ша стадія. Під дією світла або при нагріванні молекули хлору розпадаються на атоми:

CI : CI > Cl- + -Cl

Атом Хлору через наявність у нього неспареного електрона виявляє значно більшу хімічну активність, ніж молекула Cl_2.

2-га стадія. Атом Хлору, наблизившись до молекули метану CH_4, спричиняє розрив одного зі зв'язків С і І і сполучається з атомом Гідрогену. Утворюються молекула HC1 і частинка із формулою -CH,:

H H
H : C : H + CI- -» H : C- + H :Cl
H H

[1] Найменшу хімічну активність у реакціях заміщення виявляє метан.

Частинку, що має неспарений електрон і здатна до самостійного існування, називають *радикалом*[1].

Метильний радикал $-CH_3$ взаємодіє з наступною молекулою хлору:

$$H:\underset{H}{\overset{H}{C}}\bullet + Cl:Cl \rightarrow H:\underset{H}{\overset{H}{C}}:Cl + \cdot Cl$$

Атом Хлору заміщує атом Гідрогену в наступній молекулі CH_4 або молекулі CH_3Cl. Нові радикали, що утворюються при цьому, миттєво реагують з іншими молекулами, наявними в суміші.

3-тя стадія. Реакція може припинитися в разі повного витрачання однієї з вихідних речовин або попарного сполучення усіх радикалів. Приклад такого сполучення:

$$\bullet CH_3 + Cl\cdot \rightarrow CH_3Cl.$$

Реакцію, **в якій виникнення активної частинки (радикала) спричиняє велику кількість послідовних перетворень частинок вихідної речовини, називають *ланцюговою.***

Оскільки під час хлорування алканів утворюються і беруть участь у взаємодії радикали, механізм цієї реакції називають *радикально-ланцюговим.* Стадії реакції отримали такі назви: перша — *зародження ланцюга,* друга — *зростання ланцюга,* третя — *обривання, ланцюга.*

Реакції окиснення. Алкани при підпалюванні горять з утворенням вуглекислого газу і водяної пари; при цьому виділяється велика кількість теплоти:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O; \quad \Delta H = -803 \text{ кДж}.$$

Якщо повітря не вистачає, то серед продуктів реакції з'являються чадний газ і вуглець.

[1] Радикали існують дуже короткий час, оскільки є надзвичайно активними частинками.

• Напишіть рівняння реакцій горіння етану в надлишку кисню та за його нестачі.

Механізм реакції окиснення алкану нагадує механізм взаємодії метану із хлором. Він пов'язаний з утворенням радикалів унаслідок розриву зв'язків С-С і С-Н за високої температури.

Суміші метану та інших газуватих алканів (а також пари рідких алканів) із повітрям є вибухонебезпечними. Тому, користуючись у побуті природним газом і пальним, слід бути дуже обережним. Вибух може статися вже за об'ємної частки метану в повітрі 5 %.

За певних умов алкани взаємодіють із киснем, перетворюючись на оксигеновмісні органічні сполуки. У промисловості окисненням бутану добувають оцтову кислоту.

Алкани не реагують із такими окисниками, як калій перманганат, гідроген пероксид.

Термічний розклад. При сильному нагріванні за відсутності повітря (кисню) алкани розкладаються. Під час таких реакцій утворюються насичені й ненасичені вуглеводні, а також водень:

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \rightarrow CH_3\text{-}CH_3 + H_2C{=}CH_2;$$

$$2CH_4 \xrightarrow{1500\ ^\circ C} HC{\equiv}CH + 3H_2.$$

Ізомеризація. За певних умов алкани нерозгалуженої будови перетворюються на ізомери із розгалуженим карбоновим ланцюгом:

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \xrightarrow{\wedge\wedge} CH_3\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_3.$$

к-бутан ізобутан

Реакції, під час яких утворюються ізомери вихідних сполук унаслідок перегрупування атомів у молекулах[1], називають *реакціями ізомеризації.*

[1] Або переміщення в них кратних зв'язків.

ВИСНОВКИ

Найпростіші алкани за звичайних умов є газами, інші — рідинами або твердими речовинами. Вони розчиняються в органічних розчинниках і нерозчинні у воді. Рідкі алкани мають характерний запах. Температури плавлення і кипіння алканів зі збільшенням молекулярної маси сполук зростають.

Усі алкани хімічно пасивні. За певних умов вони вступають у реакції заміщення, а під час нагрівання розкладаються. Алкани — горючі речовини.

Реакції хлорування алканів відбуваються за радикально-ланцюговим механізмом.

9 и

41. Чи впливають склад і будова молекул алканів на їхні фізичні властивості? Відповідь обґрунтуйте.
42. Напишіть рівняння всіх стадій бромування метану.
43. Що таке радикал? Складіть електронну формулу етильного радикала. Чи можна вважати радикалом атом Хлору?
44. Допишіть схеми реакцій і складіть хімічні рівняння:

а)... + $11O_2$ $7CO_2$ + ...H_2O; б) C_4H_{10} 4 CH_4 + ...;

C_3H_8 + Br_2 ... (перша стадія); C_4H_{10} 4 C_2H_6 + ...

45. Який об'єм повітря (н. у.) потрібний для спалювання 10 л октану, густина якого становить 0,7 г/см^3? Прийміть об'ємну частку кисню в повітрі за 20 %.
46. У результаті неповного розкладу метану на ацетилен і водень зафіксовано збільшення загального об'єму газів в 1,4 раза. Обчисліть відносний вихід ацетилену.
47. У балоні міститься 20 кг суміші пропану і н-бутану. Масова частка пропану в суміші становить 22 %. Яка кількість теплоти виділиться при повному згорянні цієї суміші? Термохімічні рівняння реакцій горіння пропану і н-бутану:

$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$; ΔH = -2200 кДж;

$2C_4H_{10} + 13O_2 = 8CO_2 + 10H_2O$; ΔH = -5760 кДж.

Циклоалкани

Матеріал параграфа допоможе вам:

з'ясувати склад і будову молекул циклоалканів;
складати формули і назви циклоалканів;
дізнатися про ізомерію циклоалканів;
отримати відомості про властивості циклоалканів.

Склад молекул. Насичені вуглеводні можуть мати в молекулах не тільки відкриті карбонові ланцюги, а й замкнені. Якщо із молекули алкану вилучити по одному атому Гідрогену від двох несусідніх атомів Карбону і з'єднати останні простим зв'язком, то отримаємо молекулу із замкненим карбоновим ланцюгом, або циклом.

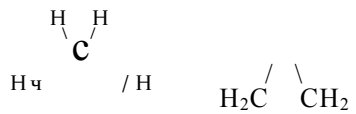
Насичені вуглеводні, молекули яких мають циклічну будову, називають *циклоалкани ми.*

Циклоалкани

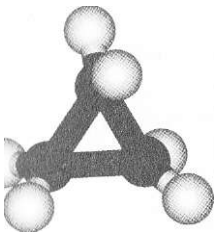
C_nH_{2n}

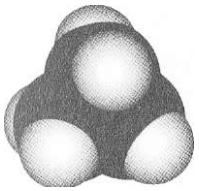
У молекулі циклоалкану міститься на два атоми Гідрогену менше, ніж у молекулі алкану з такою самою кількістю атомів Карбону. Тому загальна формула циклоалканів — C_nH_{2n} (n = 3, 4, ...).

Структурні формули молекул циклоалканів записують по-різному: позначають рисками зв'язки між усіма атомами або тільки між атомами Карбону чи зображають цикл у вигляді багатокутника без позначень атомів. Наводимо повну та спрощені структурні формули молекули циклоалкану C_3H_6:



• Зобразіть аналогічні варіанти структурної формули циклічної молекули C_4H_8.





б

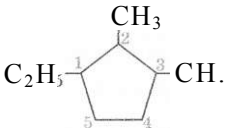
Мал. 14.
Моделі молекули циклопропану:
а — кулестержнева;
б — масштабна

Назви. Назва циклоалкану складається із назви алкану з такою самою кількістю атомів Карбону в молекулі і префікса *цикло-*. Наприклад, сполука із циклічною молекулою C_3H_6 має назву *циклопропан* (мал. 14), а C_4H_8 — *циклобутан.*

Якщо в молекулі циклоалкану є один замісник, то його назву вказують на початку назви сполуки:

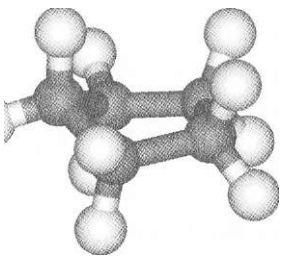
метилциклопропан

У разі наявності кількох замісників зазначають їх положення і назви. При цьому атоми Карбону в циклі нумерують так, щоб цифри у замісників, розміщених за алфавітом, були найменшими:



1-етил-2,3-диметилциклопентан

Будова молекул. У циклоалканах, як і в алканах, орбіталі атомів Карбону перебувають у стані «//-гібридизації. Внаслідок цього кути між прямими, що з'єднують центри сусідніх атомів, мали б становити 109° 28'. Проте в молекулах циклопропану C_3H_6 і циклобутану C_4H_8 внутрішні кути в карбонових циклах менші. Це зумовлює «напруження» в циклах, їх нестійкість і підвищену реакційну здатність сполук.



Мал. 15.
Кулестержнева модель молекули циклопентану

Карбонові цикли в молекулах циклоалканів не є плоскими (крім, зрозуміло, циклопропану). Наприклад, форма п'ятичленного циклу нагадує відкритий конверт (мал. 15). Кожний внутрішній кут у цьому та більших циклах становить 109° 28'.

Молекули майже всіх циклоалканів перебувають у різних конформаціях. Звернемо увагу на дві конформації молекули циклогексану C_6H_{12}. Назва однієї з них — «крісло» (а), іншої — «ванна» (б):

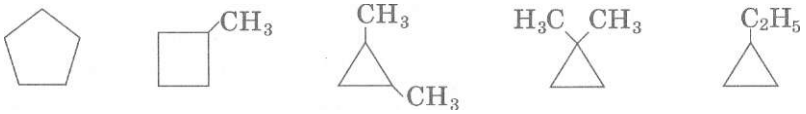
а *б*

Молекула в конформації «крісло» має найменшу енергію.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 3
Конформації молекули циклогексану

Використовуючи набір для складання моделей молекул, виготовте кулестержневу модель карбонового циклу молекули циклогексану в конформації «крісло». Спробуйте вигнути її так, щоб утворилася конформація «ванна».

Ізомерія. Циклоалкани мають більше ізомерів, ніж відповідні алкани. Підтвердимо це структурними формулами молекул ізомерів складу C_5H_{10}:



а	*б*	*в*	*г*	*ґ*
циклопентан	метилциклобутан	1,2-диметилциклопропан	1,1-диметилциклопропан	етилциклопропан

Як бачимо, *структурні ізомери* циклоалкану можуть різнитися:

® розміром циклу *(а, б, в);*

- складом і кількістю замісників *(г, ґ);*
- положенням замісників у циклі *(в, г).*

Для циклоалканів існує ще й *просторова ізомерія.* Один із її видів — *геометрична,* або *цис-транс*-ізомерія. Вона зумовлена можли-

вістю неоднакового розміщення щодо поверхні циклу двох замісників біля різних атомів Карбону. Геометричні ізомери має 1,2-диметилциклопропан. У молекулі *цис*-ізомеру групи атомів CH_3 перебувають по один бік від поверхні циклу, а в молекулі *транс*-ізомеру[1] — по різні боки (замісники максимально віддалені один від одного):

ццс-1,2-диметилцикло-пропан

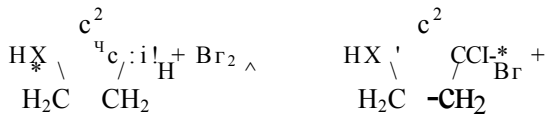
транс-1,2-диметилцикло-пропан

Фізичні властивості. Циклопропан і циклобутан за звичайних умов є газами, інші циклоалкани — рідини або тверді речовини. Зі збільшенням молекулярної маси сполук їхні температури плавлення і кипіння зростають. Циклоалкани, як і алкани, нерозчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках.

Хімічні властивості. За хімічними властивостями циклоалкани подібні до алканів. Для них характерні реакції горіння і заміщення.

І! Напишіть рівняння реакції горіння циклопропану.

Реакції заміщення, в яких беруть участь галогени, відбуваються при освітленні. Бромування циклопентану починається згідно з таким рівнянням:



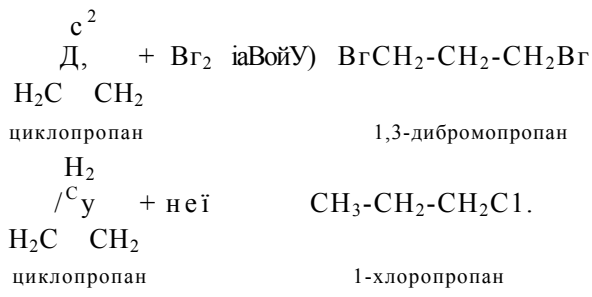
циклопентан

бромоциклопентан

[1] Префікси походять від латинських сів — по цей бік, "Ьгапз — крізь, через.

Із водним розчином брому циклоалкани, як і алкани, не взаємодіють.

Циклопропан і циклобутан через напруженість карбонових циклів у їхніх молекулах сполучаються з воднем, галогенами, галогеноводнями. При цьому цикли розкриваються й утворюються відповідні алкани чи галогенопохідні алканів:



$$\begin{matrix} c^2 \\ Д, \\ H_2C \quad CH_2 \end{matrix} + Вг_2 \text{ іаВойУ) } ВгCH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2Вг;$$

циклопропан 1,3-дибромопропан

$$\begin{matrix} H_2 \\ /^{C}у \\ H_2C \quad CH_2 \end{matrix} + неї \quad CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2C1.$$

циклопропан 1-хлоропропан

ВИСНОВКИ

Насичені вуглеводні, молекули яких мають циклічну будову, називають циклоалканами. їх загальна формула — С„H_2„. Орбіталі атомів Карбону в молекулах циклоалканів перебувають у стані «//'-гібридизації.

Назва циклоалкану складається із назви алкану з такою самою кількістю атомів Карбону в молекулі і префікса *цикло-*.

Для циклоалканів існують як структурні ізомери, так і просторові.

Циклопропан і циклобутан — гази, інші циклоалкани — рідини або тверді речовини.

За хімічними властивостями циклоалкани подібні до алканів. Для них характерні реакції горіння і заміщення.

О
»

48. Які вуглеводні називають циклоалканами?
49. Які види ізомерії існують для циклоалканів?

')(). Знайдіть відповідність.

Формула молекули	Назва сполуки
1) CH_2 $H_2C—CH-C_2H_5$ п,	а) 1,3-диметилциклопентан; б) метил циклобутан; в) етилциклопропан.
2) CH_3-HC — $CH-CH_3$ \ / H_2C CH_2	
3) $HoC—CH_9$ I I $H_2C—CH-CH_3$	

'>1. Зобразіть структурні формули молекул циклоалканів C_6H_{12}, які містять цикли із чотирьох атомів Карбону. Назвіть сполуки.

52. Допишіть схеми реакцій:

CH_3

а) / \ + 0 $_2$ - > . . . б) I + Cl_2 -» ...

')3. Складіть рівняння реакції циклогексану із хлором:

а) якщо кількості речовини реагентів однакові;

б) якщо одним із продуктів є гексахлоран $C_6H_6Cl_6$.

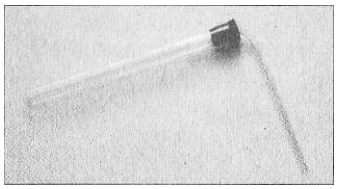
54. Який об'єм повітря (н. у.) необхідний для повного згоряння 100 мл циклогептану (рідина із густиною 0,81 г/см^3)? Прийміть об'ємну частку кисню в повітрі за 20 %.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1
Виявлення Карбону, Гідрогену і Хлору в органічних речовинах

ДОСЛІД 1
Виявлення Карбону і Гідрогену в органічній речовині

Зберіть прилад для добування газу (мал. 16) і перевірте його на герметичність.

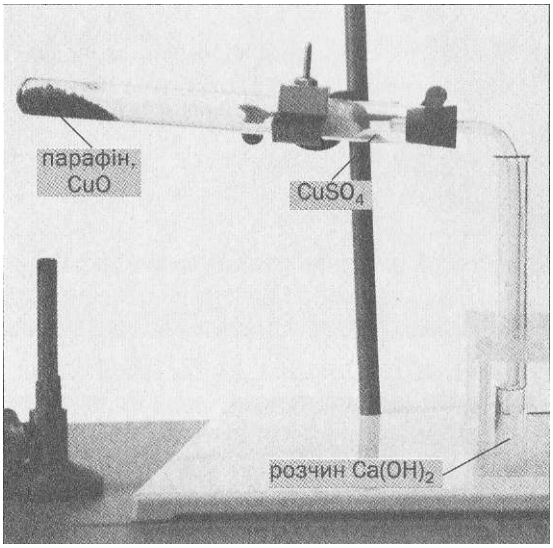
У суху пробірку помістіть приблизно 0,2—0,5 г парафіну (його можна замінити розтертим цукром або крохмалем) і 1—2 г купрум(II) оксиду. Перемішайте речовини.



Мал. 16.
Прилад для добування газу

Закріпіть пробірку горизонтально у штативі. Вставте у пробірку ближче до її отвору невеликий жмут вати. Потім за допомогою маленького шпателя помістіть невелику кількість безводного купрум(II) сульфату на внутрішню поверхню пробірки. Закрийте пробірку пробкою із газовідвідною трубкою.

В іншу пробірку (або склянку) налийте 3—5 мл вапняної води (пробірку поставте у штатив) і занурте газовідвідну трубку в рідину (мал. 17).



Мал. 17.
Прилад для виявлення Карбону і Гідрогену в органічних речовинах

Запаліть спиртівку, обережно прогрійте всю пробірку і нагрівайте суміш. Спостерігайте за нею, купрум(II) сульфатом і вапняною водою.

Після помутніння вапняної води вийміть із неї газовідвідну трубку, *не припиняючи нагрівати суміш* (інакше рідина по трубці потрапить до гарячої пробірки, і вона трісне). Як тільки помітите зміни у пробірці, припиніть нагрівання.

Запишіть у наведену далі таблицю спостереження, пояснення, висновки, рівняння реакцій, а також відповіді на такі запитання:

1. Як змінилося забарвлення безводного купрум(II) сульфату? Яка сполука утворилася? Про що це свідчить?

2. Що відбулося у пробірці з вапняною водою? Який газ прореагував із розчиненою речовиною?

3. Який колір з'явився в реакційній суміші? На утворення я кої речовини він указує?

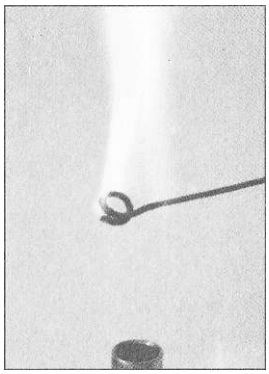
4. Які елементи виявлено в органічній речовині, взятій для досліду? До молекул яких сполук перейшли атоми цих елементів у результаті хімічних реакцій?

Спостереження	Пояснення і висновки
1. ...	
Рівняння реакцій: а) окиснення парафіну* C_nH_{2n+2} + ...СпО Л ..,$C0_2$ + ...Си + ...H_20; С...Н... + ...СиО Л ... або іншої органічної сполуки	
б) взаємодія одного із продуктів окиснення органічної сполуки з купрум(II) сульфатом	
в) взаємодія іншого продукту окиснення органічної сполуки з кальцій гідроксидом	

* У другому хімічному рівнянні можна записати формулу одного із вуглеводнів, складових парафіну (наприклад, $C_{20}H_{42}$).

ДОСЛІД 2

Виявлення Хлору в органічній речовині



Мал. 18.
Виявлення Хлору
в органічній сполуці

У пробірку налийте 0,5 мл рідкої хлороорганічної сполуки — трихлорометану (тривіальна назва — хлороформ) або 1,2-дихлороетану. (Під час оформлення роботи запишіть їхні формули.) *Склянку з дихлороетаном тримайте подалі від вогню\ бо речовина є легкозаймистою.*

Візьміть мідну дротину завдовжки 15—20 см. Один її бік скрутіть у спіраль і нагрівайте в полум'ї спиртівки до зникнення його забарвлення.

' Хлороформ не займається на повітрі та не утворює з ним вибухових сумішей.

Чи змінився колір дротини? Чому?

Після охолодження дротини до кімнатної температури занурте її частину в хлороорганічну сполуку і знову внесіть у полум'я. Спостерігайте появу зеленого забарвлення (мал. 18). Його спричиняють леткі сполуки Купруму із Хлором — купрум(II) хлорид і купрум(I) хлорид[1].

9
я

55. Учень, виконуючи дослід 1, вчасно не вийняв газовідвідної трубки із вапняної води і помітив, що каламуть у ній поступово зникла і рідина стала прозорою. Дайте необхідне пояснення.
56. Висловте вашу думку щодо можливості виявлення Хлору в трихлорометані за допомогою водного розчину аргентум нітрату та аргументуйте її.

Розв'язування задач на виведення формул органічних сполук

Матеріал параграфа допоможе вам вивести формулу сполуки:

за її відносною молекулярною або молярною масою і відомим типом сполуки;

за масовими частками елементів у сполуці та її густиною в газоподібному стані або відносною густиною;

за об'ємами газів або масами речовин у хімічній реакції за участю сполуки.

[1] Таким способом в органічній сполуці можна виявити Бром і Йод.

У параграфі розглянуто задачі на виведення формул вуглеводнів. Способи їх розв'язання можна застосовувати для інших сполук — як органічних, так і неорганічних. Розв'язувати задачі необов'язково так, як запропоновано в підручнику. Ви можете обрати для цього власний шлях.

Перші дві задачі є досить простими і ґрунтуються на знаннях і вміннях, здобутих вами раніше.

ЗАДАЧА 1. Знайти формулу алкану, молярна маса якого становить 44 г/моль.

Дано:

M(C_nH_{2n+2}) = 44 г/моль

C_nH_{2n+2}

Розв'язання

1. Виведемо загальний вираз для молярної маси алкану, використавши молярні маси Карбону і Гідрогену:

$$M(C_nH_{2n+2}) = n \cdot M(C) + (2n + 2) \cdot M(H) = 12n + 2n + 2 = 14n + 2.$$

2. Знаходимо формулу вуглеводню:

$$14n + 2 = 44; \quad n = 3.$$

Формула алкану — C_3H_8.

Відповідь: формула алкану — C_3H_8.

ЗАДАЧА 2. Вивести формулу вуглеводню, в якому масова частка Гідрогену становить 18,2 %.

Дано:

$\omega(H)$ = 18,2 %

C_xH_y

Розв'язання

1. Обчислюємо масову частку Карбону в сполуці:

$$\omega(C) = 100\ \% - \omega(H) = 100\ \% - 18{,}2\ \% = 81{,}8\ \%.$$

2. Розраховуємо відношення значень індексів у формулі вуглеводню (або відношення кількостей речовини елементів).

Нехай маса вуглеводню становить 100 г. Тоді маса Карбону в сполуці дорівнює 81,8 г, а Гідрогену — 18,2 г.

$$x : y = n(C) : n(H) = \frac{m(C)}{M(C)} : \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{81{,}8}{12} : 18{,}2$$

6,82 : 18,2.

Знаходимо формулу сполуки.

Індекси в хімічній формулі мають бути цілими числами, часто — найменшими з усіх можливих. Зваживши на це, спочатку ділимо обидва числа в добутому співвідношенні на найменше:

$$x : y = \frac{6,82}{6,82} : \frac{18,2}{6,82} = 1 : 2,67.$$

Тепер, щоб отримати цілі числа, помножимо знайдені на 3:

$$x : y = (1 \cdot 3) : (2,67 \cdot 3) = 3 : 8,01 \approx 3 : 8.$$

(Доведіть, що множники 2 і 4 є неприйнятними.)

Відповідь: **формула вуглеводню C_3H_8.**

Знаючи масові частки елементів у сполуці, можна знайти її *найпростішу* хімічну формулу, в якій індекси є найменшими з усіх можливих. Однак не всі сполуки мають такі формули. Наприклад, для етану найпростіша формула — CH_3, а справжня, або *істинна,* — C_2H_6. Тому в умовах задач часто вказують молярну масу сполуки, її густину (у газуватому стані) або відносну густину за іншим газом.

ЗАДАЧА 3. Знайти формулу насиченого вуглеводню, якщо масова частка Карбону в ньому становить 85,7 %, а густина сполуки за нормальних умов — 2,5 г/л.

Дано:

$\omega_{(C_xH_y)}$ = 85,7 %

$\rho_{(C_xH_y)}$ = 2,5 г/л

н. у.

C_xH_y - ?

Розв'язання

1-й спосіб

1. Обчислюємо масову частку Гідрогену в сполуці:

$$\omega(H) = 100 - \omega(C) = 100\ \% - 85,7\ \% = 14,3\ \%.$$

2. Розраховуємо співвідношення індексів у формулі вуглеводню (або кількостей речовини елементів у сполуці).

У кожних 100 г сполуки міститься 85,7 г Карбону і 14,3 г Гідрогену.

$$x : y = \nu(C) : \nu(H) = \frac{\omega(C)}{M(C)} : \frac{\omega(H)}{M(H)} = \frac{85,7}{12} : \frac{14,3}{1} = 7,14 : 14,3 \approx 1 : 2.$$

Вуглеводню із формулою CH_2 не існує. Отримана формула є найпростішою, але не істинною.

3. Знаходимо істинну формулу сполуки. Вона кратна найпростішій: $(CH_2)_2$.

Спочатку обчислюємо молярну масу вуглеводню, виходячи з його густини:

$$M = \rho \cdot V_м;$$

$$M(C_xH_y) = M[(CH_2)_г] = 2{,}5 \text{ г/л} \cdot 22{,}4 \text{ л/моль} = 56 \text{ г/моль}.$$

Звідси $z = \frac{M[(CH_2)_y}{M(CH_2)} = \frac{56}{14} = 4.$

Істинна формула сполуки -— $(CH_2)_4$, або C_4H_8.

2-й спосіб

1. Обчислюємо молярну масу вуглеводню:

$$M = \rho \cdot V_м;$$

$$M(C_xH_y) = 2{,}5 \text{ г/л} \cdot 22{,}4 \text{ л/моль} = 56 \text{ г/моль}.$$

2. Розраховуємо масу Карбону в 1 моль вуглеводню за масовою часткою елемента:

$$m_п(C) = 56 \text{ г} \cdot 0{,}857 = 48 \text{ г}.$$

3. Знаходимо кількість речовини Карбону в 1 моль вуглеводню:

$$\nu(C) = \frac{m(C)}{M(C)} = \frac{48}{12} = 4 \text{ (моль)}.$$

4. Обчислюємо масу і кількість речовини Гідрогену в 1 моль вуглеводню:

$$m(H) = 56 \text{ г} - 48 \text{ г} = 8 \text{ г};$$

$$\nu(H) = \frac{m_п(H)}{M(H)} = 8 \text{ (моль)}.$$

Формула вуглеводню — C_4H_8.

Відповідь: **формула насиченого вуглеводню — C_4H_8. (Таку формулу мають циклобутан і метилциклопропан.)**

Цікаво знати

Для йудь-якого циклоалкану $\omega(C) = 0{,}857$; $\omega(H) = 0{,}143$.

Формулу сполуки, зокрема вуглеводню, можна вивести, не лише скориставшись результатами її хімічного аналізу, а й за масою або об'ємом сполуки, що вступає в хімічну реакцію, і відповідними масами або об'ємами продуктів реакції. Для цього певну

порцію органічної речовини спалюють у спеціальному приладі в надлишку кисню і визначають маси або об'єми продуктів згоряння — вуглекислого газу, води, азоту тощо.

ЗАДАЧА 4. Знайти формулу газуватого вуглеводню, якщо при повному згорянні 50 мл цієї сполуки утворюються 150 мл вуглекислого газу і 200 мл водяної пари (об'єми відповідають однаковим умовам).

Дано:

$V(C_xH_y)$ = 50 мл
$V(CO_2)$ = 150 мл
$V(H_2O$, пара) = 200 мл

Знайти: C_xH_y

Розв'язання

1. Складаємо рівняння реакції в загальному вигляді:

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right)O_2 \rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O.$$

Згідно з рівнянням із 1 моль C_xH_y утворюються x моль CO_2 та $y/2$ моль H_2O.

2. За законом об'ємних співвідношень газів знаходимо відношення кількостей речовини вуглеводню, вуглекислого газу і водяної пари (кількість речовини газу пропорційна його об'єму за незмінності зовнішніх умов):

$$\nu(C_xH_y) : \nu(CO_2) : \nu(H_2O, \text{пара}) = V(C_xH_y) : V(CO_2) : V(H_2O, \text{пара}) = 50 : 150 : 200 = 1 : 3 : 4.$$

3. Знаходимо формулу вуглеводню.
Коефіцієнти у хімічному рівнянні пропорційні кількостям речовини реагентів і продуктів:

$$1 : x : y/2 = 1:3:4.$$

Звідси $x = 3$; $y = 8$.
Формула вуглеводню — C_3H_8.

Відповідь: **формула вуглеводню — C_3H_8.**

ЗАДАЧА 5. Знайти формулу вуглеводню, якщо при повному згорянні певної його маси утворюються 22 г вуглекислого газу і 11,25 г води. Відносна густина вуглеводню за воднем становить 29.

Дано:

C_xH_y
$m(CO_2)$ = 22 г

Розв'язання

1. При повному згорянні вуглеводню всі атоми Карбону «переходять» у молекули

т(H_2O) = 11,25 г

$D_{повітря}(C_xH_y) = 29$

вуглекислого газу, а Гідрогену — у молекули води.

Обчислюємо кількості речовини Карбону і Гідрогену в продуктах згоряння, а отже, й у вуглеводні:

$$n(C) = n(CO_2) = \frac{m(CO_2)}{M(CO_2)} = \frac{22}{44} = 0,5 \text{ (моль)};$$

$$n(H) = 2n(H_2O) = 2\frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = 2\frac{11,25}{18} = 1,25 \text{ (моль)}.$$

2. Знаходимо найпростішу формулу вуглеводню:

$$x : y = n(C) : n(H) = 0,5 : 1,25 = \frac{0,5}{0,5} : \frac{1,25}{0,5} = 1 : 2,5.$$

Помноживши кожне число знайденого співвідношення на 2, отримуємо цілі індекси *x* та *y:*

$$x: y = (1 \cdot 2): (2,5 \cdot 2) = 2: 5.$$

Вуглеводню C_2H_5 не існує. Істинна формула сполуки кратна найпростішій: $(C_2H_5)_2$.

3. Виводимо істинну формулу сполуки. Для цього обчислюємо молярну масу вуглеводню:

$$M[(C_2H_5)_2] = D_{повітря}[(C_2H_5)_2] \cdot M(H_2) = 29 \cdot 2 = 58 \text{ (г/моль)}.$$

Звідси $\frac{M[(C_2H_5)_2]}{M(C_2H_5)} = \frac{58}{29} = 2$

Істинна формула сполуки — $(C_2H_5)_2$, або C_4H_{10}.

Відповідь: **формула вуглеводню — C_4H_{10}.**

ВИСНОВКИ

Формулу вуглеводню певного типу можна вивести за його відносною молекулярною масою або молярною масою.

За масовими частками елементів у сполуці визначають її найпростішу хімічну формулу, а

істинну формулу встановлюють, додатково використовуючи молярну масу сполуки, її густину в газуватому стані чи відносну густину.

Знайти формулу сполуки можна також за об'ємами газів в реакції, яка відбувається за участю сполуки (у газуватому стані), або за масами всіх учасників хімічного перетворення.

9

57. Що таке найпростіша формула, істинна формула? Наведіть приклад вуглеводню, для якого ці формули: а) різні; б) однакові.

58. За результатами хімічного аналізу вуглеводню хімік отримав формулу CH_3. Яка істинна формула цієї сполуки? Як назвати виведену формулу CH_3?

59. Молярна маса циклоалкану становить 70 г/моль. Знайдіть формулу сполуки. (Усно.)

60. Виконайте необхідні розрахунки і заповніть таблицю:

£	*ME)* у %, або *m(E)* у 100 г сполуки,г	*ЩЕ),* г/моль	*m(E)* М(£)' або *n(E),* моль	п(С):п(Н)	Множник	Індекси у формулі	Найпростіша формула
С	83,7				3		
Н							

Чи існує сполука із виведеною вами найпростішою формулою? Якщо ні, то яка її істинна формула?

61. Складіть структурну формулу сполуки, якщо її відносна молекулярна маса становить 48, а молекула містить атом Карбону, атом елемента VI групи, а також атоми Гідрогену.

62. Яка формула вуглеводню, якщо масова частка Карбону в ньому 84 %?

63. Виведіть формулу насиченого вуглеводню, якщо масова частка Гідрогену в ньому становить 14,3 %, а відносна густина сполуки за повітрям — 1,45.

64. Знайдіть формулу вуглеводню, в якому співвідношення мас Карбону і Гідрогену становить: а) 3 : 1; б) 4 : 1. (Усно.)

65. При повному згорянні 0,1 моль вуглеводню утворилося 0,4 моль вуглекислого газу і 0,5 моль води. Виведіть формулу вуглеводню. (Усно.)

66. При повному згорянні 10 мл газуватого насиченого вуглеводню утворилося по 30 мл вуглекислого газу і водяної пари (об'єми відповідають однаковим умовам). Знайдіть формулу вуглеводню. (Усно.)

67. Із суміші продуктів реакції бромування насиченого вуглеводню було виділено сполуку, в якій масові частки Карбону, Гідрогену і Брому становили 0,13; 0,02 і 0,85 відповідно. Виведіть формули цієї сполуки і вуглеводню.

Ненасичені вуглеводні

Крім насичених вуглеводнів, існують ненасичені.

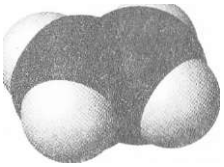
Вуглеводні, в молекулах яких атоми: Карбону сполучені не лише простими, а й одним або кількома кратними зв'язками, називають *ненасиченими.*

Алкени

Матеріал параграфа допоможе вам:

дізнатися про склад і будову молекул алкенів;
отримати відомості про ізомерію алкенів;
складати формули ізомерів алкенів і називати їх.

Склад і будова молекул. Найпростішим вуглеводнем з одним подвійним зв'язком у молекулі є етен, або етилен (мал. 19). Його



Мал. 19. Масштабна модель молекули етену

хімічна формула — C_2H_4, а електронна і структурна формули молекули —

H • C " C : H $CH_2=CH_2$.
H H

• Поясніть просторову будову молекули етену.

Існує багато вуглеводнів, подібних до етену за будовою молекул.

Вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг з одним подвійним зв'язком, називають *алкенами.*

У молекулі етену атоми Карбону перебувають у стані $8p^2$-гібридизації. Кути між лініями, що з'єднують центри сусідніх атомів у цій молекулі, становлять 120°. Те саме стосується атомів Карбону, сполучених подвійним зв'язком, і їхнього оточення в молекулах інших алкенів.

Цікаво знати Вуглеводні з двома подвійними зв'язками у молекулах називають алкадієнами.

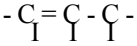
Етен є родоначальником гомологічного ряду алкенів. Хімічну формулу наступної сполуки цього ряду можна отримати, «додавши» до формули етену гомологічну різницю CH_2: $C_2H_4CH_2 => C_3H_6$. Зіставивши формули цих вуглеводнів, легко дійти висновку, що загальна формула алкенів — C_nH_{2n} (n = 2, 3, ...).

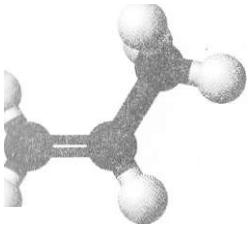
Складемо структурну формулу молекули алкену C_3H_6. Спочатку запишемо відкритий карбоновий ланцюг з одним подвійним і одним простим зв'язком:

Алкени C_nH_{2n}

C=C-C.

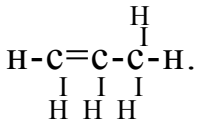
Узявши до уваги, що атоми Карбону є чотиривалентними, проведемо від кожного атома додаткові риски (вони імітують прості зв'язки)





Мал. 20. Кулестержнева модель молекули мропену

і допишемо відповідну кількість атомів Гідрогену:



Скорочена структурна формула молекули цього вуглеводню (мал. 20):

$CH_2=CH-CH_3$.

Назви. Систематичні назви алкенів складають, дотримуючись такої самої послідовності, що й у разі алканів. Додатково враховують положення подвійного зв'язку в молекулі. Головний карбоновий ланцюг обирають так, щоб він містив цей зв'язок. Атоми Карбону нумерують від того кінця ланцюга, до якого подвійний зв'язок ближчий.

Назви алкенів із нерозгалуженими молекулами складають, додаючи до кореня назви алкану з такою самою кількістю атомів Карбону в молекулі суфікс *-єн.* Наприклад, алкен C_3H_6 має назву *пропен.*

Положення подвійного зв'язку в молекулах алкенів, крім етену і пропену, вказують у назві сполуки цифрою (найменшим номером відповідного атома Карбону) після кореня перед суфіксом *-єн,* причому до і після цифри записують дефіси:

бут-1-ен[1]

Для алкенів із розгалуженими молекулами назви замісників та їх положення вказують у такий самий спосіб, що й для алканів:

3-етил-2-метилпент-1-ен

' Раніше цифру, що вказувала положення кратного зв'язку, запитували перед назвою сполуки або після неї: 1-бутен, бутен-1.

• Назвіть алкен, молекула якого має структурну формулу $CH_2{=}C(CH_3)-CH_2-CH_3$.

Вуглеводневий залишок від молекули етену $CH_2{=}CH-$ має назву *вініл.*

Структурні формули молекул алкенів за назвами сполук складають так само, як і в разі алканів, але враховують ще й місце подвійного зв'язку.

ВПРАВА. Скласти формулу алкену, назва якого — 4-етил~2-метилгекс-2-ен.

Розв'язання

Записуємо ланцюг із шести атомів Карбону (його має молекула «-гексану) і нумеруємо в ньому атоми:

$$\overset{1}{C}-\overset{2}{C}-\overset{3}{C}-\overset{4}{C}-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}.$$

Другий і третій атоми сполучаємо подвійним зв'язком:

$$\overset{1}{C}-\overset{2}{C}=\overset{3}{C}-\overset{4}{C}-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}.$$

Приєднуємо замісники CH_3~ і C_2H_5— відповідно до другого і четвертого атомів:

$$\overset{1}{C}-\overset{2}{C}=\overset{3}{C}-\overset{4}{C}-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}.$$
$$CH_3 \quad C_2H_5$$

Дописуємо до атомів Карбону головного ланцюга необхідну кількість атомів Гідрогену та отримуємо структурну формулу молекули алкену:

$$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}{=}\overset{3}{C}H-\overset{4}{C}H-\overset{5}{C}H_2-\overset{6}{C}H_3.$$
$$CH_3 \quad C_2H_5$$

Ізомерія. Крім етену і пропену, всі інші алкени мають ізомери. Ізомерні алкени можуть різнитися не лише будовою карбонового ланцюга (як і алкани), а й положенням подвійного зв'язку в ньому. Такі ізомери, як вам відомо, належать до структурних.

Виведемо структурні формули молекул ізомерних алкенів C_4H_8 і дамо назви сполукам.

Спочатку реалізуємо всі можливі варіанти сполучення чотирьох атомів Карбону, пам'ятаючи, що, крім простих зв'язків, у молекулі алкену має бути один подвійний:

C=C-C-C C-C-C-C C-C-C
                  |
                  C

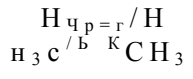
Тепер допишемо до кожного атома Карбону необхідну кількість атомів Гідрогену, а під формулами наведемо назви відповідних сполук:

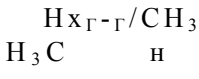
$CH_2=CH-CH_2-CH_3$ $CH_3-CH=CH-CH_3$ $CH_2=C-CH_3$
                                  CH_3

бут-1-ен бут-2-ен метилпропен

Третю сполуку ми не назвали 2-метилпроп-1-еном (спробуйте обґрунтувати чому).

Оскільки обертання частин молекули навколо подвійного зв'язку неможливе без його руйнування, в ряду алкенів існує геометрична, або *цис-транс*-ізомерія (один із видів просторової ізомерії). Необхідною умовою існування відповідних ізомерів є наявність у кожного атома Карбону, що утворює подвійний зв'язок, одного замісника або двох різних замісників. Якщо однотипні замісники перебувають по один бік від подвійного зв'язку, сполуку називають цис-ізомером, а якщо по різні боки — /праис-ізомером:





цис-бут-2-ен *транс*-бут-2-ен[1]

Етен, пропен, бут-1-ен, метилпропен, багато інших алкенів не мають геометричних ізомерів.

[1] Раніше ці сполуки називали так: цис-2-бутен, циє-бутен-2; *транс-2* бутен, *транс*-бутен-2.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 4
Виготовлення кулестержнєвих моделей молекул геометричних ізомерів бутену

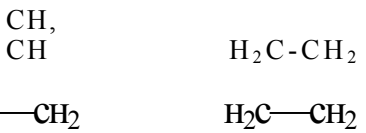
Зберіть моделі молекул геометричних ізомерів бутену, скориставшись відповідним набором.

Перевірте на складених моделях, чи може група атомів Н-С-СНд обертатися навколо подвійного зв'язку.

Отже, ізомерія алкенів зумовлена:

- будовою карбонового ланцюга (структурна ізомерія);
- положенням подвійного зв'язку в карбоновому ланцюзі (структурна ізомерія);
- положенням замісників щодо подвійного зв'язку (геометрична, або *цис-транс*-ізомерія).

Серед ізомерів із формулою C_4H_8 є й циклічні сполуки:



Таку ізомерію називають *міжкласовою;* вона належить до структурної ізомерії.

Вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг з одним подвійним зв'язком, називають алкенами. Загальна формула алкенів — $C_{„}H_{2„}$.

Назви алкенів складають гак само, як і алканів. Наявність подвійного зв'язку вказують суфіксом *-єн,* а його положення в ланцюзі — цифрою перед суфіксом.

Для алкенів існують структурні та просторові ізомери. Структурні ізомери різняться будовою

карбонового ланцюга і положенням у ньому подвійного зв'язку, просторові — розміщенням замісників щодо цього зв'язку.

•

(58. Які сполуки називають алкенами?

69. Зобразіть електронну формулу молекули пропену.

70. Знайдіть відповідність.

Формула молекули	Назва сполуки
1) $CH_3-CH=C-CH_3$; C_2H_5	а) 3-етил-5,6-диметилгепт-3-ен;
	б) 2,3-диметилбуг-2-ен;
2) $CH_3-CH-CH-CH=C-CH_2-CH_3$; CH_3 CH_3 C_2H_5	в) 3-метилпент-2-ен.
3) $CH_3-C=C-CH_3$; CH_3 CH_3	

71. Серед наведених формул укажіть ті, що належать сполукам-гомологам:

а) $CH_2=CH_2$;

б) $CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$;

в) $CH_3-CH-CH-CH_3$; CH_3 CH_3

г) $CH_2=CH-C_2H_5$.

72. Назвіть вуглеводні, молекули яких мають такі формули:

1) $CH_3-C=C-CH_3$; CH_3 CH_3

2) $CH_3-CH=C-CH-CH_3$; C_2H_3 CH_3

3) $CH_2=C-CH-CH-CH_3$. CH_2 CH_3 CH_3

/3. Зобразіть структурні формули молекул:

а) 3-метилпент-1-ену;

б) 3,3-діетилгекс~1-ену;

в) цис-3-метилгекс-3-ену;

г) *транс-3,*4-диметилгепт-3-ену.

74. Назвіть типи ізомерії, властиві алкенам, і наведіть приклади ізомерів.

/Б. Чи існують сполуки складу C_nH_{2n}, у молекулах яких атоми сполучені лише простими зв'язками? Відповідь обґрунтуйте.

/6. Зобразіть формули молекул алкенів C_5H_{10}, що є структурними ізомерами, і дайте назву кожній сполуці.

77. Для якої сполуки із вправи 76 існують геометричні ізомери? Зобразіть структурні формули їхніх молекул.

78. Визначте кількість алкенів із формулою C_7H_{14}, молекули яких містять у головному карбоновому ланцюзі:

а) 4 атоми Карбону;

б) 5 атомів Карбону.

10 Властивості алкенів

Матеріал параграфа допоможе вам:

отримати інформацію про властивості алкенів;
дізнатися про механізм реакції приєднання за участю алкену.

Фізичні властивості. Алкени за фізичними властивостями подібні до алканів. Етен, пропен і бутени за звичайних умов є газами, інші алкени — рідини або тверді речовини. Зі збільшенням молекулярної маси сполук температури їх плавлення і кипіння зростають. Алкени практично нерозчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках.

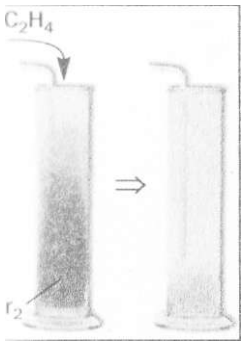
Хімічні властивості. Через наявність у молекулах алкенів подвійного зв'язку сполуки виявляють значну хімічну активність. У більшості реакцій за участю цих вуглеводнів подвійні зв'язки легко перетворюються на прості внаслідок розриву л-зв'язків.

Реакції приєднання. Алкени приєднують водень, галогени, галогеноводні, воду.

Склад продуктів таких реакцій за участю водню або галогенів передбачити легко. Кожний атом Гідрогену або галогену сполучається з атомом Карбону, який у молекулі вуглеводню утворював подвійний зв'язок:

$CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t} CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3$ (реакція гідрування);

$CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_3\text{-}\underset{Br}{CH}\text{-}\underset{Br}{CH_2}$ (реакція бромування).



Мал. 21. взаємодія етену із парою брому

Алкени реагують із фтором зі спалахуванням, суміші алкенів із хлором при освітленні вибухають, а реакції з йодом є оборотними.

Бромування алкенів відбувається за участю брому або його водного розчину — так званої бромної води (рідина бурого кольору). Її знебарвлення дає змогу відрізняти ненасичені сполуки від насичених. Реакція бромування є однією з *якісних реакцій* на кратний зв'язок (мал. 21).

Галогеноводні приєднуються до алкенів за звичайних умов, а вода — за наявності концентрованої сульфатної кислоти. Приклад реакції алкену з бромоводнем:

$$CH_2{=}CH_2 + HBr \quad \underset{H}{CH_2}\text{-}\underset{Br}{CH_2}.$$

• Назвіть сполуку, яка утворюється в результаті взаємодії етену з водою.

Якщо молекула алкену є несиметричною щодо подвійного зв'язку[1], то існують два варіанти приєднання до неї молекули галогеноводню.

• Складіть дві схеми приєднання молекули бромоводню до молекули пропену.

Реакції алкенів із галогеноводнями досліджував у 60-ті роки XIX ст. російський хімік В. В. Марковников. На підставі результатів багатьох дослідів він сформулював правило:

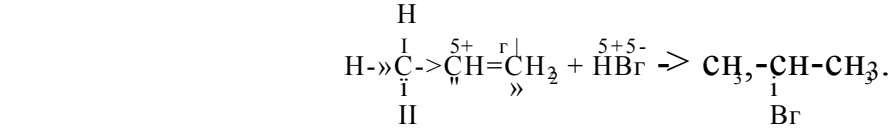
під час взаємодії галогеноводню з несиметричним алкеном атом Гідрогену молекули галогеноводню ири< днується до атома Карбону, сполученого з більшою кількістю атомів Гідрогену.

[1] Частини такої молекули зліва і справа від подвійного зв'язку не однакові.

Згідно із цим правилом продуктом реакції пропену із бромоводнем є 2-бромопропан[1]:

$$CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + HBr \rightarrow \underset{Br}{CH_3\text{-}\underset{}{CH}\text{-}}\underset{H}{CH_2}.$$

Правило Марковникова можна пояснити так. У молекулі пропену група атомів CH_3 завдяки трьом електронним парам зв'язків С-Н має підвищену електронну густину і тому зміщує рухливі електрони л-зв'язку до крайнього атома Карбону (це зміщення показано нижче кольоровою стрілкою). Унаслідок цього атом Карбону в CH_2-групі набуває невеликого негативного заряду, а атом Карбону в СН-групі — позитивного заряду. Молекула бромоводню є полярною; спільна електронна пара в ній зміщена до більш електронегативного атома Брому: $\overset{6+}{H}\text{-}\overset{5-}{Br}$. Під час взаємодії пропену з бромоводнем атом Гідрогену молекули НВг прямує до негативно зарядженого атома Карбону молекули вуглеводню, а атом Брому — до позитивно зарядженого атома Карбону:



Реакції несиметричних алкенів із водою також відбуваються за правилом Марковникова. Продуктами цих реакцій є спирти:

$$CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + \overset{5+}{H}\text{-}\overset{5-}{OH} \xrightarrow{(H_3O^+)} \underset{OH}{CH_3\text{-}\underset{}{CH}\text{-}}CH_3.$$

Реакції окиснення. Алкени, як і інші вуглеводні, при підпалюванні горять на повітрі.

• Складіть рівняння реакції горіння пропену за надлишку кисню.

За певних умов алкени окиснюються з руйнуванням л-зв'язків у молекулах. Таке окис-

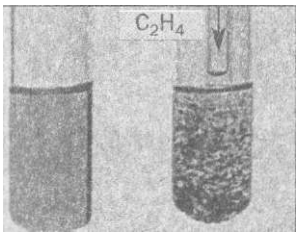
[1] Утворюється також невелика кількість 1-бромопропану.

Видатний російський хімік, професор Казанського, Московського, Новоросійського (Одеського) університетів, учень О. М. Бутлерова, Виявив закономірність у приєднанні галогеноводнів до ненасичених органічних сполук (правило Марковникова). Відкрив циклоалкани, здійснив реакції їх перетворення на ароматичні вуглеводні. Уперше добув сполуки із семи- і восьмичленними карбоновими циклами в молекулах, виявив ізомери жирних кислот. Своїми дослідженнями сприяв розвитку теорії будови органічних сполук, заклав основи нафтохімії. Один із засновників Російського хімічного товариства.

нення називають частковим, або «м'яким». Воно відбувається, наприклад, при взаємодії алкенів із розбавленим водним розчином калій перманганату $KMnO_4$. Під час пропускання етену або іншого газоподібного алкену в розчин цієї солі фіолетовий колір зникає і з'являється бурий осад MnO_2 (мал. 22). У результаті реакції утворюється двохатомний спирт:

$$CH_2=CH_2 \xrightarrow{+[O],H_2O} \underset{\text{етиленгліколь}}{\underset{OH\ \ OH}{CH_2\text{-}CH_2}}.$$

(Умовним записом [O] в органічній хімії часто замінюють формулу окисника.)



Мал. 22.
Взаємодія етену і водним розчином калій перманганату

За допомогою цієї реакції, як і реакції за участю бромної води, можна відрізнити ненасичені вуглеводні від насичених.

Реакції полімеризації. Вивчаючи в 9 класі етен (етилен), ви дізналися, що його молекули можуть сполучатися в довгі ланцюги. У результаті такої взаємодії утворюється поліетилен. Цей процес можна розглядати як послідовне приєднання до однієї

молекули алкену інших молекул внаслідок розриву л-зв"язків.

Р- Запишіть схему утворення поліетилену з етену.

Інші алкени також здатні до полімеризації:

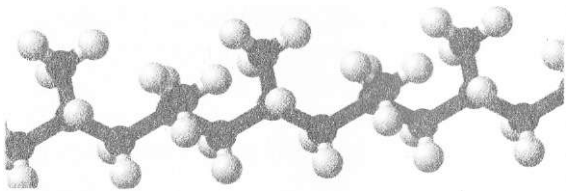
$$CH_2=\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}H + CH_г=\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}H + CH_2=\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}H + \ldots$$

$$\ldots -CH_2-CH-CH_2-CH-CH_2-CH- \ldots;$$

$$n\ CH_2=CH \rightarrow (-CH_2-CH-)_n$$

мономер — полімер

Назва полімеру, який утворюється із пропену, — поліпропілен (мал. 23).



Мал. 23. Кулестержнева модель фрагмента молекули поліпропілену

Реакції заміщення для алкенів не характерні. За температури « 500 °С пропен взаємодіє з хлором зі збереженням подвійного зв'язку в молекулі та заміщенням атома Гідрогену в метильній групі:

$CH_2=CH-CH_3 + Cl_2$ Л $CH_2=CH-CH_гC1 +$ неї.

ВИСНОВКИ

Алкени за фізичними властивостями подібні до алканів, нерозчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках. Зі збільшенням молекулярної маси сполук температури їх плавлення і кипіння зростають.

Через наявність у молекулах алкенів подвійного зв'язку ці сполуки виявляють хімічну

активність, вступаючи в реакції приєднання, окиснення, полімеризації. Під час взаємодії несиметричних алкенів із галогеноводнями атом Гідрогену молекули галогеноводню приєднується до атома Карбону, сполученого з більшою кількістю атомів Гідрогену (правило Марковникова).

Om

79. Зіставте алкени з алканами за фізичними властивостями.

80. Чому алкени вступають у реакції приєднання?

81. Поясніть механізм приєднання галогеноводню до пропену.

82. Допишіть рівняння реакцій і назвіть продукти:

а) $CH_2=C-CH_3 + H_2$ ...
CH_3

б) $CH_2=C-CH_3 + Br_2 \rightarrow$ ...
CH_3

в) $CH_3-C=CH-CH_3 + HCl \rightarrow$ ...
CH_3

83. Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення, і вкажіть умови їх перебігу:

$$C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow (-CH_2-CH_2-)_n$$
$$\downarrow$$
$$C_2H_4Br_2$$

84. Напишіть схему реакції утворення тефлону $(-CF_2-CF_2-)_n$ із відповідної ненасиченої сполуки.

85. Складіть у загальному вигляді рівняння реакції горіння алкену.

86. Обчисліть масу етену, необхідну для добування 50 г бромоетану, якщо відносний вихід продукту реакції становить 91,7 %.

87. Яка хімічна формула вуглеводню, якщо масова частка Карбону в ньому становить 0,857, а густина сполуки за нормальних умов — 1,875 г/л? Зобразіть структурні формули молекул усіх ізомерів такого складу.

88. Продукти спалювання 0,05 моль вуглеводню, симетрична молекула якого має розгалужену будову, пропустили в надлишок

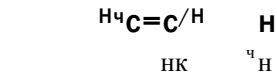
вапняної води. Утворився осад масою 30 г. Указана кількість речовини вуглеводню здатна приєднати таку саму кількість речовини брому. Яка структурна формула молекули вуглеводню і його назва?

для допитливих

Алкадієни

Серед ненасичених вуглеводнів є сполуки, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг із двома подвійними зв'язками, їх назва — *алкадієни*[1]. Ці зв'язки можуть перебувати біля одного атома Карбону ($CH_2=C=CH_2$), розділятися одним простим зв'язком ($CH_2-CH-CH=CH_2$) або кількома ($CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH=CH-CH_3$). Загальна формула алкадієнів — C_nH_{2n-2} (n = 3, 4,...).

Практичне значення мають алкадієни, в молекулах яких подвійні зв'язки розділені одним простим зв'язком, зокрема бута-1,3-дієн:



Такі сполуки слугують сировиною для виробництва каучуку, гуми, деяких пластмас. Матеріали на їх основі використовують на транспорті, у різних галузях промисловості, електротехніці, побуті тощо.

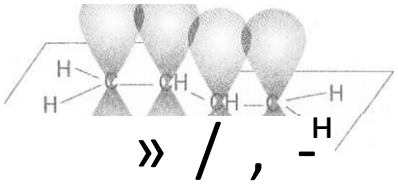
Молекулу бута-1,3-дієну можна розглядати як таку, що складається із двох сполучених залишків молекули етену $CH_2=CH-$. Три електрони кожного атома Карбону (5-електрон і два р-електрони) перебувають в sp^2-гібридних орбіталях, а всі атоми молекули цього вуглеводню — в одній площині. Негібридизовані р-орбіталі атомів Карбону (в кожного — по одній орбіталі) перекриваються з утворенням єдиної 7і-електронної системи. Ділянки їх перекривання розміщені над і під площиною молекули (мал. 24). Отже, в молекулі бута-1,3-дієну немає повноцінних простих і подвійних зв'язків між атомами Карбону; л-електронна густина розподілена (делокалізована) по всьому карбоновому ланцюгу. Структурну формулу молекули цього вуглеводню іноді записують так:

$$CH_2—CH^CH—CH_2.$$

За хімічними властивостями алкадієни подібні до алкенів. Характерними для них є реакції приєднання і полімеризації.

У

[1] Грецький префікс сіі- (сііз-) означає *двічі,* суфікс «єн» — подвійний зв'язок.



Мал. 24. л-Електронна система в молекулі **бута-1,3-Дієну**

Особливість зв'язків між атомами Карбону в молекулі бута-1,3-дієну та інших подібних сполук впливає на перебіг хімічних реакцій. Так, під час реакції між бута-1,3-дієном і бромом атоми галогену приєднуються переважно до першого і останнього атомів Карбону молекули вуглеводню (так зване 1,4-приєднання), а між другим і третім атомами Карбону утворюється подвійний зв'язок[1]:

$$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br{-}CH{=}CH{-}CH_2Br.$$

бута-1,3-дієн 1,4-дибромобуг-2-ен

За надлишку брому л-зв'язок між цими атомами розривається і приєднується ще одна молекула реагенту:

$$CH_2Br{-}CH{=}CH{-}CH_2Br + Br_2 \rightarrow CH_2Br{-}CHBr{-}CHBr{-}CH_2Br.$$

1,2,3,4-тетрабромобутан

Полімеризацією бута-1,3-дієну $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$ добувають синтетичний каучук. Природний каучук, який міститься в соках деяких тропічних рослин, є продуктом полімеризації метилбута-1,3-дієну $CH_2{=}C(CH_3){-}CH{=}CH_2$.

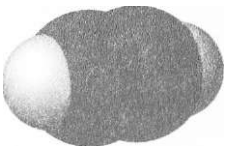
11 Алкіни

Матеріал параграфа допоможе вам:

дізнатися про склад і будову молекул алкінів;
отримати відомості про ізомерію алкінів;

[1] У невеликій кількості утворюється також продукт 1,2-приєднання — 3,4-дибромобут-1-ен $CH_2{=}CH{-}CHBr{-}CH_2Br$.

складати формули ізомерів алкінів і називати їх; з'ясувати властивості алкінів.



Мал. 25. **Масштабна модель молекули етину**

Склад і будова молекул. Найпростішим вуглеводнем із потрійним зв'язком у молекулі є етин, або ацетилен, C_2H_2 (мал. 25). Структурна формула молекули сполуки — H-C=C-H, а електронна — H:C':;C:H.

• Поясніть просторову будову молекули етину.

Етин започатковує гомологічний ряд вуглеводнів, у молекулах яких є один потрійний зв'язок.

Вуглеводні, молекули: яких мають відкритий карбоновий ланцюг із потрійним зв'язком, називають *алкінами.*

Алкіни
C_nH_{2n-2}

Потрійний зв'язок у молекулі етину складається з одного а-зв'язку та двох 7г-зв'язків. Атоми Карбону, сполучені потрійним зв'язком, перебувають у стані зр-гібридизації.

У молекулах алкінів міститься на два атоми Гідрогену менше, ніж у молекулах алкенів (зіставте склад молекул етину C_2H_2 й етену C_2H_4). Тому загальна формула алкінів — C_nH_{2n-2}.

Назви. Хімічні назви алкінів складають так само, як і алкенів, але замість суфікса *-ен* використовують суфікс *-ін (-ин):*

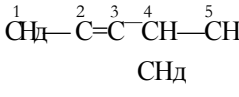
$$HC{\equiv}C\text{-}CH_3.$$
пропій

Головний ланцюг молекули алкіну, як і алкену, обирають таким, щоб у ньому був кратний зв'язок. Положення потрійного зв'язку в ланцюзі вказують цифрою перед суфіксом

$$\overset{1}{H}\overset{2}{C}{\equiv}\overset{3}{C}\text{-}\overset{4}{C}H_2\text{-}CH_3,$$
бут-1-ін[1]

[1] Раніше цифру, що вказує на положення кратного зв'язку, записували перед назвою сполуки або після неї: 1-бутин, бутин-1.

а замісників — на початку назви сполуки:



4-метилпент-2-ін

Ізомерія. Для алкінів існують лише структурні ізомери, які різняться *будовою карбонового ланцюга* і *положенням у ньому потрійного зв'язку.* Приклад другого варіанта ізомерії: бут-1-ін $HC{\equiv}C\text{-}CH_2\text{-}CH_3$ і бут-2-ін $CH_3\text{-}C{\equiv}C\text{-}CH_3$.

• Доведіть, що бутину із розгалуженим карбоновим ланцюгом у молекулі не існує.

Алкіни мають ізомери серед алкадієнів — сполук із двома подвійними зв'язками в молекулах (с. 78). Так, ізомерами бутинів є бута-1,2-дієн $H_3C\text{=}C\text{=}CH\text{-}CH_3$ і бута-1,3-дієн $H_2C\text{=}CH\text{-}CH\text{=}CH_2$. Це — приклад міжкласової ізомерії (загальні формули алкінів і алкадієнів однакові).

Фізичні властивості. Алкіни — безбарвні речовини. Етин, пропін і бут-1-ін за звичайних умов є газами, решта алкінів — рідини або тверді речовини. Газоподібні алкіни майже не мають запаху. Неприємний запах технічного етину (ацетилену), який використовують при газозварювальних роботах, зумовлений домішками сірководню H_28, фосфіну PH_3 та інших газів. Алкіни погано розчиняються у воді.

Хімічні властивості. Алкіни як ненасичені сполуки вступають у реакції приєднання, окиснення, а ті, в молекулах яких є фрагмент -C≡CH, — ще й у реакції заміщення.

Реакції приєднання. Завдяки наявності в молекулі алкіну потрійного зв'язку приєднання водню, галогену чи галогеноводню відбувається у дві стадії. Спочатку молекула алкіну приєднує одну молекулу реагенту, потім — друї'у.

Реакція гідрування. На першій стадії взаємодії етину із воднем, яка відбувається за наявності каталізатора, утворюється етен, а на другій — етан.

• Напишіть відповідні хімічні рівняння.

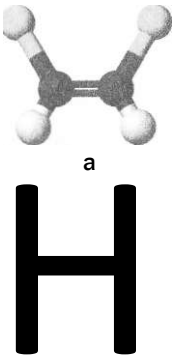
Аналогічно взаємодіє з воднем пропін:

$$\underset{\text{пронін}}{HC{\wedge}C\text{-}CH_3} \xrightarrow{+Hг,й} \underset{\text{пропен}}{H_2C{=}CH\text{-}CH_3} \xrightarrow{+Hг,{\wedge}} \underset{\text{пропан}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3}.$$

Реакції з галогенами. Алкіни, як і алкени, знебарвлюють бромну воду. Вам відомо, іцо ця реакція є якісною на кратний зв'язок. Взаємодію етину із бромом ви вивчали у 9 класі. Хімічні рівняння бромування пропіну:

$$HC{=}C\text{-}CH_3 + Br_2 \rightarrow \underset{\text{1,2-дкбромопропен}}{CHBr{=}CBr\text{-}CH_3} \text{ (1-ша стадія}^1\text{)},$$

$$CHBr{=}CBr\text{-}CH_3 + Br_2 \rightarrow \underset{\text{1,1,2,2-тетрабромопропан}}{CHBr_2\text{-}CBr_2\text{-}CH_3} \text{ (2-га стадія)}.$$



а

б

Мал. 26. Кулестержневі моделі молекул 1,2-дихлороетенів: а —цис-ізомер; б — *транс*-ізомер

Приєднання хлору до алкінів відбувається аналогічно.

Реакцію етину із хлором здійснюють у розчиннику (CCl_4) за наявності каталізатора. На першій стадії утворюються геометричні ізомери 1,2-дихлороетену (мал. 26).

Реакції з галогеноводнями. Перша стадія взаємодії етину із хлороводнем

$$HOCII + неї \rightarrow \underset{\text{хлороетен, або вінілхлорид}}{н_2C{=}CHC1}$$

має практичне значення, оскільки вінілхлорид є сировиною для виробництва полівінілхлориду — полімеру, який використовують для виготовлення матеріалів різного призначення.

Склад продукту другої стадії реакції етину із хлороводнем (або реакції вінілхлориду із хлороводнем) визначається правилом Марковникова:

[1] На цій стадії утворюється переважно *транс*-ізомер.

$H_2C{=}CHCl + неї \quad CH_3{-}CHCl_2.$

1,1-дихлороетан

Це правило виконується щодо обох стадій реакцій галогеноводнів із несиметричними алкінами.

C_2H_2

• Напишіть рівняння реакцій послідовного приєднання хлороводню до проліну.

CaC_2, H_2O

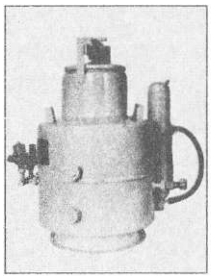
Приєднання води до алкінів відбувається за певних умов (с. 162, 165).

Реакції окиснення. Алкіни, як і інші вуглеводні, згоряють у надлишку кисню чи повітря.

Мал. 27. Горіння етину

• Поясніть, чому етин горить яскравим і водночас кіптявим полум'ям (мал. 27).

Реакцію горіння етину (ацетилену) в чистому кисні використовують для зварювання і різання металів. Під час її перебігу температура полум'я сягає 3000 °С. Ацетилен із балона (мал. 28) або генератора (мал. 29) і кисень (із балона) підводять у спеціальний пальник, а полум'я, що виходить із нього, направляють на метал (мал. 30). Працюючи з етином, слід пам'ятати, що суміші цього газу з повітрям і киснем вибухонебезпечні.



Мал. 28. Балони з ацетиленом

Мал. 29. Генератор ацетилену

Мал. 30. Зварювання (а) і різання (б) металу

Алкіни взаємодіють із розчинами сильних окисників. При цьому потрійні зв'язки між атомами Карбону в молекулах вуглеводнів, як правило, розриваються. Реакція алкіну із розчином калій перманганату $KMnO_4$, як і з бромною водою, є якісною на кратний зв'язок. Розчин солі знебарвлюється, а алкіни окиснюються до карбонових кислот[1]:

$$CH_3\text{-}OC\text{-}CH_3 \xrightarrow{+3[O],\ H_2O} 2CH_3COOH.$$

Етин взаємодіє з розчином калій перманганату інакше. Потрійні зв'язки в його молекулах не розриваються, а перетворюються на прості. Одним із продуктів реакції є сіль щавлевої кислоти — калій оксалат:

$$3HC{\equiv}CH + 8KMnO_4 \rightarrow 3KOOC\text{-}COOK + 8MnO_2\downarrow + 2KOH + 2H_2O.$$

Реакції заміщення. Етин і алкіни, в молекулах яких потрійний зв'язок перебуває на початку карбонового ланцюга, реагують із лужними металами:

$$HOCH + 2Na \xrightarrow{NH_3(рідкий)} NaC{\equiv}CNa + H_2\uparrow$$

натрій ацетиленід

Етин взаємодіє з амоніачними розчинами оксидів Аргентуму і Купруму(І):

$$HC{\equiv}CH + Ag_2O \xrightarrow{NH_3(р\text{-}н)} AgC{\equiv}CAg\downarrow + H_2O;$$

$$HC{\equiv}CH + Cu_2O \xrightarrow{NH_3(р\text{-}н)} CuCCCu\downarrow + H_2O.$$

Ці реакції використовують для виявлення етину: сполука Ag_2C_2 має білий колір, а Cu_2C_2 — цегляно-червоний.

У таких реакціях етин нагадує кислоту. Потрійний зв'язок між атомами Карбону спричиняє збільшення полярності простих зв'язків ($\equiv C^{\delta-}\text{-}H^{\delta+}$), і створюється передумова

[1] У лужному середовищі утворюються солі цих кислот.

для заміщення атомів Гідрогену на атоми металічного елемента.

Від етину походить сполука CaC_2, технічна назва якої — кальцій карбід. Її добувають взаємодією кальцій оксиду із вуглецем при сильному нагріванні (мал. 27). Ця сполука має практичне значення; за реакцією кальцій карбіду з водою у промисловості добувають етин (с. 99).

ВИСНОВКИ

Вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг із потрійним зв'язком, називають алкінами. Загальна формула алкінів — C_nH_{2n-2}.

Назви алкінів складають так само, як і алкенів, але використовують суфікс ***ін, (ан).*** Положення потрійного зв'язку в ланцюзі вказують цифрою перед суфіксом.

Структурна ізомерія алкінів зумовлена різною будовою карбонового ланцюга і розміщенням у ньому потрійного зв'язку.

За звичайних умов алкіни — безбарвні речовини, що майже не мають запаху і погано розчиняються у воді. Характерними для них є реакції приєднання й окиснення. Алкіни із потрійним зв'язком на початку карбонового ланцюга вступають у реакції заміщення з активними металами.

9 я

89. Які вуглеводні називають алкінами? Напишіть структурні формули молекул перших трьох сполук гомологічного ряду етину.

90. Дайте назви алкінам, що мають такі формули:

а) $CH_3-CH_2-CH_2-C\equiv CH$;

б) $CH_3-C\equiv C-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$;

в) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-C\equiv C-CH_3$.

91. Зобразіть структурні формули молекул:

а) гекс-2-іну;

б) 3-метилпент.-1-іну;

в) 2,2-диметилгекс-3-іну.

г) 3,3-диметилгепт-1-іну.

92. Складіть структурні формули молекул ізомерних алкінів C_5H_8 і назвіть сполуки.

93. Напишіть рівняння реакцій бут-1-іну із воднем, хлороводнем, узятими в надлишку, а також із натрієм.

94. Алкін, молекули якого мають розгалужену будову, взаємодіє з бромоводнем з угворенням сполуки $C_5H_{10}Br_2$. Напишіть рівняння двох послідовних реакцій, назвіть реагенти і продукти.

95. Як за допомогою хімічних реакцій розпізнати н-гексан, гекс-2-ен і гекс-1-ін, які містяться в різних пробірках?

96. Який максимальний об'єм водню (за нормальних умов) може приєднатися до етину, взятому кількістю речовини 0,1 моль? (Усно.)

97. Який об'єм вуглекислого газу утворюється при спалюванні 400 мл проліну в надлишку повітря? (Усно.)

98. Знайдіть хімічну формулу алкіну:

а) молярна маса якого 68 г/моль (усно);

б) у якому масова частка Карбону становить 88,2 %;

в) при спалюванні ОД моль якого утворюється 0,5 моль вуглекислого газу (усно).

Ароматичні вуглеводні **(арени)**

Назва однієї з груп органічних сполук доволі незвичайна — *ароматичні вуглеводні.* Вона пов'язана з тим, що раніше ці сполуки добували з природних духмяних смол[1]. Проте спільною ознакою таких сполук є не запах, а особлива будова молекул.

[1] Відомі ароматичні вуглеводні з неприємним запахом і такі, що запаху не мають.

Бензен.Арени

Матеріал параграфа допоможе вам:

дізнатися про склад і будову молекули бензену;
з'ясувати, які сполуки називають аренами;
отримати відомості про ізомерію аренів;
складати формули ізомерів аренів і називати їх.

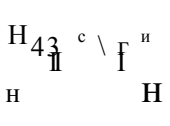
Бензен. Найпростішим ароматичним вуглеводнем є *бензен* C_6H_6 (тривіальна назва — бензол). Цю сполуку відкрив у 1825 р. англійський учений М. Фарадей; вона у вигляді рідини накопичувалася в ємностях зі світильним газом, який використовували у вуличних ліхтарях.

Загадкова молекула. Властивості бензену, виявлені хіміками, не давали змоги однозначно описати будову його молекули. Атомів Гідрогену в молекулі бензену C_6H_6 значно менше, ніж у молекулах насичених вуглеводнів — гексану C_6H_{14} і циклогексану C_6H_{12}. Це вказувало на наявність у молекулі подвійних чи навіть потрійних зв'язків (тобто бензен мав бути *ненасиченим вуглеводнем).* Однак сполука виявилася хімічно пасивною (як *насичені вуглеводні)* і, на відміну від алкенів і алкінів, не знебарвлювала бромної води і розчину калій перманганату. Щоправда, за особливих умов молекула C_6H_6 усе ж приєднувала три молекули водню або хлору.

Похідні бензену з метильною групою чи атомом галогену в молекулі не мали ізомерів, що свідчило про рівноцінність атомів Карбону в молекулі сполуки. Таке могло бути лише за умови, що вони утворюють замкнений ланцюг (як у молекулах *циклоалканів).*

Враховуючи сукупність цих фактів, учені запропонували кілька структурних формул молекули бензену. Із більшістю фактів

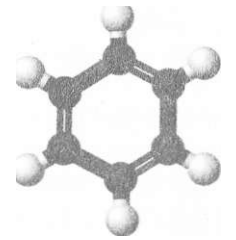
найкраще узгоджувалася формула німецького хіміка А. Кекуле (1865):

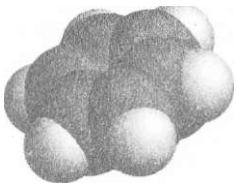


Однак вона не пояснювала, чому бензен, маючи кратні зв'язки, за звичайних умов не вступав у реакції приєднання.

Через кілька років Кекуле висунув ідею, що подвійні зв'язки не закріплені в молекулі, а постійно переміщуються від одного атома Карбону до іншого, стираючи відмінності між ними.

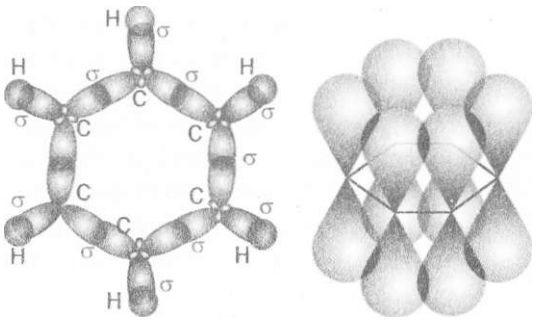
Подальші дослідження підтвердили рівноцінність атомів Карбону в молекулі бензену і розміщення їх в одній площині, у кутах правильного шестикутника (мал. 31).





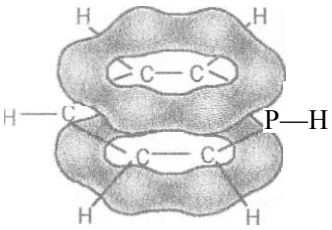
Мал. 31. Моделі молекули бензену: а — кулестержнева; б — масштабна

Особливості електронної будови молекули. Згідно із сучасними уявленнями в усіх атомах Карбону молекули бензену реалізується sp^2-гібридизація орбіталей (як і в атомах Карбону молекули етену). Три електрони кожного атома (один s- і два p-електрони), перебуваючи в гібридних орбіталях, забезпечують три σ-зв'язки — із двома іншими атомами Карбону і одним атомом Гідрогену (мал. 32, ***а***). Кути між напрямами цих орбіталей становлять 120°.



Мал. 32. Перекривання орбіталей у молекулі бензену: а — гібридних (sp^2); *б* — негібридизованих (p)

В утворенні четвертого зв'язку атома Карбону бере участь ще один р-електрон. Його негібридизована орбіталь зорієнтована перпендикулярно до площини молекули: ^ • Унаслідок перекривання двох таких орбіталей утворюється л-зв язок: . Однакові відстані між атомами Карбону в молекулі C_6H_6 свідчать про перекривання всіх шести негібридизованихр-орбіталей[1] (мал. 32, *б).* тт-Електронна густина рівномірно розподіляється по карбоновому циклу, зосереджуючись над і під його площиною (мал. 33); усі зв'язки між атомами вирівнюються. Це показують у структурній формулі молекули так:



Мал. 33. Ділянки л-електронної густини в молекулі бензену

Отже, між атомами Карбону бензенового кільця немає простих і подвійних зв'язків. Якщо довжина зв'язку С-С в алканах становить 0,154 нм, зв'язку С=С в алкенах — 0,134 нм, то між атомами Карбону в молекулі бензену — 0,140 нм.

• Полярною чи неполярною є молекула бензену? Чому?

Арени. Крім бензену, існує багато вуглеводнів із замкненою я-електронною системою в молекулах.

Вуглеводні, у молекулах яких є одне чи кілька бензенових кілець, називають *аренами***, або** *ароматичними вуглеводнями.*

[1] Подібне перекривання р-орбіталей має місце в молекулі бута-1,3-дієну CH_2=CH-CH=CH_2 (с. 78).

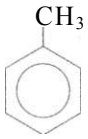
Цікаво знати
Кільце, подібне до бензенового, має молекула нітрогеновмісної - сполуки піридину:

Бензен C_6H_6 є першою сполукою в гомологічному ряду аренів з одним бензеновим кільцем у молекулі.

Розглянемо арени, в молекулах яких бензенове кільце має насичені вуглеводневі замісники. Загальна формула таких аренів (разом із бензеном) — $\mathbf{C_nH_{2n-6}}$ **(n = 6, 7, ...).**

• Виведіть формули другої і третьої сполук гомологічного ряду бензену і запишіть їх у вигляді C_6H_5-і?.

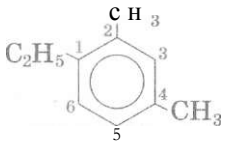
Назви аренів. Систематична назва арену, в молекулі якого міститься один замісник у бензеновому кільці, складається із назви замісника і слова *бензен:*



метилбензен
(толуен,толуол)

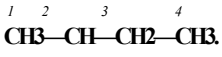
У дужках тут і далі наводимо тривіальні назви сполук.

За наявності кількох замісників їх записують за алфавітом, а положення в бензеновому кільці вказують цифрами. При цьому атоми Карбону нумерують так, щоб замісники мали найменші номери:



1 -етил-2,4-диметилбензен

Назви деяких аренів складають інакше. Такі сполуки розглядають як похідні відповідних алканів, алкенів тощо. У цих випадках використовують назви ароматичних залишків: феніл C_6H_5~, бензил C_6H_5-CH_2-. Приклад:



2-фенілбутан

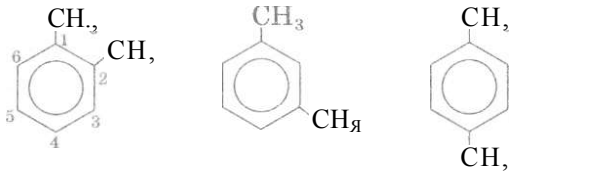
Ізомерія аренів. Для аренів існує структурна ізомерія. Вона зумовлена *положенням замісників* у бензеновому кільці, а також *їх складом і будовою.*

Цікаво знати
Для ароматичних залишків використовують загальну назву *арил* і позначення *Ar.*

Однозаміщене похідне бензену — метилбензен — не має ізомерів, оскільки всі атоми Карбону в кільці рівноцінні.

Диметилбензенів відомо три. Ці ізомери різняться положенням замісників. У систематичних назвах таких сполук указують номери атомів Карбону і назви замісників. В інших назвах двозаміщених ізомерів перед тривіальною назвою арену замість цифр записують літери — о-, *м-, п* (читаються відповідно «орто», «мета», «пара»).

Приклади ізомерних сполук $C_6H_4(CH_3)_2$:

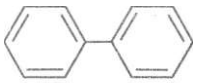


1,2-диметилбензен (о-ксилен) | 1,3-диметилбензен (лг-ксилен) | 1,4-диметилбензен (л-ксилен)

За наявності в бензеновому кільці кількох замісників кількість ізомерів зростає, бо серед них трапляються ізомери різних видів.

Існують арени з кількома бензеновими кільцями в молекулах:

нафтален (нафталін) | *антрацен*



дифеніл

Найпростішим ароматичним вуглеводнем є бензен C_6H_6.

У молекулі бензену всі атоми Карбону розміщені в одній площині у вершинах правильного шестикутника, а я-електронна густина рівномірно розподілена над і під площиною карбонового циклу.

Вуглеводні з одним або кількома бензеновими кільцями в молекулах називають аренами, або ароматичними вуглеводнями.

Систематичні назви аренів містять назви замісників і слово «бензен». За наявності кількох замісників їх записують за алфавітом, а положення вказують цифрами.

Ізомерія аренів (структурна) зумовлена положенням замісників у бензеновому кільці, їх складом і будовою.

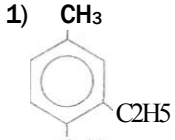
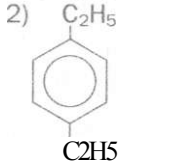
99. Чому вчені протягом довгого часу не могли визначити будову молекули бензену?

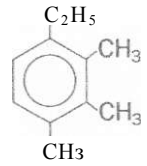
100. У чому полягає особливість будови молекули бензену?

10.1. Чому в молекулі бензену немає ізольованих л-зв'язків?

102. Які з наведених формул належать гомологам бензену: C_7H_8, ^10^22' $C_дH_{12}$, $0йH_{16}$, C_8H_{14}, C_7H_{14}, C_8H_{10}.'

103. Знайдіть відповідність.

Формула молекули	Назва сполуки
1) 	а) 1,4-діетилбензен;
2) 	б) 1-етил-2,3,4-триметилбензен;
	в) 1,2-діетил-4-метилбензен.

3) 

104. Скільки існує ізомерних:

а) тетраметилбензенів;

б) пентаметилбензенів?

Складіть структурні формули їхніх молекул і назвіть сполуки.

105. Зобразіть структурні формули молекул трьох нециклічних вуглеводнів, які є ізомерами бензену.

106. Складіть формули ізомерів, молекули яких містять бензенове кільце, атом Брому і метильну групу.

107. Визначте масову частку Карбону в бензені й зіставте її з масовою часткою цього елемента в етині.

108. Напишіть формули аренів (окремо — ізомерів кожного виду), у яких масова частка Карбону становить 90 %.

13 Властивості бензену

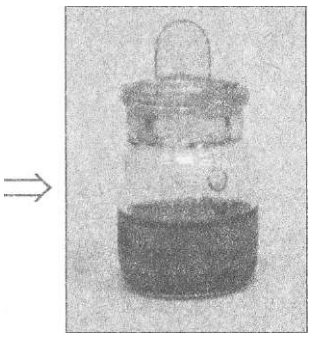
Матеріал параграфа допоможе вам:

з'ясувати властивості бензену;

переконатись у стійкості л-електронної системи молекули бензену.

Фізичні властивості. Бензен — безбарвна летка рідина зі своєрідним запахом, легша за воду (густина 0,88 г/см^3). Температура плавлення бензену +5,5 °С, кипіння +80,1 °С. Він погано розчиняється у воді, але добре — в органічних розчинниках; розчиняє йод (мал. 34), сірку, білий фосфор, жири, інші органічні речовини.

Хімічні властивості. Бензен хоч і є ненасиченою сполукою, проте виявляє достатню

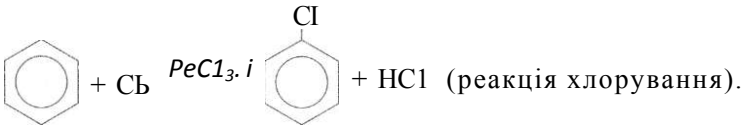


Мал. 34. **Розчинення йоду в бензені**

хімічну пасивність. Для нього характерні реакції заміщення, під час яких л-електронна система молекули (а отже, і бензенове кільце) зберігається. Реакції приєднання й окиснення призводять до руйнування цієї системи; вони відбуваються за високої температури, дії ультрафіолетового випромінювання, наявності каталізаторів.

Цікаво знати
Бензен — одна з найстійкіших органічних сполук. Він не розкладається до 600 °С.

Реакції заміщення. Атоми Гідрогену в молекулі бензену можуть заміщуватись на атоми галогенів. Із хлором і бромом сполука взаємодіє за наявності хлоридів або бромідів Алюмінію, Феруму(III), Цинку[1]. Найлегше відбувається перша стадія — заміщення одного атома Гідрогену в молекулі бензену:



хлоробензен

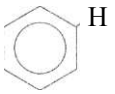
На другій стадії утворюється суміш 1,2-дихлоробензену і 1,4-дихлоробензену (або відповідно о-дихлоробензену і п-дихлоробензену).

І» Зобразіть структурні формули молекул цих сполук.

[1] Із йодом бензен реагує за особливих умов.

Бензен взаємодіє із сумішшю концентрованих нітратної та сульфатної кислот[1]. При цьому атоми Гідрогену в його молекулі заміщуються на нітрогрупи -N02. Реакцію, під час якої в молекулу органічної сполуки надходить нітрогрупа, називають *реакцією нітрування.* Ця група атомів є частиною молекули нітратної кислоти НЖ)$_3$, формулу якої можна записати так: НО->ТО$_2$.

Нітрування бензену може відбуватися в кілька стадій. На першій стадії утворюється нітробензен — жовтувата оліїста рідина із запахом гіркого мигдалю:



+ н о **-N0,** *40-60 °С, Н$_г$80ч*

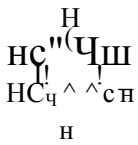
+н.,о.

нітробензен

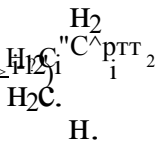
(Нітробензен — сильна отрута; він вражає центральну нервову систему, негативно впливає на обмін речовин.)

Продуктом другої стадії нітрування є 1,3-динітробензен, а третьої (вона відбувається дуже повільно) — 1,3,5-тринітробензен:

Реакції приєднання. Бензен як ненасичена сполука може вступати в реакції приєднання. Вони відбуваються за жорстких умов і призводять до руйнування тг-електронної системи молекули:



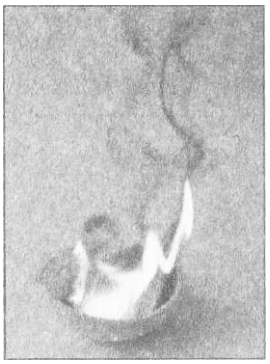
+ЗБІ$_2$ оті $\xrightarrow{I,\ p.\ N'1>}$ Н2С"С^ртт$_2$ і (реакція гідрування);



циклогексан

[1] Цю суміш називають нітруючою. Замість неї можна використати суміш нітрату Калію або Натрію з концентрованою сульфатною кислотою.

Нч .CI
С к ^ С к ^ Н
Л,4 Н'" | | -CI (реакція хлорування[1]).
НСч^^СН СЬР С'ГІ
Н н - ^.к "Сі
Н Cl Н
1,2,3,4,5,6-гексахлороциклогексан
(гексахлоран)



Мал. 35. Горіння бензену

Реакції окиснення. Бензен, як і інші вуглеводні, є горючою речовиною. Під час горіння сполуки на повітрі, крім вуглекислого газу і води, утворюється невелика кількість вуглецю. Його часточки розжарюються в полум'ї (воно стає яскравим), а потім згоряють. Горіння бензену супроводжується появою кіптяви (мал. 35).

- Напишіть рівняння реакції горіння бензену в надлишку кисню.

Через особливу стійкість бензенового кільця бензен інертний щодо речовин-окисників. Зокрема, він не взаємодіє з калій перманганатом. Цим бензен відрізняється від алкенів і алкінів.

Гзмологи бензену (метилбензен, етилбензен та ін.) окиснюються калій перманганатом. При цьому бензенове кільце зберігається, а вуглеводневий замісник перетворюється на карбоксильну групу:

$$C_6H_5CH_3 + 3[O] \quad C_6H_5COOH + H_2O;$$

бензоатна (бензойна) кислота

$$C_6H_5C_2H_5 + 6[O] \quad C_eH_5COOH + C0_2T + 2H_2O.$$

М-Ц

Бензен — безбарвна летка рідина зі своєрідним запахом, легша за воду, погано розчиняється в ній, але добре — в органічних розчинниках.

[1] Реакція відбувається за радикальним механізмом.

Бензен є досить пасивною сполукою. Для нього характерні реакції заміщення, під час яких я-електронна система молекули зберігається. Реакції приєднання й окиснення, які руйнують цю систему, відбуваються лише за жорстких умов.

109. Як впливають умови на взаємодію бензену з хлором?

110. У суміші продуктів хлорування бензену виявлено сполуку, назва якої — 1,2,4-трихлоробензен. Складіть відповідне рівняння реакції.

111. Напишіть хімічні рівняння другої і третьої стадій нітрування бензену.

112. Укажіть речовини або їх суміші, з якими реагує бензен зі збереженням л-електронної системи молекули:
   а) водень;
   б) бром за наявності каталізатора $FeBr_3$;
   в) хлор при освітленні;
   г) кисень;
   ґ) суміш концентрованих нітратної та сульфатної кислот.

113. Заповніть таблицю:

	Циклогексан	Бензен
Хімічна формула		
Структурна формула молекули		
Особливості зв'язків між атомами Карбону		
Фізичні властивості		
Хімічні властивості (рівняння реакцій)		

Назвіть відмінності в будові молекул цих речовин та їх властивостях.

114. Яка відносна густина за воднем парів бензену? (Усно.)

115. У результаті нітрування 15,6 г бензену добули 0,15 моль нітробензену. Обчисліть відносний вихід продукту реакції.

116. Визначте формулу вуглеводню, якщо після його згоряння утворилося 0,6 моль вуглекислого газу і 0,3 моль води. Відносна густина пари сполуки за повітрям становить 2,69.

117. Суміш ацетилену і парів бензену має відносну густину за воднем 23,4. Обчисліть об'ємні частки сполук у суміші.

Добування і застосування вуглеводнів

Матеріал параграфа допоможе вам:

- **отримати уявлення про способи добування вуглеводнів;**
- **дізнатися про застосування вуглеводнів;**
- **з'ясувати фізіологічну дію вуглеводнів.**

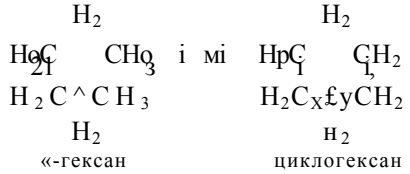
Промислові способи добування. У промисловості вуглеводні переважно добувають із природних джерел — виділенням із природного і супутнього нафтового газів, перегонкою і термічним розкладом нафти (§ 16), гідруванням вугілля (с. 127). Крім цього, здійснюють хімічні реакції різного типу за участю не тільки органічних, а й неорганічних речовин. Наприклад, каталітичним гідруванням карбон(II) оксиду добувають алкани з нерозгалуженими молекулами:

$$nCO + (2n + 1)H_2 \xrightarrow{t,p,k} C_nH_{2n+2} + nH_2O.$$

При цьому утворюються суміші вуглеводнів.

• Напишіть рівняння реакції утворення гексану із карбон(II) оксиду і водню.

Алкани слугують сировиною для добування циклічних, ненасичених і ароматичних вуглеводнів:



«-гексан — циклогексан

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \qquad CH_3\text{-}CH{=}CH_2 + H_2.$$

Загальна назва реакцій відщеплення водню від сполук — *реакції дегідрування.*

При термічному розкладі алканів зв'язки між атомами Карбону можуть розриватися; при цьому утворюються суміші вуглеводнів із коротшими молекулами (с. 48):

$$\underset{\text{гексан}}{C_6H_и} \quad \underset{\text{пропан}}{c_3H_8} + \underset{\text{пропен}}{c_3H_6}.$$

Серед алкінів етин добувають у промисловості в найбільшій кількості. Так званий карбідний метод ґрунтується на реакції кальцій карбіду з водою[1]:

$$CaC_2 + 2H_20 \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2T.$$

Вихідну сполуку — кальцій карбід — виробляють в електричних печах із вугілля і вапна за дуже високої температури:

$$CaO + 3C \xrightarrow{1900\ ^{oc}} CaC_2 + COT.$$

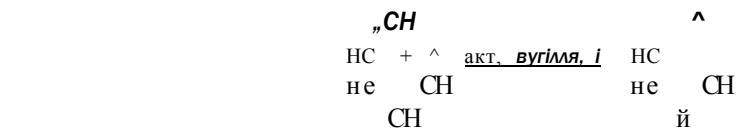
Сучасний метод добування етину полягає в термічному розкладі метану:

$$2CИ_4 \xrightarrow{1500\ ^{oc}} C_2И_2 + 3H_2.$$

Ароматичні вуглеводні добувають нагріванням насичених вуглеводнів із кількістю атомів Карбону в молекулах більше шести за наявності каталізаторів.

• Напишіть рівняння реакції утворення бензену із к-гексану.

Арени утворюються також при пропусканні етину або його гомологів над активованим вугіллям або іншими каталізаторами за температури «600 °С:



Бензен за такою реакцією в промисловості не добувають.

Лабораторні способи добування. Алкани можна добувати в лабораторії нагріванням

[1] Метод розроблено у 1862 р.

сумішей безводних солей карбонових кислот із лугами. При цьому утворюється вуглеводень, молекула якого містить на один атом Карбону менше, ніж молекула кислоти, від якої походить сіль:

$$CH_3COONa + NaOH \rightarrow CH_4\uparrow + Na_2CO_3.$$

натрій ацетат — метан

Алкани також добувають взаємодією хлоро-, бромо-, йодоалканів з активними металами — натрієм, магнієм, літієм:

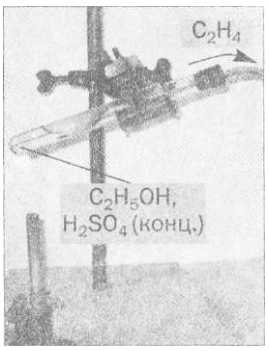
$$CH_3Cl + 2Na + ClCH_3 \rightarrow CH_3\text{-}CH_3 + 2NaCl.$$

Цю реакцію відкрив французький хімік А.-И. Вюрц у 1855 р. За реакцією Вюрца добувають алкани з більшою кількістю атомів Карбону в молекулі, ніж у молекулах вихідних сполук. Її найчастіше використовують для добування симетричних алканів.

За допомогою аналогічних реакцій добувають циклоалкани:

$$\begin{matrix} H_2C\text{-}CH_2Cl \\ H_2C\text{-}CH_2Cl \end{matrix} + 2Na \rightarrow \begin{matrix} H_2C\text{-}CH_2 \\ H_2C\text{-}CH_2 \end{matrix} + 2NaCl_2.$$

1,4-дихлоробутан — циклобутан



Мал. 36. Добування етену в лабораторії

Добування алкенів можна здійснити дегідратацією[1] спиртів (мал. 36)

$$CH_3\text{-}CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4\ (конц.),\ t} CH_2=CH_2 + H_2O$$

або взаємодією галогенопохідних алканів зі спиртовими розчинами лугів:

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2Cl + KOH\ (спирт,\ р\text{-}н) \rightarrow CH_3\text{-}CH=CH_2 + KCl + H_2O.$$

Подібні реакції за участю деяких дигалогенопохідних алканів використовують для добування алкінів.

Напишіть рівняння реакції утворення пропіну із 1,2-дибромопропану.

Етин добувають у лабораторії з кальцій карбіду (мал. 27).

[1] Реакція дегідратації — реакція відщеплення води від сполуки.

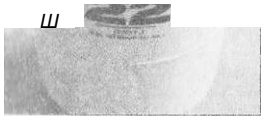
Арени можна добувати різними способами:

$C_6H_5Cl + 2Na + ClCH_3 \rightarrow C_6H_5-C_2H_5 + 2NaCl$;
хлоробензен хлороетан етилбензен[1]

$C_6H_6 + C_2H_5Cl \rightarrow C_6H_5-C_2H_5$ + ней;

$C_6H_6 + CH_2=CH_2 \rightarrow C_6H_5-C_2H_5$.

Мал. 37.
Ємність із пропан-бутановою сумішшю на автозаправній станції



Мал. 38.
Балон ї ї фреоном $CHClF_2$

Застосування. Вуглеводні широко використовують для різноманітних потреб. Ці сполуки е основою газоподібного і рідкого палива, пального (мал. 37), слугують сировиною для виробництва багатьох органічних речовин, розчинниками для лаків і фарб.

Алкани з кількістю атомів Карбону в молекулах від 5 до 20 — складові бензину, гасу, газойлю, петролейного ефіру. Парафін містить тверді алкани з кількістю атомів Карбону в молекулах від 18 до 35, а вазелін є сумішшю деяких рідких і твердих алканів.

Важливими для практики є *галогенопохідні* метану й етану. Трихлорометан (хлороформ), тетрахлорометан, 1,2-дихлороетан слугують розчинниками жирів, мастил, полімерів. Хлороформ раніше використовували для наркозу, але нині від нього відмовились через токсичність. Хлороетан і сполуку з формулою $CHBrCl-CF_3$ застосовують для загальної та місцевої анестезії при хірургічних операціях. Флуорохлоропохідні метану (мал. 38) і етану (фреони) використовують у промислових і побутових холодильниках, а також для наповнення аерозольних балончиків із косметичними та лікарськими засобами. Фреони не шкодять здоров'ю, але спричиняють руйнування озонового шару в атмосфері.

' Можливі такі побічні реакції: $2C_6H_5Cl + 2Na \rightarrow C_6H_5-C_6H_5$ (дифеніл) + 2NaCl; $2C_2H_5Cl + 2Na \rightarrow C_4H_{10} + 2NaCl$.

Тому їх поступово замінюють на екологічно безпечні речовини.

Циклоалкани використовують у виробництві ліків, парфумів, а також як розчинники. Ці сполуки є важливою хімічною сировиною, зокрема, у виробництві штучних волокон. Хлоропохідне циклогексану $C_6H_6Cl_6$ (гексахлоран) раніше застосовували в сільському господарстві для знищення комах-шкідників, але нині цей препарат заборонено через його сильну токсичність.

Серед *алкенів* найбільшого використання набули етен і пропен; із них виробляють полімери — поліетилен і поліпропілен.

Найважливішим *алкіном* у практичному відношенні є етин (ацетилен). Він слугує вихідною речовиною для добування багатьох органічних сполук, зокрема етилового спирту, оцтової кислоти, полімерів, органічних розчинників. Цей газ також використовують для зварювання і різання металів.

Найбільше практичне значення серед *ароматичних вуглеводнів* має бензен — широко вживаний промисловий розчинник, вихідна речовина для виробництва вибухових речовин, барвників, лікарських препаратів, засобів боротьби зі шкідниками і хворобами рослин, інших органічних сполук. Метилбензен (толуен) використовують у виробництві лаків, друкарських фарб, бензойної кислоти, вибухових речовин, ліків, а також як розчинник. Із вінілбензену C_6H_5-$CH{=}CH_2$ виробляють полімери — полістирол і синтетичний каучук.

Фізіологічна дія. Серед вуглеводнів лише тверді алкани безпечні для нашого організму (парафін використовують із лікувальною метою). Рідкі й газуваті алкани негативно впливають на центральну нервову систему людини. Пентан і гексан подразнюють дихальні шляхи. Метан за тривалого вдихання спричиняє отруєння, яке іноді призводить

до смерті. Із метою його виявлення в разі витоку із плити, негерметичного або пошкодженого трубопроводу в газову магістраль добавляють невелику кількість сполук із сильним неприємним запахом; їхня назва — меркаптани. Користуючись газом у побуті, потрібно частіше провітрювати приміщення.

Цікаво знати

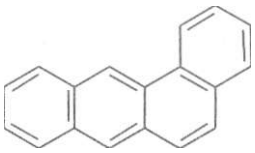
(' груктурна формула молекули метилмерісаптану —

Циклоалкани за дією на організм подібні до алканів.

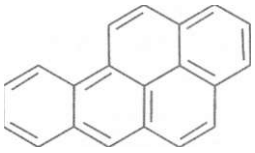
Алкени і алкіни подразнюють слизові оболонки дихальних шляхів, порушують кровообіг, негативно впливають на нервову систему.

Арени дуже токсичні. їх пари потрапляють в атмосферу під час лісових пожеж, при випаровуванні нафти, пального, спалюванні сміття. Бензен і метилбензен подразнюють шкіру, спричиняють негативні зміни у складі крові, вражають нервову систему.

Деякі арени є канцерогенами — речовинами, що провокують розвиток злоякісних пухлин:



1,2-бензантрацен



1,2-бензопірен

Вони містяться в тютюновому димі, кам'яновугільній смолі, асфальті.

ВИСНОВКИ

У промисловості вуглеводні добувають із природного і супутнього нафтового газів, нафти, вугілля. Із цією метою також здійснюють хімічні

реакції різного типу за участю органічних і неорганічних сполук.

Лабораторні методи добування вуглеводнів ґрунтуються на реакціях їх галогенопохідних з активними металами (реакція Вюрца), солей карбонових кислот із лугами, дегідратації спиртів, термічному розкладі алканів.

Вуглеводні та їх суміші становлять основу палива і пального, є сировиною для виробництва багатьох органічних речовин, слугують розчинниками.

Майже всі вуглеводні токсичні.

О
я

118. Випишіть із параграфа рівняння реакцій, у результаті яких утворюються:

а)алкани;
б)циклоалкани;
в) алкени;
г) алкіни;
ґ) арени.

119. Допишіть схеми реакцій і складіть хімічні рівняння:

а) CH_3I + N8 ... + ...; **в) C_2H_5COOK + ... 4 C_2H_6 + ...;**

б)... + N8 C_4H_{10} + **г) CO + :.. $\xrightarrow{1\text{ р'к}}$ C_5H_{12} + H_2O.**

120. Напишіть формули і назви сполук, із яких можуть утворитися за реакцією Вюрца:

а) н-гексан;
б) 2,3-диметилбутан;
в) 2,2,5,5-тетраметилгексан.

121. Визначте продукти перетворень і напишіть відповідні хімічні рівняння:

а) C_2H_6 -> C_2H_5Br -> C_4H_{10} $\xrightarrow[\text{ізомеризація}]{AlCl_3}$ $\xrightarrow[\text{1-ша стадія}]{+Br_2}$ >... +2№

-> алкан;

б) *н*-гексан $\xrightarrow[\text{ізомеризація}]{AlCl_3}$ ...й/тян $\xrightarrow[\text{1-ша стадія}]{}$ ... + 2 № -> алкан 1;

...бутан $\xrightarrow[\text{1-ша стадія}]{+Cl_2}$ ... + 2 № алкан 2.

122. Наведіть схему реакції утворення:
а) циклопентану з гієнтану;
б) циклопропану з дихлороалкану.

123. Яка сполука утворюється під час взаємодії цинку з 1,4-дихлорапентаном? Напишіть відповідне хімічне рівняння.

124. Напишіть хімічні рівняння, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення, і вкажіть умови перебігу реакцій:
а) $CaCO_3$ -> CaC_2 -> C_2H_2 -> C_6H_6 C_6H_5Br;
б) бут-2-ен 2-хлоробутан 3,4-диметилгексан.

125. Із ацетилену об'ємом 25 $м^3$ (н. у.), який містив 8 % домішок, добуто 16 кг бензену. Обчисліть відносний вихід бензену.

126. Після реакції дегідрування пропану отримали суміш трьох газів, причому розклалося 80 % вихідного вуглеводню. Обчисліть об'ємні частки газів у добутій суміші.

127. Етин кількістю речовини 0.2 моль пропустили над розжареним вугіллям, а добуту газувату суміш — у надлишок бромної води. Прореагувало 16 г брому. Визначте співвідношення об'ємів вуглеводнів у суміші.

1 Узагальнення знань про вуглеводні

Матеріал параграфа допоможе вам:

- підсумувати відомості про класифікацію вуглеводнів;
- повторити правила складання назв вуглеводнів;
- пригадати просторову будову молекул вуглеводнів та види їх ізомерії;
- обгрунтувати фізичні та найважливіші хімічні властивості вуглеводнів.

Ви докладно ознайомилися зі сполуками, які становлять фундамент органічної хімії. їх загальна назва — вуглеводні. Кожна із цих сполук утворена двома елементами — Карбоном і Гідрогеном. Підведемо підсумки вивченого

й узагальнимо відомості про вуглеводні, виділивши головне.

Класифікація. Вуглеводні, як і інші органічні сполуки, поділяють *за будовою карбонового ланцюга* молекул на дві великі групи. До однієї групи належать сполуки з відкритим ланцюгом (нерозгалуженим або розгалуженим), а до другої — із замкненим ланцюгом.

- Напишіть структурні формули молекул вуглеводнів складу C_4H_n, із карбоновими ланцюгами різної будови.

Інша класифікація вуглеводнів враховує *особливості ковалентних зв'язків* між атомами Карбону. Сполуки, в молекулах яких немає кратних (подвійних, потрійних) зв'язків, називають насиченими вуглеводнями, а якщо такі зв'язки є — ненасиченими.

- Назвіть групи вуглеводнів, молекули яких містять: а) лише прості зв'язки; б) прості зв'язки та один подвійний зв'язок; в) прості зв'язки та один потрійний зв'язок.

У разі чергування подвійних і простих зв'язків у молекулі вуглеводню утворюється єдина я-електронна система. Вам відома така сполука із циклічними молекулами — бензен[1].

Назви. Зростання кількості нових органічних речовин і наявність для багатьох із них кількох назв спонукали хіміків до створення універсальної системи назв сполук (номенклатури). Згідно з нею кожній сполуці відповідає лише одна назва, в якій закладено інформацію про будову молекули. У префіксі назви вуглеводню вказують назви, кількість і розміщення замісників у карбоновому ланцюзі або

[1] До сполук із єдиною л-електронною системою в молекулі належить також бута-1,3-дієн $CH_2=CH-CH=CH_2$ (с. 78).

циклі. Префікс також дає змогу встановити, відкритим чи замкненим є карбоновий ланцюг. Корінь назви вуглеводню вказує на кількість атомів Карбону в головному ланцюзі або циклі, а суфікс — на тип і кількість кратних зв'язків у молекулі. Цифрами в назві позначають положення замісників, а також подвійних і потрійних зв'язків у молекулі.

^ Назвіть вуглеводень, молекула якого містить у головному ланцюзі чотири атоми Карбону, два метильні замісники і потрійний зв'язок. Зобразіть структурну формулу молекули сполуки.

Цікаво знати

Молекула вуглеводню $C_{24}H_{12}$ (коронен) схожа на ажурну архітектурну конструкцію:

Просторова будова молекул. Частина електронів атомів Карбону в молекулах вуглеводнів перебуває в гібридних орбіталях. §p^3-Орбіталі (вони є в молекулах майже всіх вуглеводнів) зорієнтовані одна щодо одної під кутами 109° 28', §p^2-орбіталі (у молекулах алкенів, аренів) — під кутами 120°, зр-орбіталі (у молекулах алкінів) — 180°. У першому випадку відповідний «карбоновий» фрагмент молекули має тетраедричну будову ( ) , у другому — перебуває в одній площині (^C=CГ)' [a] в третьому — на одній лінії (—C≡C—). У молекулах аренів деякі електрони атомів Карбону розміщені в негібридизованих р-орбіталях. Створювана ними єдина л-електронна система зумовлює площинну будову карбонових циклів.

Охарактеризуйте хімічний зв'язок, гібридизацію орбіталей атома Карбону і просторове розміщення атомів у молекулі пропену.

Ізомерія. Вивчаючи вуглеводні, ви довідалися, що серед них існують сполуки з однаковим

складом, але із різною будовою молекул. Таке явище називають ізомерією, а відповідні сполуки — ізомерами.

Виокремлюють два типи ізомерії — *структурну і просторову.*

Вуглеводні, що є структурними ізомерами, можуть різнитися будовою карбонового ланцюга молекул, типом, кількістю та положенням замісників і кратних зв'язків. Частина таких ізомерів належить до різних груп вуглеводнів з однаковими загальними формулами (наприклад, до циклоалканів і алкенів).

Цікаво знати
Існують ізомери (дзеркальні), молекули яких різняться, як долоні правої та лівої рук.

Серед циклоалканів і алкенів можуть бути і просторові ізомери. У молекулах таких ізомерів деякі атоми і групи атомів мають різне розміщення у просторі щодо карбонового циклу (в циклоалканах) або подвійного зв'язку (в алкенах). У цих випадках розрізняють геометричні, або *цис-* і *транс*-ізомери.

• Які типи ізомерії існують для сполук, що мають формулу C_4H_3? Зобразіть структурні формули їх молекул.

Будова молекул вуглеводнів впливає на властивості сполук.

Фізичні властивості. У гомологічних рядах вуглеводнів температури плавлення і кипіння зі збільшенням молекулярних мас сполук зростають. Це загальна закономірність для будь-яких сполук подібного складу і будови — як органічних, так і неорганічних.

Оскільки зв'язки між атомами Карбону та Гідрогену мають незначну полярність і молекули вуглеводнів майже неполярні, то ці сполуки практично нерозчинні у воді.

Хімічні властивості. Усі вуглеводні горять у надлишку кисню з утворенням вуглекислого газу і води, а під час нагрівання без доступу повітря розкладаються. Серед продуктів розкладу можуть бути прості речовини — вуглець і водень, а також інші вуглеводні.

Більшість хімічних властивостей вуглеводнів зумовлена особливостями ковалентних зв'язків між атомами Карбону в молекулах.

Для насичених вуглеводнів характерні реакції заміщення. Під час взаємодії з галогенами (реакція *галогенування)* атоми Гідрогену в молекулах вуглеводнів заміщуються на атоми галогенів.

Ненасичені вуглеводні беруть участь у реакціях приєднання. До їхніх молекул унаслідок руйнування л-зв'язків приєднуються молекули водню (реакція *гідрування),* галогенів (реакція *галогенування),* галогеноводнів, води (реакція *гідратації).* Крім того, ненасичені вуглеводні вступають у реакції *полімеризації.*

Із прикладом взаємного впливу атомів у молекулах вуглеводнів ви ознайомилися під час вивчення реакцій приєднання галогеноводнів і води до несиметричних алкенів (с. 74).

• Напишіть рівняння реакції приєднання гідроген хлориду до пропену і прокоментуйте її. Яке правило дає змогу передбачити склад продукту цієї реакції?

Існування єдиної л-електронної системи в бензеновому кільці утруднює перебіг реакцій приєднання за участю аренів. Характерними для цих вуглеводнів є реакції заміщення.

Основні відомості про склад, хімічні властивості та способи добування вуглеводнів зібрано в *Додатку* (с. 318—322).

ВИСНОВКИ

Вуглеводні класифікують за різними ознаками. Серед них виокремлюють групи сполук із відкритим і замкненим карбоновим ланцюгом у молекулах. За особливостями хімічних зв'язків

між атомами Карбону розрізняють насичені, ненасичені й ароматичні вуглеводні.

Кожний вуглеводень має систематичну назву, в якій закладено інформацію про будову молекули.

Існують два типи ізомерії вуглеводнів — структурна і просторова.

Валентні електрони атомів Карбону в молекулах вуглеводнів перебувають у гібридних орбіталях, які мають різне розміщення у просторі. У молекулах аренів існує єдина я-електронна система.

Поведінка вуглеводнів у хімічних реакціях залежить від характеру зв'язків між атомами Карбону в молекулах.

9 в

128. Допишіть формули алкану C_7... , алкену C_8... , циклоалкану C_5... , арену C_6....

129. Зобразіть структурні формули молекул бут-2-ену, пропіну, бензену. Охарактеризуйте хімічні зв'язки в них, а також гібридизацію орбіталей атомів Карбону.

130. Допишіть продукти у схемах реакцій і знайдіть відповідність.

Схема реакції	Назва реакції
1) $CH_3Cl + Cl_2$ -> ...	а) гідрування;
2) $C_2H_2 + H_2$ ...	б) галогенування;
3) $C_2H_4 + H_2O$ -» ...	в) горіння;
4) $C_2H_4 + Br_2$ -» ...	г) гідратація;
5) $C_6H_5CH_3 + O_2$ ...	г) нітрування;
6) C_6H_6 + HO-I\Ю$_2$ ->•...	д) заміщення;
	е)приєднання.

131. Напишіть по одному рівнянню реакцій дегідрування, полімеризації, повного і неповного окиснення за участю вуглеводнів.

132. Складіть рівняння реакцій для здійснення перетворень і вкажіть умови перебігу кожної реакції:

$CH_4 \rightarrow CH_3Br \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5Cl$ $C_4H_{10} \rightarrow C_4H_8 \rightarrow C_4H_8Br_2$.

133. Назвіть вуглеводень із масовою часткою Карбону 90 %, який є другим у відповідному гомологічному ряду.

134. Обчисліть і порівняйте масові частки Карбону для перших членів гомологічних рядів алканів, циклоалканів, алкенів, алкінів, аренів.

135. Після спалювання 1 моль арену утворилося 7 моль вуглекислого газу. Зобразіть структурну формулу молекули арену.

136. Визначте формулу вуглеводню розгалуженої будови, якщо густина його пари за воднем становить 34, а молекула сполуки містить один кратний зв'язок і може приєднати дві молекули хлору. Зобразіть структурну формулу молекули цього вуглеводню.

137. Суміш складається із двох ароматичних вуглеводнів. Кількість речовини кожної сполуки в ній становить 1 моль. Після спалювання суміші і пропускання продуктів згоряння в надлишок вапняної води утворилося 13 моль осаду. Обчисліть відносну густину вихідної суміші в газоподібному стані за воднем. Напишіть рівняння відповідних реакцій.

3 розділ

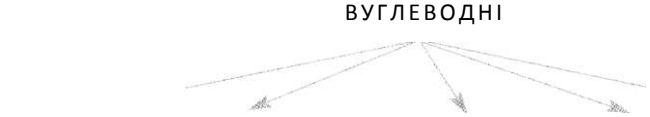
Ярмродй: **джерела** вуглеводнів та їх переробка

Серед органічних сполук найбільшого використання набули вуглеводні.

Існують кілька природних джерел вуглеводнів (схема 5). їх запаси на нашій планеті є вичерпними.

Схема 5

Природні джерела вуглеводнів



16 Природні джерела вуглеводнів

Матеріал параграфа допоможе вам:

- дізнатися про склад і властивості нафти;
- отримати відомості про природний і супутній нафтовий гази, вугілля, горючі сланці;
- сформувати уявлення про використання природних джерел вуглеводнів.

Мал. 39. Нафта

Мал. 40. **Горіння нафти**

Нафта є сумішшю насичених (алканів. циклоалканів) і ароматичних вуглеводнів. Найбільше в ній рідких вуглеводнів (80—90 % від маси нафти), у яких розчинені невеликі кількості твердих і газуватих вуглеводнів, органічних оксигено-, нітрогено- та сульфуровмісних сполук. У нафті є також вода і деякі неорганічні речовини.

Нафта — темна оліїста рідина зі специфічним запахом (мал. 39). Вона легша за воду (її густина 0,82—0,95 г/см^3) і нерозчинна в ній. У природних умовах нафта утворює з водою стійку неоднорідну суміш — емульсію. Нафта розчиняється в багатьох органічних розчинниках, насамперед у рідких вуглеводнях. Це горюча рідина (мал. 40).

Нафта, як і інші суміші речовин, не має певної температури кипіння. Вона починає кипіти вже за слабкого нагрівання (30—60 °С), а за високих температур цей процес супроводжується поступовим розкладом сполук, які містяться в нафті.

Існують дві теорії походження нафти — органічна (найбільш поширена} і неорганічна, або мінеральна. Згідно з органічною теорією, нафта утворювалася протягом мільйонів років у надрах планети із залишків планктону, рослин і тварин, які під тиском і за високої температури перетворювалися на вуглеводні. За *мінеральною теорією вуглеводні нафти є продуктами реакцій карбідів металічних елементів із водою, а також водню з карбон(II) оксидом, що відбувалися в надрах планети.*

Україна має невеликі родовища нафти. її щорічний видобуток становить у середньому 3 млн т (у 2009 р, — 2,9 мли т), або приблизно 10 % від загальної потреби країни.

Запаси нафти у світі швидко витрачаються і можуть бути вичерпані вже в цьому столітті.

Цікаво знати
На вугілля припадає приблизно 80 % від маси усіх горючих копалин.

Тому вчені розробляють технології виробництва рідкого пального з іншої сировини, зокрема з вугілля, якого на планеті значно більше.

Із нафти, крім різних видів пального, добувають розчинники, органічні сполуки для виробництва полімерів, лікарських препаратів, засобів захисту рослин від хвороб і шкідників тощо.

Природний газ відомий вам із повсякденного життя. Його застосовують для опалення житла, приготування їжі. Природний газ слугує паливом у промисловості, на теплоелектростанціях, а сильно стиснений (до 200—250 атм.) — пальним для вантажного автотранспорту. Крім того, він — цінна хімічна сировина.

Основна складова природного газу — метан (його об'ємна частка становить 85—99 %). Домішками є етан, інші легкі вуглеводні, азот, вуглекислий газ, сірководень.

Властивості природного газу майже такі самі, що й метану. Він горючий, а його суміші з повітрям вибухонебезпечні.

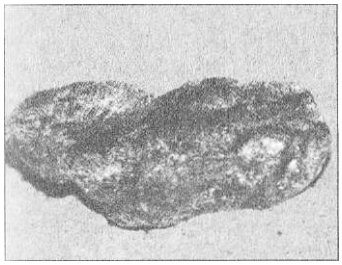
Покладів природного газу в Україні більше, ніж нафти. Щороку його видобувають у середньому 20 млрд $м^3$ (у 2009 р. — 20,3 млрд $м^3$), що становить 1/5 від кількості, необхідної для нашої промисловості, енергетики, побуту.

Супутній нафтовий газ — суміш газуватих вуглеводнів, які містяться разом із нафтою в її родовищі. За якісним складом супутній нафтовий газ нагадує природний, але метану в ньому менше (30—40 % за об'ємом), а етану та інших вуглеводнів — більше.

Частина цього газу розчинена в нафті. При просуванні нафти із земних надр на поверхню тиск спадає, розчинність газів зменшується, і вони виділяються з неї.

Із супутнього нафтового газу на газопереробних заводах добувають метан, етан, пропан, бутан, а також газовий бензин (він містить рідкі вуглеводні C_5—$C_и$).

Мал. 41.
Антрацит



Мал. 42.
Горючий сланець

Вугілля — тверда горюча копалина, яка утворилася багато мільйонів років тому в надрах планети внаслідок розкладу величезних рослинних мас. Це суміш багатьох органічних речовин із високим умістом Карбону і деяких неорганічних сполук. Вугілля використовують як паливо (в теплоенергетиці, промисловості, іноді — в побуті), а деякі його види — для виробництва коксу, горючих газових сумішей, деяких органічних сполук.

Існують три види вугілля — антрацит (мал. 41), кам'яне і буре. Масова частка Карбону в антрациті найбільша (94—97 %), а в бурому вугіллі — найменша (після видалення з нього води — 64—80 %).

Україна багата на поклади вугілля. Найбільше родовище кам'яного вугілля є в Донецькій і Луганській областях. Значно менше його видобувають у Львівсько-Волинському басейні. Буре вугілля зосереджене переважно в Дніпровському басейні, а поклади антрациту — в Донецькому.

У вугільних пластах міститься і природний газ (метан). Невелику частину його використовують як паливо, а решта виходить в атмосферу. Незважаючи на контроль за вмістом метану в шахтах, трапляються вибухи газу, які призводять до загибелі шахтарів.

«Вугільний» газ — важливий резерв для теплоенергетики України. Обсяг його щорічного видобутку може становити кілька мільярдів кубометрів.

Горючі сланці — гірська порода, в якій містяться органічні й неорганічні речовини (мал. 42). Органічна складова є продуктом тривалого перетворення рослинних і тваринних залишків у надрах планети. Масові частки

елементів у горючих сланцях такі (у відсотках): Карбон — 60—78, Гідроген — 7—10, Оксиген — 10—20, Сульфур — 1,5—11. Горючі сланці використовують як паливо. Крім того, їх піддають термообробці з метою добування горючих газів, газового бензину, смоли.

За покладами горючих сланців Україна посідає третє місце в Європі.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 5
Ознайомлення з різними видами палива

Розгляньте колекцію зразків палива і заповніть таблицю:

Назва палива	Зовнішній вигляд	Сфери використання

ВИСНОВКИ

Вуглеводні трапляються в природі. їхніми джерелами с нафта, природний і супутній нафтовий гази, вугілля, горючі сланці.

Нафта — суміш переважно рідких вуглеводнів. Основною складовою природного І супутнього нафтового газів є метан. У вугіллі міститься багато речовин, здебільшого органічних. Масова частка Карбону залежно від виду вугілля становить від 64 до 97 %.

Природні джерела вуглеводнів та продукти їх переробки слугують паливом., пальним; їх використовують для добування органічних речовин.

?

138. Які групи вуглеводнів містяться в нафті?

139. Чому нафта не має певної густини і температури кипіння?

140. Порівняйте склад природного і супутнього нафтового газів.

141. Природний газ одного із родовищ містить 94 % метану, 2 % етану, 2 % пропану (частки об'ємні), а також азот і вуглекислий газ. Який об'єм повітря необхідний для повного згоряння 1 $м^3$ цього газу?

142. Унаслідок спалювання 10 г антрациту в надлишку кисню утворилося 18 л карбон(IV) оксиду (н. у.). Визначте масову частку Карбону в антрациті.

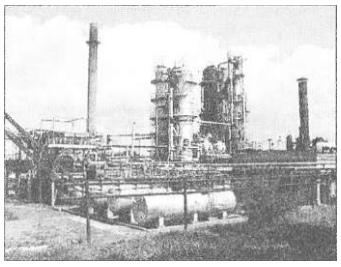
143. Під час згоряння 1 кг природного газу виділяється 44 000 кДж теплоти. Яку кількість теплоти можна добути при згорянні 1 л цього газу (н. у.)? Припустіть, що природний газ містить лише метан.

17 Переробка нафти

Матеріал параграфа допоможе вам:

- дізнатися про перегонку нафти та її продукти;
- отримати відомості про крекінг нафти;
- з'ясувати, що таке октанове число.

Основною метою переробки нафти є добування бензітну та інших видів пального. Крім того, нафта — цінна сировина для хімічної промисловості.



Мал. 43.
Нафтопереробний завод, м. Одеса

Найбільші нафтопереробні підприємства України розташовані в Кременчуку, Лисичанську, Херсоні, Одесі (мал. 43), Дрогобичі, Львові, Надвірному (Івано-Франківська обл.). Вони виробляють майже 50 видів нафтопродуктів.

Сиру нафту перед переробкою зневоднюють, вилучають із неї солі[1], а також леткі вуглеводні (пропан, бутан тощо).

[1] Хлориди спричинюють сильну корозію обладнання нафтопереробного заводу.

Розрізняють *первинні)* і *вторинну переробку нафти.* Основу первинної переробки становить перегонка, а вторинної — хімічні реакції, під час яких змінюються склад і будова молекул вуглеводнів.

Перегонка нафти. Вам відомо, що нафта є сумішшю, у якій переважають вуглеводні. Кожна сполука має певну температуру кипіння. Отже, нагріваючи нафту, можна поступово виділяти з неї окремі речовини в газуватому стані. У промисловості в такий спосіб, тобто перегонкою, із нафти добувають суміші речовин, що киплять у певному температурному інтервалі. Такі суміші називають *фракціями* (табл. 3).

Таблиця 3

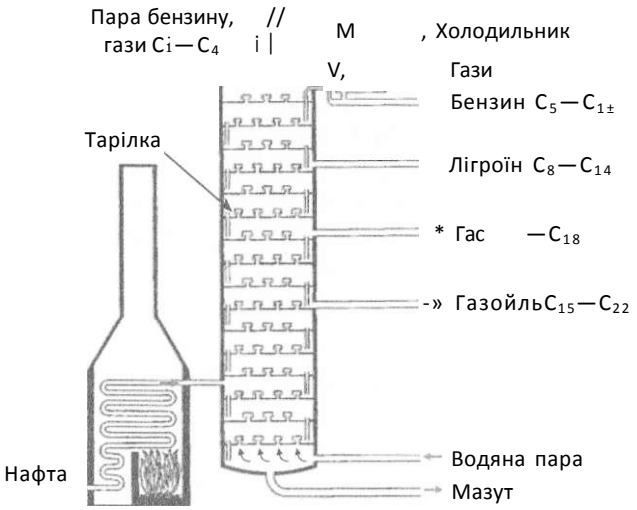
Характеристики фракцій, які добувають перегонкою нафти

Назва фракції	**Кількість атомів Карбону в молекулах вуглеводнів**	**Інтервал температур кипіння, °С**	**Застосування**
Бензин	С5 — Сц	40—200	Пальне для авіаційних та автомобільних двигунів
Лігроїн	Се—Сі4	150—250	Пальне для тракторів
Гас	Сі2—Сі8	180—300	Пальне для тракторів, реактивних літаків і ракет
Газойль	С15—С22	230—350	Дизельне пальне
Мазут*	С23—...	> 350	Паливо для котлів, промислових печей; хімічна сировина**

* Залишок після перегонки нафти.

** Перегонкою мазуту у вакуумі добувають мастила.

Перегонку нафти здійснюють у безперервно діючих ректифікаційних колонах тарілчастої конструкції (мал. 44, 45). Нафту попередньо нагрівають до кипіння і разом із гарячою водяною парою вводять у колону, де газова суміш поступово охолоджується. При цьому спочатку



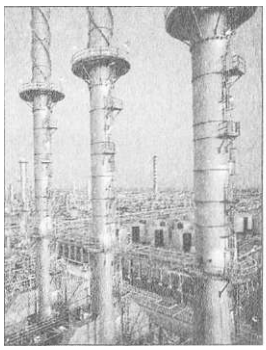
б

Мал. 44. Схема установки для перегонки нафти:
***а* — трубчаста піч;**
б — ректифікаційна колона

зріджуються вуглеводні з більшими молекулярними масами (вони мають вищі температури кипіння), потім — із меншими. Розчинені в нафті вуглеводні, що за звичайних умов є газами, виходять із верхньої частини колони.

Відносні кількості продуктів перегонки нафти наведено на малюнку 46.

Важливим продуктом переробки нафти є бензин. Якість бензину визначають за його

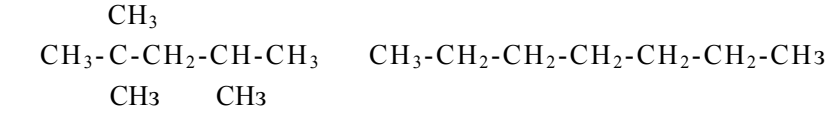


Мал. 45. Ректифікаційні колони на нафтопереробному заводі

Мал. 46. Приблизний розподіл продуктів перегонки нафти за масою

стійкістю до *детонації*[1]. Так називають явище дуже швидкого, вибухового згоряння парів речовини в суміші з повітрям при стисненні. Чим більше в бензині алканів розгалуженої будови і аренів, тим він стійкіший до детонації, а чим більше нерозгалужених алканів, тим він легше детонує.

Детонаційну стійкість бензину характеризують *октановим числом.* Для створення шкали цих чисел було обрано два вуглеводні —



2,2,4-триметилпентан (ізооктан) к-гептан

Октанове число для ізооктану, який важко детонує, взято за 100, а для к-гептану, що легко детонує, — за 0. Якщо октанове число бензину становить 95, то його стійкість до детонації така сама, що й суміші ізооктану та к-гептану з їх об'ємними частками відповідно 95 і 5 %.

Чим вище октанове число, тим бензин стійкіший до передчасного спалахування в камері згоряння, витримує більший тиск без детонації і тим потужніше може працювати двигун. Октанові числа найуживаніших марок пального — 76, 80, 92, 95 і 98 (мал. 47).

Мал. 47. Асортимент пального (справа — вартість 1 л пального)

Бензин, добутий перегонкою нафти, має невисоку якість; його октанові числа здебільшого становлять 40—55.

Крекінг[2] — процес вторинної переробки нафти. Він полягає в сильному нагріванні її високотемпературних фракцій — гасу, газойлю, мазуту з метою добування більш легких вуглеводнів. За таких умов розриваються зв'язки в карбонових ланцюгах молекул вуглеводнів і відбувається їх перебудова. Застосування крекінгу дає змогу істотно збільшити загальний вихід бензину.

[1] Термін походить від латинського слова cieiopaге — прогриміти.
[2] Термін походить від англійського слова cracк — розщеплювати.

Існують два види крекінгу — термічний і каталітичний.

Термічний крекінг здійснюють за температури 450—550 °С і тиску в кілька атмосфер. Під час цього процесу молекули вищих алканів розщеплюються на молекули алканів та алкенів із меншою довжиною карбонових ланцюгів:

$$\underset{\text{гексадекан}}{C_{16}H_{34}} \xrightarrow{t^\circ} \underset{\text{октан}}{C_8H_{18}} + \underset{\text{октен}}{C_8H_{16}};$$

$$\underset{\text{додекан}}{C_{12}H_{26}} \xrightarrow{t^\circ} \underset{\text{октан}}{C_8H_{18}} + \underset{\text{бутен}}{C_4H_8};$$

$$\underset{\text{октан}}{C_6H_{14}} \xrightarrow{} \underset{\text{гексан}}{C_6H_{14}} + \underset{\text{етен}}{C_2H_4}.$$

Серед продуктів розкладу вуглеводнів може бути і водень.

Такі реакції відбуваються за радикально-ланцюговим механізмом. Унаслідок розриву а-зв'язку між атомами Карбону в молекулі алкану утворюються радикали:

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \rightarrow CH_3\bullet + CH_2\text{-}CH_3.$$

Ці частинки сполучаються в молекули нових алканів

$$H_3C\text{-} + CH_3 \rightarrow H_3C\text{—}CH_3,$$

$$CH_3CH_2\text{-} + CH_2CH_3 \rightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$$

або «відбирають» атоми Гідрогену один в одного:

$$H_3C\bullet + \bullet CH_2CH_3 \rightarrow CH_4 + CH_2{=}CH_2.$$

Бензин, добутий термічним крекінгом, має вище октанове число (65—70), ніж у результаті перегонки нафти. Проте в ньому містяться ненасичені вуглеводні, окиснення яких призводить до погіршення якості бензину під час транспортування та зберігання. З метою уповільнення процесів окиснення до бензину добавляють спеціальні речовини.

Каталітичний крекінг здійснюють за нижчої температури, ніж термічний, невисокого тиску і наявності каталізаторів (алюмосилікатів). Реакції відбуваються значно швидше, ніж при термічному крекінгу, причому водночас із розкладом молекул вуглеводнів

проходить ізомеризація алкенів і приєднання до них водню (алкани майже не ізомеризуються). Унаслідок цього утворюються переважно вуглеводні розгалуженої будови, а також циклічні й ароматичні.

Бензин, добутий каталітичним крекінгом, має підвищений вміст аренів, досить високе октанове число (75—80) і не втрачає своїх якостей із часом, оскільки містить мало ненасичених вуглеводнів.

Риформінг[1] — спосіб переробки нафтопродуктів бензинової та лігроїнової фракцій, за допомогою якого добувають високоякісний бензин із октановими числами від 77 до 86, а також ароматичні вуглеводні та водень.

Існує термічний і каталітичний риформінг. Обидва процеси здійснюють за високих температури і тиску, а каталітичний — ще й за участю каталізаторів.

Октанове число бензину підвищують за допомогою спеціальних добавок — антидетонаторів, наприклад тетраетилсвинцю $(C_2H_5)_4Pb$ (хімічна назва сполуки — тетраетилплюмбум). Однак при згорянні бензину з такою добавкою в атмосферу потрапляють отруйні сполуки Плюмбуму. Тому в багатьох країнах використання тетраетилсвинцю заборонене. Нині все частіше застосовують екологічно безпечні антидетонатори.

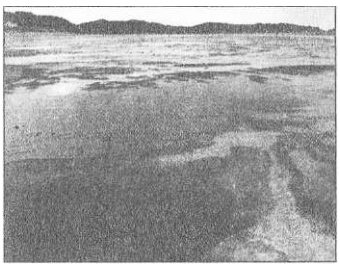
ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 6

Ознайомлення зі зразками нафтопродуктів

Розгляньте колекцію зразків нафтопродуктів і заповніть таблицю:

[1] Термін походить від англійського слова ге£огт — перетворювати, виправляти.

Назва нафтопродукту	**Зовнішній вигляд**	**Сфери використання**



Мал. 48.
Наслідки витоку нафти

Забруднення довкілля нафтою і нафтопродуктами. Останнім часом почастішали випадки потрапляння нафти і нафтопродуктів в океани і моря через аварії танкерів, нафтовидобувних платформ (мал. 48). Це завдає серйозної шкоди всьому живому, що мешкає в гідросфері, спричиняє забруднення берегів. Нафту і нафтопродукти збирають із поверхні води, а на суходолі видаляють разом із шаром ґрунту.

ВИСНОВКИ

Первинна переробка нафти полягає в її перегонці. При цьому добувають бензин, гас та інші нафтопродукти.

При вторинній переробці нафти (крекінгу) відбуваються хімічні реакції за участю різних вуглеводнів. Розрізняють термічний і каталітичний крекінг.

Якість пального оцінюють за октановим числом. Чим воно більше, тим вища стійкість пального до детонації (вибухового згоряння).

Охорона довкілля від забруднень нафтою і нафтопродуктами є актуальною екологічною проблемою.

144. Назвіть процеси, які покладено в основу первинної та вторинної переробки нафти.

145. Які продукти утворюються при перегонці нафти?

146. Чим відрізняється крекінг від перегонки? Які види крекінгу існують?

147. Що таке октанове число? Прокоментуйте значення октанового числа 80.

148. Які вуглеводні мають більші октанові числа — нормальної чи розгалуженої будови?

149. Напишіть рівняння реакцій, які відбуваються під час переробки нафти:
   а) перетворення н-пентану на диметилпропан;
   б) дегідрування н-октану з утворенням 1,2-диметилбензену.

150. Обчисліть мольне співвідношення ізооктану та н-гептану в їхній суміші з октановим числом 76, якщо густини цих вуглеводнів становлять відповідно 0,692 і 0,684 г/см^3.

151. Після каталітичного крекінгу нафти утворилася суміш вуглеводнів із масовими частками ізооктану і толуену відповідно 11,4 і 4,6 %. Скільки молекул ізооктану припадає в суміші на одну молекулу толуену?

18 Хімічна переробка вугілля

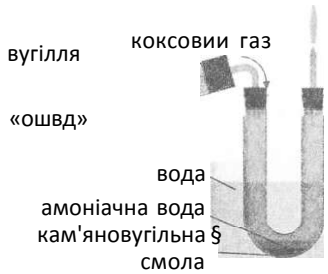
Матеріал параграфа допоможе вам:

дізнатися про способи хімічної переробки вугілля;

отримати відомості про продукти коксування, газифікації та гідрування вугілля.

Вугілля використовують не лише як паливо. Воно є цінною сировиною для добування органічних сполук, зокрема ароматичних. Із кам'яного вугілля виробляють кокс, без якого неможливо виплавляти чавун.

Існують три способи хімічної переробки вугілля — *коксування, газифікація* і *гідрування.*



Мал. 49.
Дослід із коксування вугілля

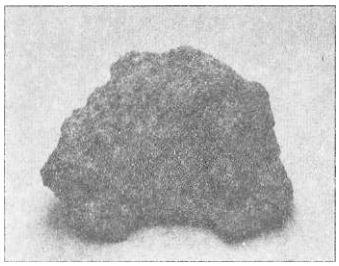
Коксування — процес розкладу вугілля за високої температури й відсутності повітря. Кам'яне вугілля нагрівають у спеціальних (коксових) печах за температури 900—1100 °С. Під час хімічних реакцій із вугілля виділяється суміш газів і парів летких речовин, яка при охолодженні розділяється на коксовий газ, кам'яновугільну смолу і надсмольну воду (схема 6, мал. 49), а вугілля перетворюється на кокс.

Схема 6

Продукти коксування кам'яного вугілля

КАМ'ЯНЕ ВУГІЛЛЯ

Кокс	Коксовий газ	Кам'яновугільна смола	Надсмольна вода		
Амоніак	Бензен	Горючі гази H_2, CH_4, CO	Арени	Амоніак	Солі амонію



Кокс — порувата речовина темно-сірого кольору (мал. 50), що містить 96—98 % Карбону за масою, а також Гідроген, Оксиген, деякі інші елементи. Його використовують як відновник у металургії, зокрема у виробництві чавуну.

Коксовий газ складається із водню (об'ємна частка 58—62 %), метану (24—27 %), чадного газу (5—7 %), азоту, амоніаку, парів бензену та деяких інших речовин. Амоніак вилучають, пропускаючи коксовий газ у розчин сульфатної кислоти, а амоній сульфат ($NH_4)_2SO_4$, що утворюється, використовують як азотне добриво. Бензен поглинають органічними розчинниками, а потім виділяють перегонкою.

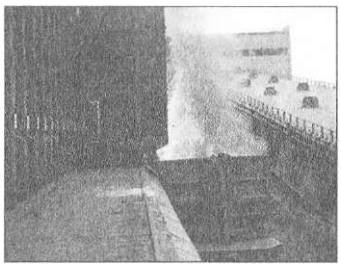
Звільнений від амоніаку і бензену коксовий газ застосовують як паливо і сировину для добування водню.

Надсмольна вода містить розчинені гази — вуглекислий газ, сірководень, хлороводень, ціановодень (HC1M), амоніак, а також солі амонію, що є продуктами взаємодії амоніаку з цими газами, і деякі органічні речовини. Із надсмольної води вилучають амоніак і солі амонію, які використовують для виробництва добрив. Із сірководню добувають сірку і сульфатну кислоту.

Кам'яновугільна смола — густа чорна рідина зі специфічним запахом. Вона є сировиною для добування ароматичних сполук — бензену, метилбензену, деяких інших аренів, фенолу.

При коксуванні з кожної тонни вугілля добувають у середньому 750 кг коксу, 350 м^3 коксового газу, 40 кг кам'яновугільної смоли, 12 кг сирого бензену, 3,4 кг амоніаку.

Найбільше коксохімічних заводів у Донецькій області. Вони виробляють понад половину всього коксу в Україні (мал. 51). Такі заводи є також у Дніпропетровській, Луганській і Запорізькій областях.



Мал. 51.
Відвантаження коксу
на коксохімічному заводі

Газифікація — перетворення вугілля[1] за допомогою хімічних реакцій на горючі гази. Вони утворюються в результаті окиснення вугілля недостатньою кількістю кисню (повітря), водяною парою, а також вуглекислим газом за температури 800—900 °С.

Процес газифікації здійснюють у газогенераторних установках. В утворюваній газовій суміші переважають карбон(II) оксид, водень і метан:

[1] Крім вугілля, газифікують горючі сланці, торф, деревину.

$2C + 0_2 = \mathbf{2C0};$ $C + H_20 = \mathbf{CO + H_2};$ $C + 2H_2 = \mathbf{CH_4};$

$C + 0_2 = C0_2;$ $CO + H_20 = C0_2 + \mathbf{H_2};$ $CO + 3H_2 = \mathbf{CH_4} + H_20.$

$C + C0_2 = \mathbf{2CO};$

Таку суміш газів використовують у промисловості як паливо. Крім того, взаємодією карбон(II) оксиду з воднем за певних умов добувають суміш вуглеводнів, подібну за складом до бензину:

$$nCO + (2га + 1)H_2 \qquad C_{„}H_{2п+2} + гаH_20.$$

При цьому утворюються переважно вуглеводні з нерозгалуженими молекулами.

Газифікацію можна здійснювати безпосередньо під землею, у вугільних покладах. Ідею підземної газифікації запропонував ще Д. І. Менделєєв. Процес відбувається у свердловині, яка виконує роль реактора, за вищої температури (1000—2000 °С), ніжу газогенераторній установці.

Гідрування — перетворення вугілля на рідкі та газуваті вуглеводні під дією водню за температури 400—600 °С, певного тиску і наявності каталізатора. Гідруванням вугілля (найчастіше бурого) добувають синтетичне рідке пальне:

$$гаС + (га + 1)\,H_2 \wedge \wedge C_{„}H_{2п+2}.$$

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 7
Ознайомлення зі зразками продуктів коксування кам'яного вугілля

Розгляньте колекцію зразків продуктів коксування вугілля і заповніть таблицю:

Назва продукту	Зовнішній вигляд	Сфери використання

Хімічну переробку вугілля здійснюють коксуванням, газифікацією і гідруванням. При коксуванні вугілля, крім коксу, добувають важливі органічні й неорганічні речовини, а під час газифікації та гідрування — вуглеводні та горючі газові суміші.

152. Назвіть способи хімічної переробки вугілля. Чим вони різняться?

153. Які продукти утворюються при коксуванні кам'яного вугілля?

154. Напишіть рівняння реакцій утворення пентану із карбон(II) оксиду і водню.

155. Із однієї тонни вугілля при коксуванні утворилося 250 $м^3$ коксового газу, а 1 $м^3$ цього газу містив ЗО г парів бензену. Яку масу бензену можна добути із вугілля масою 5 т?

156. У достатній кількості повітря спалили 100 г коксу з масовою часткою Карбону 96 %. Продукти спалювання пропустили в надлишок вапняної води. Яка маса осаду утворилася?

4 Розділ
Оксигеновмісні органічні сполуки

У природі існує дуже багато оксигеновмісних органічних сполук. Вони, як і вуглеводні, бувають насиченими, ненасичеиими, ароматичними.

З урахуванням наявності в молекулах певних функціональних груп оксигеновмісні органічні сполуки поділяють на класи.

У цьому розділі розглянуто класи сполук, указані на схемі 7. Крім того, йтиметься про фенол C_6H_5OH, етери К-О-К' і жири.

Схема 7

Оксигеновмісні органічні сполуки

ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

Спирти	Альдегіди	Карбонові кислоти	Естери	Вуглеводи
К-ОН	$K-C^{O}_{H}$	$Я-C^{O}_{OH}$	*Я-СООЯ'*	Сп(Н20)т

9 Спирти

Матеріал параграфа допоможе вам:

отримати нові відомості про класифікацію спиртів;
давати спиртам систематичні назви;

дізнатися про ізомерію спиртів;
складати формули ізомерів спиртів.

Оксигеновмісні сполуки починають вивчати зі спиртів. Молекула спирту складається із вуглеводневого залишку та однієї або кількох гідроксильних груп. *Група -....ОН є функціональною групою класу спиртів.*

Спирти — похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні групи.

Класифікація. Спирти класифікують за кількома ознаками. Із курсу хімії 9 класу вам відомо, що за кількістю гідроксильних груп у молекулі спирти поділяють на *одноатомні* (молекула містить одну групу -ОН) та *багатоатомні* — двохатомні (дві групи -ОН), трьохатомні (три групи -ОН) та ін.

Напишіть формули трьох спиртів одно-двох- і трьохатомного.

Відповідно до особливостей зв'язків між атомами Карбону в молекулах розрізняють *насичені, ненасичені* й *ароматичні* спирти. Формули найпростіших спиртів кожної групи:

CH_3OH, $CH_2=CH-CH_2OH$, $C_6H_5-CH_2OH$.

Зверніть увагу: в молекулах спиртів гідроксильна група сполучена з атомом Карбону, який перебуває у стані sp^3-гібридизації.

Одноатомні спирти R-OH

Загальна формула одноатомних спиртів — $R—OH$. Гідроксильна група може сполучатися із первинним, вторинним або третинним атомом Карбону. Зважаючи на це, одноатомні спирти поділяють на первинні, вторинні й третинні:

CH_3-CH_2-OH $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$ $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_3$

Спирти, молекули яких містять 10 і більше атомів Карбону, називають *вищими.*

У цьому і наступних параграфах розглянуто лише насичені спирти.

Назви. Систематична назва *насиченого одноатомного спирту* складається з назви алкану з таким самим карбоновим ланцюгом у молекулі і суфікса -ол:

CH_3OH — метанол, C_2H_3OH — етанол.

Цікаво знати
Тривіальна назва метанолу — деревний спирт, а етанолу — винний спирт.

Якщо молекула спирту містить три або більше атомів Карбону, то їх нумерують з того кінця ланцюга, до якого ближче розміщена ОН-група. У назві спирту після назви відповідного алкану зазначають номер атома Карбону, з яким сполучена гідроксильна група:

$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2OH$.

пропан-Гол[1]

У розгалуженій молекулі спирту обирають найдовший карбоновий ланцюг, причому такий, щоб один із його атомів був сполучений із гідроксильною групою. Назви замісників та їх положення вказують у назві спирту за правилами, встановленими для вуглеводнів:

$$CH_3\text{-}\overset{OH}{\overset{|}{\overset{2}{C}}}H\text{-}\overset{CH_3}{\overset{|}{\overset{3}{C}}}H\text{-}\overset{4}{C}H_3$$

3-метилбутан-2-ол

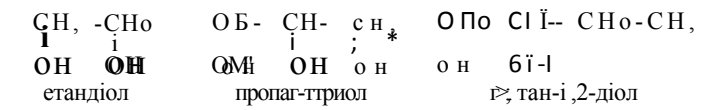
• Зобразіть структурну формулу молекули 2,3-диметилбутан-1-олу.

Цікаво знати
Сполуки з формулою $C_6H_{11}OH$ називають аміловими спиртами.

У науці й на практиці часто використовують інші назви спиртів. Кожна з них складається із двох слів. Перше слово походить від назви вуглеводневого залишку, з яким сполучена гідроксильна група, а другим є слово *спирт:* CH_3OH — метиловий спирт, C_2H_5OH — етиловий спирт.

[1] Раніше місце функціональної групи в назві спирту вказували так: 1-пропанол, пропанол-1.

Системагична назва *двохатомного (трьох • атомного) спирту* складається з назви відповідного алкану і суфікса *-дїол (-триол).* За необхідності перед суфіксом указують положення гідроксильних гр\ и у карбоновому ланцюзі. Приклади формул і назв багатоатомних спиртів:



етандіол пропаг-ттриол г>, тан-і ,2-діол

Спирти, у молекулах яких атом Карбону сполучений із двома гідроксильними групами, Н'Х'ЇЙКІ.

Нестійкими є також сполуки, у молекулах яких ОН-група сполучена з атомом Карбону, що утворює подвійний зв'язок з іншим атомом Карбону, Тому найпростішого ненасиченого спирту CH_2=CH-0H (вінілового) не добуто.

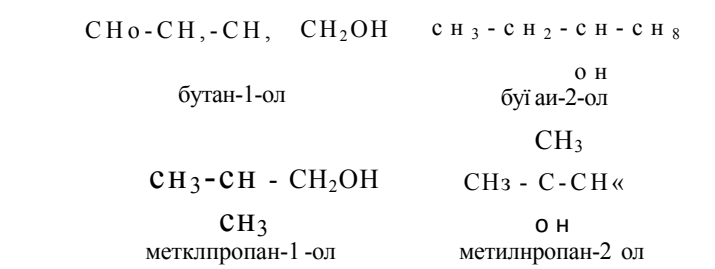
Для найпростіших б гаг >ати>мних спиртів часто вживають тривіальні назви:

CH_2OH-CH_2OH -- егїілєнг.і.ікс>ль-

CH_2OH-CHOH-CH_2OH -- гліцерол, гліцерин.

Ізомерія. Для спиртів характерна структурна ізомерія. Вона зумовлена різним *полом єнням гідроксильних гру:;* у молекулах і *будовою карбонового л а н цюг а,*

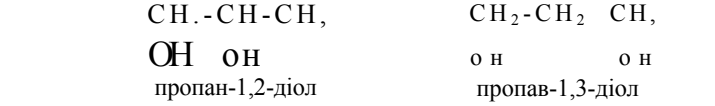
Наводимо структурні формули молекул ізомерних одноатомних спиртів C_4H_90H



бутан-1-ол буї аи-2-ол

метклпропан-1 -ол метилнропан-2 ол

і пропандіолів $C_3H_6(0H)_2$:



пропан-1,2-діол пропав-1,3-діол

Для спиртів ієну* також міжкдасова ізомерія. Наприклад, ізомером етанолу $C_2H_г$,OH є ДИМЄТЯЛОВИЙ етєр CH_3-O-CH_3 (с, 1 5). Ете]. К_ сполуки, у молек у'лах яких атом Оксигену сполучений із двома гл глеводневими залишками 8г і а ііьна формула етерів — К—О—В'.

ВИСНОВКИ

Спирти. — похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні групи.

За кількістю гідроксильних груп у молекулі спирти поділяють на одно- і багатоатомні, а за особливостями зв'язків у карбоновому ланцюзі — на насичені, ненасичені й ароматичні. Зважаючи на тип атома Карбону, з яким сполучена гідроксильна група, розрізняють первинні, вторинні й третинні одноатомні спирти. Загальна формула одноатомних спиртів — Е—ОН.

Систематичні назви одноатомних спиртів складаються з назви алкану з таким самим карбоновим ланцюгом у молекулі і суфікса -а.і. Номер атома. Карбону, з яким сполучена гідроксильна група, вказують перед суфіксом, а назви замісників — на початку назви спирту. У назвах багатоатомних спиртів використовують суфікси *-діол, -триол.*

Ізомерія спиртів (структурна) зумовлена різним положенням гідроксильних груп у молекулах і будовою карбонового ланцюга. Для спиртів існує також, міжкласова ізомерія.

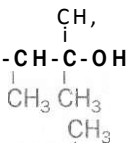
я

157. Дайте визначення спиртам і назвіть ознаки аля їх класифікації.

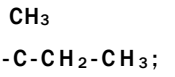
1.58. Серед наведених формул укажіть ті, які належать спиртам; C_3H_7Cl, C_2H_5OH CH_3OH, $C_2H_4(OH)_2$, $C;H_4$. $C_3H_6(OH)_{;;}$. $C_3H_ε(OHЬ$.
4Н7ВГ3 С-Н-ДЗС^Нд.

' Раніше їх називали простими ефірами.

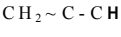
159. Назвіть сполуки, формули яких наведено нижче, й укажіть первинні, вторинні і третинні спирти:



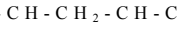
а) $CH_3-CH(CH_3)-C(CH_3)_2-OH$;



в) $CH_2(OH)-C(CH_3)_2-CH_2-CH_3$;



б) $CH_3-CH_2-C(OH)(CH_3)-CH_2-CH_3$;



г) $CH_3-CH(OH)-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$.

160. Дайте назви багатоатомним спиртам:

а) $CH_3-CH(OH)-CH_2-CH(OH)-CH_3$;

б) $CH_3-C(CH_3)(OH)-CH(OH)-CH_2-CH(OH)-CH_3$.

161. Зобразіть структурні формули молекул спиртів, що мають такі назви:
а) 2-метилпентан-3-ол;
б) 2,3-диметилбутан-2-ол;
в) 3-етилпентан-3-ол;
г) 2-метилбутан-1,2-діол.

162. Напишіть структурні формули молекул усіх ізомерних спиртів складу $C_5H_{12}O$. Назвіть сполуки, укажіть первинні, вторинні і третинні спирти.

163. Запропонуйте загальні формули для двох- і трьохатомних насичених спиртів.

164. Скільки існує ізомерних бутандіолів? Відповідь поясніть.

165. Виведіть формулу одноатомного насиченого спирту, масова частка Оксигену в якому становить 15,7 %.

166. Зобразіть структурні формули молекул насичених трьохатомних спиртів, що мають молярну масу 106 г/моль,

167. Яка сполука має відносну густину пари за повітрям 1,1 і масові частки Карбону, Оксигену й Гідрогену відповідно 37,5; 50,0 і 12,5 %?

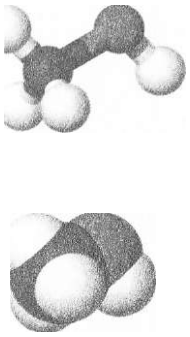
Насичені одноатомні спирти

Матеріал параграфа допоможе вам:

пригадати склад, будову молекул і деякі власти вості метанолу та етанолу;

дізнатися про способи добування спиртів;

отримати інформацію про шкідливу дію метанолу й етанолу на організм.



Мал. 52. **Моделі молекули метанолу: а — кулестержнева; *б* — масштабна**

У 9 класі ви ознайомилися з метанолом CH_3OH, етанолом C_2H_5OH, дізналися про будову їх молекул і властивості. Ці сполуки належать до насичених одноатомних спиртів. Читаючи матеріал параграфа, ви повторите деякі відомості про них, а також отримаєте нову інформацію про ці та інші спирти.

Загальна формула насичених одноатомних спиртів — $C_nH_{2n+1}OH$. Відповідний гомологічний ряд сполук починається з метанолу (мал. 52).

Будова молекул. Молекули одноатомних спиртів складаються із двох частин — вуглеводневого залишку і гідроксильної групи. Атом найбільш електронегативного елемента Оксигену зміщує у свій бік електронні пари, спільні із сусідніми атомами, і зв'язки С-0 та 0~Н стають полярними:

Н

I 5_ й+

Т

Н

Можна припустити, що характерні реакції спиртів будуть зумовлені наявністю в їх молекулах саме цих зв'язків.

• Який зв'язок більш полярний — С-0 чи О-Н?

Зі зростанням карбонового ланцюга в молекулах спиртів вуглеводневі залишки дедалі більше «збагачують» електронною густиною атом Оксигену. Унаслідок цього він слабше зміщує до себе електронну пару в гідроксильній групі і полярність зв'язку О-Н у гомологічному ряду спиртів зменшується:

$CH_3OH > CH_3CH_2OH > CH_3CH_2CH_2OH > ...$

Подібним чином можна дійти висновку, що в молекулі первинного спирту зв'язок О І і

більш полярний, ніж у молекулі вторинного чи третинного спирту:

$$CH_3\text{->}CH_2 > CH_3\text{—»}CH \leftarrow CH_3 > \mathbf{CH_3\text{->}\overset{\overset{\displaystyle CH_3}{\mathrm{I}}}{C}\text{<-}CH_3}$$

$$OH \qquad \mathbf{OH} \qquad \mathbf{OH}$$

Фрагмент молекули спирту С-О-Н є кутовим (мал. 52), як і молекула води. На атомі Оксигену зосереджений невеликий негативний заряд, а з протилежного боку молекули, де перебувають атоми Гідрогену, — позитивний заряд. Тому молекула спирту є полярною.

Фізичні властивості. Наявність гідроксильних груп у молекулах спиртів суттєво впливає на властивості цих сполук. Серед них немає газоподібних речовин (відмінність від вуглеводнів). Одноатомні спирти з невеликою кількістю атомів Карбону в молекулах за звичайних умов є безбарвними рідинами зі специфічним запахом (спиртовим, камфорним, сивушним). Вищі спирти — тверді речовини, майже без запаху.

Температури кипіння спиртів значно вищі, ніж відповідних алканів (табл. 4). Це спричинено утворенням між молекулами спирту водневих зв'язків:

$$\ldots \overset{6-}{O}\text{<-}\overset{6+}{H} \bullet\bullet\bullet \overset{8-}{O}\text{^}\overset{5+}{H} \bullet\bullet\bullet \overset{5-}{O}\text{<+}\overset{5+}{H} \bullet\bullet\bullet$$

$$\overset{7^{i}}{C_2H_5} \qquad \overset{/}{C_2H_5} \qquad \overset{/}{C_2H_5}$$

Таблиця 4

Фізичні властивості деяких алканів і спиртів

Група, клас	Назва сполуки	Формула сполуки	Агрегатний стан	Температура кипіння, °С
Алкани	Метан	CH_4	**Газоподібний**	-161,6
	Етан	C_2H_6		-88,6
Спирти	Метанол	CH_3OH	**Рідкий**	+64,5
	Етанол	C_2H_5OH		+78,4

Метанол, етанол, пропаноли, а також метилпропан-2-ол необмежено розчиняються у воді

[Т

C_2H_5OH H_2

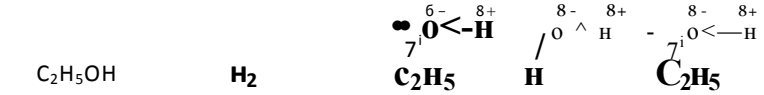
I

A

№8

Мал. 53. Реакція етанолу з натрієм

завдяки водневим зв язкам, які утворюються між молекулами спирту і води:



Розчинність інших спиртів зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах зменшується. Вищі спирти у воді нерозчинні.

Хімічні властивості. Реакції за участю спиртів відрізняються від тих, у які вступають вуглеводні.

Реакції з металами. Спирти взаємодіють із лужними металами з виділенням водню й утворенням солеподібних сполук — *алкоголятів* (мал. 53):

$$2C_2H_5OH \quad 2Иа \rightarrow 2C_2H_5(Ша + H_2Т.$$

натрій етанолят (натрій етилат)

Зв'язок 0~Н у молекулі спирту розривається, і атом Гідрогену заміщується на атом металічного елемента. У таких реакціях спирти поводяться як кислоти. Однак вони не дисоціюють з утворенням йонів H^1 (спирти є неелектролітами).

Алкоголяти реагують із водою. Продукти такої реакції — спирт і луг:

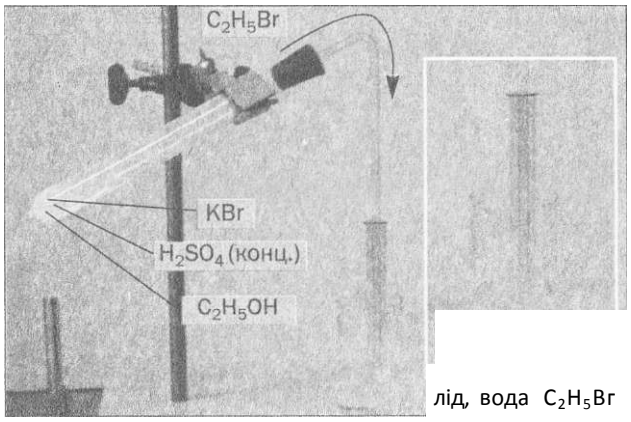
$$C_2H_5(Жа + H\text{-}OH \rightarrow C_2H_5OH + ШОН.$$

Реакції з галогеноводнями. Спирти взаємодіють із хлороводнем, бромоводнем, йодоводнем. При цьому гідроксильна група в молекулі спирту заміщується на атом галогену:

$$CH_ч\text{-}CH, \text{-}OH + H\text{-}Вг <> CH,\text{-}CH_9\text{-}Вг + H,0.$$

бромоетан

Щоб ЗДІЙСНИТИ таку реакцію, до спирту добавляють калій бромід і концентровану сульфатну кислоту. Під час нагрівання суміші речовин бромоетан випаровується, потім його пара, охолоджуючись, скраплюється, і сполука накопичується в пробірці під шаром води у вигляді важкої безбарвної рідини (мал. 54).



Мал. 54. Добування бромоетану

C_2H_5Br

Реакції дегідратації. Спирт при нагріванні з надлишком концентрованої сульфатної кислоти (або безводної ортофосфатної кислоти) перетворюється на алкен:

$$CH_2\text{-}CH_2 \xrightarrow{170\,^\circ C,\ H_2SO_4\ (конц.,\ надл.)} CH_2{=}CH_2 + H_2O$$

H OH

етанол етен

Відщеплення молекули води від молекули сполуки називають *внутрішньомолекулярною дегідратацією.*

• Назвіть спирти, із яких можна добути пропен.

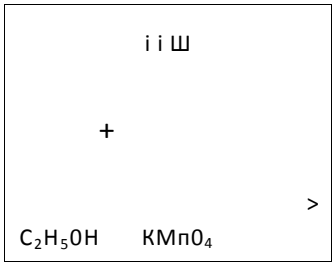
Молекули води найлегше відщеплюються від молекул третинного спирту, а найважче — від молекул первинного спирту. Дегідратація вторинних і третинних спиртів відбувається за правилом Зайцева (атом Гідрогену відщеплюється від атома Карбону, сполученого з меншою кількістю атомів Гідрогену):

$$CH_3\text{-}\underset{H}{CH}\text{-}\underset{}{CH}\text{-}CH_2 \text{ -» } CH_3\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_3 + H_20.$$

Нагрівання спирту з невеликою кількістю кислоти призводить до відщеплення молекули води від кожних двох молекул спирту й утворення етеру:

$$C_2H_5\text{-}O[H + HO\}C_2H_5 \xrightarrow{140\text{-}160\ ^\circ C} C_2H_5\text{-}O\text{-}C_2H_5 + HOH$$

діетиловий етер



Мал. 55. Окиснення етанолу калій перманганатом (за наявності кислоти)

Це — *міжмолекулярна дегідратація.*

Розглянуті хімічні властивості спиртів, як і передбачалося вище, зумовлені наявністю в їхніх молекулах полярних зв'язків О-Н і С—О.

Реакції окиснення. Первинні спирти окиснюються до альдегідів (§ 23), які далі перетворюються на карбонові кислоти (мал. 55):

$$C_3H_3OHI^{1} \wedge CH_3\text{-}C\wedge^{\circ}_{H} \qquad CH \; {}^{O}_{x}{}_{OH}$$

спирт альдегід кислота

Легко помітити, що суть окиснення органічної сполуки може полягати у зменшенні кількості атомів Гідрогену в молекулі ($C_2H_5OH \Rightarrow C_2H_4O$) або збільшенні кількості атомів Оксигену ($C_2H_4O \Rightarrow C_2H_4O_2$).

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 8

Окиснення етанолу купрум(II) оксидом

Налийте у пробірку 0,5 мл етанолу і поставте її в штатив. Візьміть мідну дротину, скручену в спіраль, і нагрівайте її протягом 1 хв. у полум'ї спиртівки. Поясніть причину потемніння металу.

Занурте гарячу спіраль в етанол. Зафіксуйте зникнення темного нальоту на мідній дротині (її поверхня знову стає блискучою), а також появу специфічного запаху (він належить оцтовому альдегіду СНдСНО).

Повне окиснення спирту відбувається, якщо його підпалити на повітрі. Етиловий спирт горить майже безбарвним полум'ям, а вищі спирти — кіптявим.

Добування спиртів. У *промисловості* в найбільшій кількості добувають метиловий і етиловий спирти.

Сировиною для виробництва метилового спирту є синтез-газ (суміш карбон(II) оксиду і водню). Утворення спирту відбувається за температури 200—300 °С, підвищеного тиску і наявності каталізатора. Цей процес часто називають синтезом метанолу:

$$CO + 2H_2 \text{ Ь i i } \wedge . \ CH_3OH.$$

Етиловий спирт добувають двома методами. Сучасний метод ґрунтується на реакції етену з водяною парою за температури 300 °С, підвищеного тиску і наявності каталізаторів:

$$CHp{=}CH, + HoO \xrightarrow{I,P,\ K} CHo\text{-}CHoOH.$$

^ Який спирт утворюється під час взаємодії пропену із водою?

Основою іншого методу є біохімічний процес — спиртове бродіння глюкози за участю ферментів[1] дріжджів:

$$C_6H_{12}0_6 \xrightarrow{*^{e}P^{менти}} 2C_2H_6OH + 2C0_2T.$$

Цікаво **знати**
Окиснення етилового спирту використовують у виробництві харчової оцтової кислоти.

Цей процес використовують із давніх часів для виготовлення вина із винограду, інших ягід і фруктів.

Сировиною для виробництва спирту, що йде на потреби харчової промисловості, є пшеничний або картопляний крохмаль, а технічного спирту — целюлоза, добута із відходів переробки деревини.

Загальний *лабораторний метод* добування спиртів ґрунтується на реакціях галогенопохідних вуглеводнів із водними розчинами лугів при нагріванні:

$$CH_3CH_2CH_2Br + NaOH \text{ (водн. р-н)} \rightarrow \underset{\text{пропан-1-ол}}{CH_3CH_2CH_2OH} + NaBr.$$

Застосування. Рідкі спирти використовують як розчинники, а також в органічному

[1] Ферменти (лат. fermentum — закваска) — білки, що виконують роль каталізаторів.

Мал. 56. Пункт заправки автомобілів «спиртовим» пальним

синтезі. Найширшого застосування набули етиловий і метиловий спирти. Етанол використовують у медицині, фармакології, парфумерії, харчовій промисловості (для виготовлення лікеро-горілчаних напоїв), іноді — як пальне для автотранспорту (мал. 56); метанол — для добування формальдегіду, необхідного для виробництва пластмас, як сировину для хімічної промисловості.

Заводи переважно випускають етиловий спирт, що містить невелику кількість води (и'(H_20) ~ 4 %). Його назва — спирт-ректифікат.

Похідні спиртів — етери —- використовують як розчинники, а ті, що мають приємний запах, — у парфумерії. Сполуку C_2H_5-0-C_2H_5, ретельно очищену від домішок, застосовують у медицині як анестезувальний засіб.

Фізіологічна дія спиртів. Метанол є сильною отрутою. При потраплянні в організм незначної кількості цієї сполуки людина повністю втрачає зір, а більшої кількості — гине.

Етиловий спирт завдає шкоди здоров'ю. Він швидко всмоктується у кров. Людина в стані алкогольного сп'яніння поводиться неприродно, перестає контролювати свої дії, втрачає пам'ять, у неї порушується координація. Постійне вживання спиртних напоїв спричиняє алкоголізм. Ця хвороба вражає нервову та серцево-судинну системи, руйнує печінку; людина деградує як особистість.

І К Ш

Насичені одноатомні спирти — похідні алканів, у молекулах яких атом Гідрогену заміщений на гідроксильну групу. Загальна формула насичених одноатомних спиртів — $С„H_{2л+1}OH$.

Спирти — безбарвні рідини зі специфічним запахом або тверді речовини майже без запаху,

які складаються з полярних молекул. Між молекулами спирту, а також спирту і води утворюються водневі зв'язки. Найпростіші спирти необмежено розчиняються у воді, а розчинність інших зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах зменшується.

Характерні реакції спиртів зумовлені наявністю в їх молекулах полярних зв'язків О—Н і С—О. Ці сполуки взаємодіють із лужними металами, галогеноводнями, здатні до дегідратації та окиснення, є горючими речовинами.

У промисловості в найбільшій кількості добувають метиловий та етиловий спирти. Етанол використовують у медицині, фармакології, харчовій і хімічній промисловості, як пальне для автотранспорту; метанол — у виробництві органічних сполук.

Етиловий спирт, потрапляючи в організм людини, завдає серйозної шкоди, а метиловий спирт є сильною отрутою.

9в

168. Охарактеризуйте електронну будову молекули метанолу.

169. Як змінюється полярність зв'язку О-Н у молекулах спиртів залежно від їх будови? Дайте відповідне пояснення.

170. Як впливає водневий зв'язок на температури кипіння спиртів та їх розчинність у воді?

171. Чи залежить розчинність спирту у воді від довжини карбонового ланцюга його молекули? Якщо так, то як саме?

172. Допишіть продукти реакцій і перетворіть схеми на хімічні рівняння:

а) $C_4H_9OH + O_2$ ... б) $C_3H_6 + H_2O \xrightarrow{t,p,к}$ ...

$C_3H_7OH + I_2$ -> ... C_2H_5Br + **ион** (водн. р-н) **4** ...

173. Напишіть формули продуктів реакцій, зважаючи на умови їх перебігу, і назвіть тип кожної реакції:

а) $CH_3-C(OH)-CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4\ (конц.,\ надл.);}$

б) CH_3-CH_2-CH_2OH ~~(конц., нестача), і Δ~~

в) CH_3-$C(CH_3)$=CH-CH_3 + H_2O $\xrightarrow{"*^{50}<\Delta>}$...

174. Змішали 200 г водного розчину етанолу з його масовою часткою 5 % і 50 г розчину цього спирту з його масовою часткою 10 %. Обчисліть масову частку етанолу у виготовленому розчині.

175. Який об'єм етену (н. у.) потрібний для добування 2 т етанолу, якщо відносний вихід спирту становить 83,3 %?

176. Після перетворення метанолу на хлорометан маса продукту реакції виявилася такою самою, як і маса взятого спирту. Обчисліть відносний вихід хлорометану.

177. Під час спалювання 0,5 л етанолу (густина спирту — 0,79 г/мл) виділилося 11 300 кДж теплоти. Напишіть відповідне термохімічне рівняння.

178. У результаті дегідратації насиченого третинного спирту масою 18,5 г виділилося 4,5 г води. Назвіть спирт і зобразіть структурну формулу його молекули.

179. Під час спалювання 3,0 г органічної сполуки утворилося 3,36 л вуглекислого газу (н. у.) і 3,6 г води. Виведіть формулу сполуки, якщо відносна густина її пари за повітрям становить 2,07. Напишіть структурні формули молекул її ізомерів. Яка із цих сполук не взаємодіє з натрієм?

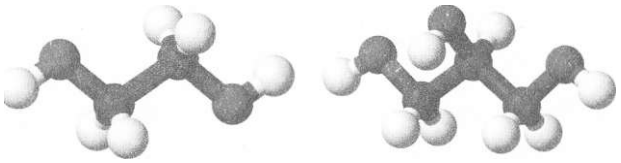
21 Багатоатомні спирти

Матеріал параграфа допоможе вам:

пригадати будову молекул і властивості гліцерину;
отримати нову інформацію про багатоатомні спирти.

Найпростішим двохатомним спиртом є етиленгліколь HO-CH_2-CH_2-OH, а трьохатомним спиртом — гліцерин, або гліцерол[1]

[1] Назви походять від грецького слова *глікос* — солодкий.



Мал. 57. Кулестержневі моделі молекул: а — етиленгліколю; б — гліцеролу

$HOCH_2$-CHOH-CH_2OH (мал. 57). У природі немає цих сполук, але похідні гліцерину — жири — дуже поширені в ній.

• Які систематичні назви етиленгліколю та гліцеролу?

Цікаво знати
В'язкість гліцерину за звичайних умов у тисячу разів більша, ніж води.

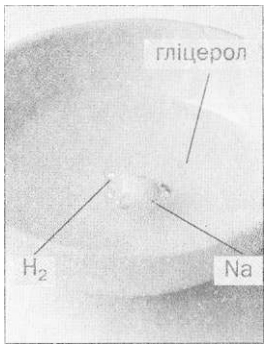
Фізичні властивості. Етиленгліколь і гліцерол — безбарвні в'язкі рідини (мал. 58), солодкі на смак. Вони не мають запаху, гігроскопічні, трохи важчі за воду, змішуються з нею в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчинів. На відміну від гліцеролу етиленгліколь є токсичним.

Етиленгліколь кипить за температури +197,6 °С, а гліцерол, розкладаючись, — за +290 °С, тоді як температури кипіння одноатомних спиртів із такою самою кількістю атомів Карбону в молекулах значно нижчі. Причина полягає в тому, що в багатоатомних спиртах утворюється більше водневих зв'язків, бо кожна молекула такого спирту містить щонайменше дві ОН-групи.

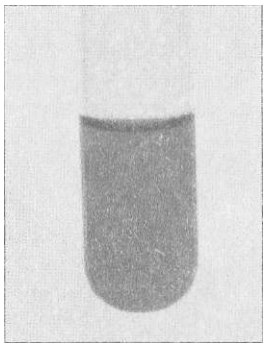
Хімічні властивості. Багатоатомні спирти взаємодіють не тільки з активними металами, а й із деякими гідроксидами металічних елементів. Цим вони більше, ніж одноатомні спирти, нагадують кислоти. Однак багатоатомні спирти та їх розчини також не змінюють забарвлення індикаторів.

Реакції з металами. Під час реакцій багатоатомних спиртів із лужними металами (мал. 59) відбувається послідовне заміщення атомів Гідрогену в гідроксильних групах на атоми металічного елемента:

Мал. 58.
Гліцерол



Мал. 59.
Взаємодія гліцеролу з натрієм



Мал. 60.
Розчин купрум(II) етиленгліколяту

$$\begin{matrix} {}_2CH_2\text{-}OH \\ CH_2\text{-}OH \end{matrix} \xrightarrow[\text{"Нг}]{\pm\ ш\ >} \begin{matrix} {}_2ЄH_2\text{-}OMa \\ CH_2\text{-}OH \end{matrix} \xrightarrow{+2Ma>} \begin{matrix} {}_2CH_2\text{-}OMa \\ CH_2\text{-}(Жa \end{matrix}$$

етиленгліколь — натрій етиленгліколят — динатрій етиленгліколят

Продукти взаємодії лужних металів із гліцеролом[1] називають гліцератами.

Реакція з купрум(11) гідроксидом. Багатоатомні спирти взаємодіють із купрум(II) гідроксидом. У результаті реакції гідроксид перетворюється на розчинну сполуку Куируму, і розчин набуває яскраво-синього кольору (мал. 60) (хімічне рівняння наведено не для запам'ятовування[2]):

$$2\begin{matrix} CH_2\text{-}OH \\ 1 \\ CH_2\text{-}OH \end{matrix} + Cu(OH)_2 \longrightarrow \begin{matrix} H_2C^{\circ}\backslash \\ i \\ H_2C\wedge_0.' \end{matrix} \begin{matrix} H \\ \}^{у} \\ Cu \\ \backslash_0 - \end{matrix} \begin{matrix} CH, \\ i \\ {}_{сн}2 \end{matrix} + 2H_20.$$

II

етиленгліколь — купрум(II) етиленгліколят

У взаємодії гліцеролу з купрум(II) гідроксидом беруть участь дві сусідні гідроксильні групи кожних двох молекул спирту. Назва

[1] Щоб така реакція відбувалася з достатньою швидкістю, гліцерол потрібно нагріти.

[2] Пунктирними лініями позначено ковалентні зв'язки, кожний із яких утворений за рахунок переходу неподіленої електронної пари атома Оксигену у вакантну орбіталь атома Купруму.

сполуки, яка утворюється, — купрум(II) гліцерат.

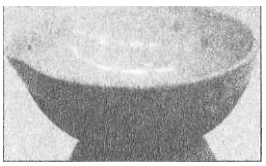
ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 9

Реакція гліцеролу із купрум(Ii) гідроксидом

У пробірку налийте **1—2** мл розчину лугу, добавте кілька крапель розчину купрум(II) сульфату. До утвореного осаду купрум(II) гідроксиду добавте 1 мл водного розчину гліцеролу. Вміст пробірки перемішайте. Що спостерігаєте?

Реакція з купрум(II) гідроксидом є якісною на багатоатомні спирти (на фрагмент молекули —CHOH—CHOH—).

Окиснення. Етиленгліколь і гліцерол горять на повітрі з утворенням вуглекислого газу і води. Щоб провести такий дослід із гліцеролом, невелику кількість його нагрівають у порцеляновій чашці й підпалюють за допомогою скіпки. Сполука горить майже безбарвним полум'ям (мал. 61).



Мал. 61.
Горіння гліцеролу

• Напишіть рівняння реакцій горіння цих спиртів.

Окиснення багатоатомних спиртів може бути неповним. У разі етиленгліколю фрагменти С-ОН його молекули спочатку перетворюються на альдегідні групи, а потім — на карбоксильні *(§ 25).*

Добування. У *промисловості* гліцерол добувають різними методами. Традиційний метод ґрунтується на гідролізі жирів. Гліцерол для технічних потреб синтезують із пропену; процес складається з кількох стадій. Для добування етиленгліколю використовують лише синтетичний метод.

У *лабораторії* багатоатомні спирти можна добути за реакціями відповідних галогенопохідних вуглеводнів із водними розчинами лугів при нагріванні:

$$CH_2\text{-}CH_2 + 2KOH(\text{водн. р-н}) \rightarrow CH_2\text{-}CH_2 + 2KBr.$$

Br Br OH OH

1,2-дибромоетан етиленгліколь

Двохатомні спирти також можна добути окисненням алкенів водним розчином калій перманганату:

$$R\text{-}CH{=}CH_2 + [O] + H_2O \rightarrow R\text{-}CH\text{-}CH_2.$$

OH он

Застосування. Етиленгліколь є вихідною речовиною для синтезу деяких органічних розчинників, у виробництві синтетичних волокон (лавсану). Температури замерзання водних розчинів етиленгліколю значно нижчі, ніж води. Тому їх застосовують узимку для охолодження двигунів в автомобілях; назва таких рідин — антифризи[1]. Водіям слід пам'ятати, що етиленгліколь дуже токсичний.

Гліцерол у великій кількості використовують у виробництві вибухових речовин (с. 195). Як пом'якшувальний засіб цю сполуку застосовують у шкіряній промисловості. Гліцерол входить до складу зубних паст, мила, косметичних кремів. Його добавляють у лікери для надання їм в'язкості.

ВИСНОВКИ

шшт

Етиленгліколь і гліцерол — найпростіші двохатомний і трьохатомний спирти. Це безбарвні в'язкі рідини без запаху, солодкі на смак, гігроскопічні, необмежено розчинні у воді.

Багатоатомні спирти взаємодіють із лужними металами, горять. Реакція з купрум(II)

[1] Термін походить від англійського слова Igeege — замерзати.

гідроксидом є якісною на ці спирти (на фрагмент молекули —CHOH—CHOH—).

Багатоатомні спирти добувають синтетичними способами, а гліцерол — ще й гідролізом жирів.

Етиленгліколь використовують у виробництві синтетичних волокон, деяких органічних розчинників, а також як антифриз; гліцерол — у виробництві вибухових речовин, косметичних засобів, лікарських препаратів.

Етиленгліколь — токсична речовина.

180. Як пояснити те, що гліцерол, на відміну від пропанолу, є в'язкою рідиною?

181. Зобразіть структурну формулу молекули етиленгліколю і покажіть стрілками зміщення в ній електронної густини.

182. Допишіть рівняння реакцій:

а) CH_2OH / CH_2OH + HBr -> ...

б) CH_2-CH-CH_3 + O_2 ->...
OH OH

в) CH_2OH + ... -> CH_2OH + ...
CH_2Cl CH_2OH

г) CH_2o-CH-CH_2-CH_2 +
Cl Cl Cl
+ кон (водн- р-н) -> -

Г) CH_2= CH_2 + [0] + H_2O ...

д) CH^OH
CHOH + N8 (надл.) -> ...
CH_2OH

183. Які реакції можна здійснити, щоб добути етиленгліколь із метану? Наведіть відповідні хімічні рівняння.

184. Як розрізнити водні розчини етанолу і гліцеролу за допомогою хімічної реакції?

185. Який максимальний об'єм водню (н. у.) можна добути, якщо нагріти суміш 1,38 г натрію і 1 моль гліцеролу?

186. У результаті взаємодії натрію, взятого в надлишку, із 95 г двохатомного спирту утворилося 1,25 моль водню. Визначте формулу цього спирту.

187. Під час спалювання 1 моль спирту утворилося 2 моль вуглекислого газу. Який спирт було взято? Чи має задача єдиний розв'язок? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

188. Обчисліть масову частку етиленгліколю у водному розчині, якщо молекул води в ньому 8 10 разів більше, ніж молекул спирту.

22 Фенол

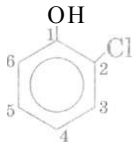
Матеріал параграфа допоможе вам:

- ознайомитися зі сполукою, яку називають фенолом;
- давати назви похідним фенолу;
- зіставити будову молекул фенолу і спиртів;
- дізнатися про властивості та добування фенолу.

Мал. 62. Моделі молекули фенолу

Існує органічна сполука, молекула якої за складом нагадує молекулу одноатомного спирту. Її хімічна формула — C_6H_5OH, а назва — *фенол.* Ця сполука не належить до класу спиртів, оскільки гідроксильна група в молекулі фенолу безпосередньо сполучена з бензеновим кільцем (мал. 62):

Назви похідних фенолу. Існує багато похідних фенолу. В їхніх назвах спочатку вказують положення замісників та їх назви (за алфавітом), а потім — слово *фенол.* При цьому атому Карбону, сполученому з гідроксильною групою, надають номер 1, а інші атоми Карбону в бензеновому кільці нумерують так, щоб цифри біля замісників були найменшими:



2-хлорофенол

Цікаво знати
Уперше фенол було добуто із кам'яновугільної смоли в 1834 р.

Для похідних фенолу, що мають у молекулах один замісник, часто використовують інші назви. Якщо замісник перебуває в положенні

Цікаво знати

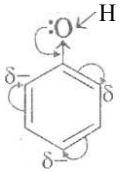
Два залишки молекули фенолу містяться в молекулі фенол-фталеїну.

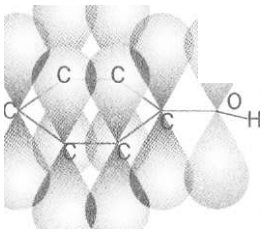
2, 3 або 4, то в назві сполуки замість цифри записують літеру о- (читається *орто), м- (мета)* або *п- (пара)* відповідно. Наприклад, друга назва 2-хлорофенолу — о-хлорофенол.

• Зобразіть структурні формули молекул 2,4-дихлорофенолу і п-хлорофенолу.

Будова молекули. Наявність у молекулі фенолу C_6H_5OH бензенового кільця зумовлює більшу рухливість атома Гідрогену в ОН-групі, ніж у молекулах одноатомних спиртів. Якщо в молекулі метанолу CH_3-група віддає частину своєї електронної густини атому Оксигену (CH_3—»ОН), що призводить до зменшення полярності зв'язку О-Н, то в молекулі фенолу навпаки — атом Оксигену «збагачує» електронною густиною бензенове кільце (C_6H_5-ОН). Неподілена електронна пара атома Оксигену, «втягуючись» у кільце, утворює з р-електронами атома Карбону спільну л-електронну систему (мал. 63). Внаслідок цього довжина зв'язку С-0 зменшується, і він стає міцнішим. Атом Оксигену, компенсуючи втрату електронної густини, сильніше зміщує у свій бік спільну з атомом Гідрогену електронну пару (C_6H_5-0<—Н). Атом Гідрогену набуває більшого позитивного заряду, ніж у молекулі спирту, і зв'язок О-Н стає більш полярним.

Гідроксильна група також впливає на бензенове кільце. Вона спричиняє підвищену рухливість атомів Гідрогену в *орто-* і /шра-положеннях, бо саме в цих положеннях зосереджується найбільша електронна густина:





Мал. 63.
тс-Електронна система в молекулі фенолу

У молекулі фенолу атом Карбону, сполучений з атомом Оксигену, перебуває в стані $8p^2$-гібридизації, тоді як у молекулах спиртів — у стані $8/>^3$-гібридизації.

Фізичні властивості. Фенол — тверда безбарвна речовина зі специфічним «карболовим» запахом, яка помірно розчиняється в холодній воді й необмежено — в гарячій.

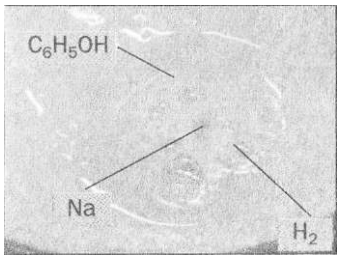
Температури плавлення і кипіння фенолу (відповідно +41 і +182 °С) вищі, ніж бензену (+5,5 і +80,1 °С). Причиною цього є утворення водневих зв'язків між молекулами фенолу за участю атомів Гідрогену і Оксигену гідроксильних груп.

Хімічні властивості. Фенол — хімічно активна сполука, причому підвищену реакційну здатність мають і гідроксильна група, і бензенове кільце.

Реакції за участю гідроксильної групи. На відміну від спиртів фенол виявляє кислотні властивості (раніше фенол називали карболовою кислотою). Однак сполука дисоціює у розчині дуже слабо

$$C_6H_5OH <\pm H" + C_6H_50\sim$$

і не змінює забарвлення індикаторів.

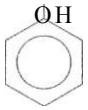


Мал. 64.
Реакція фенолу з натрієм

Реакції з металами. Фенол, нагрітий до початку плавлення, взаємодіє з лужними металами з виділенням водню (мал. 64).

• Напишіть рівняння реакції фенолу з натрієм.

Реакції з лугами. Фенол як слабка кислота взаємодіє з водними розчинами лугів з утворенням солей — фенолятів:



ОН ОИа

+ MaOH <± [(^ + H_20.

фенол натрій фенолят

Такі реакції є оборотними; феноляти частково взаємодіють із водою (їхні розчини мають лужне середовище).

Якщо у водний розчин натрій феноляту пропускати вуглекислий газ, то виділяється фенол:

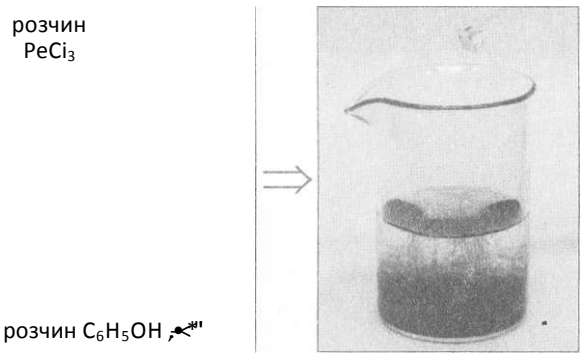
C_6H_5(Жа + $C0_2$ (надл.) + H_20 C_6H_5OH + $MaHC0_3$.

Отже, фенол — більш слабка кислота, ніж карбонатна.

Якісна реакція на фенол. При добавлянні до водного розчину фенолу жовтувато-бурого розчину ферум(III) хлориду з'являється фіалкове забарвлення[1] (мал. 65). Наводимо хімічне рівняння зі спрощеною формулою продукту реакції:

$$3C_6H_5OH + PeC1_3 \rightarrow (C_6H_50)_3Ge + 3HC1.$$

ферум(III) фенолят

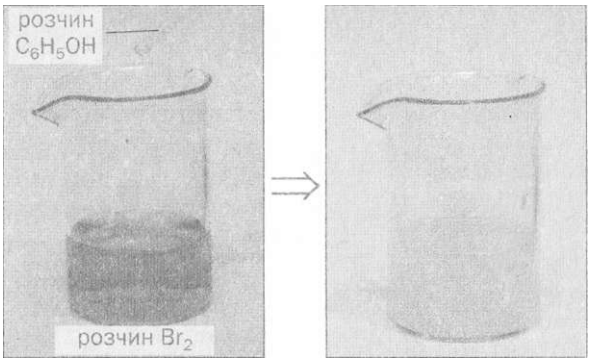


Мал. 65. Реакція фенолу з ферум(III) хлоридом

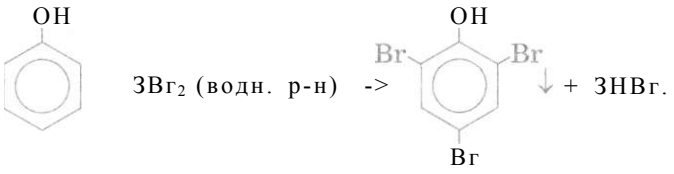
Реакції за участю бензенового кільця. Гідроксильна група активує бензенове кільце молекули фенолу і сприяє заміщенню атомів Гідрогену в *орто-* і лара-положеннях.

Реакції з галогенами. На відміну від бензену фенол швидко й без каталізатора взаємодіє з галогенами. Він, зокрема, реагує з водним розчином брому. Бромна вода знебарвлюється, й утворюється білий осад (мал. 66). При цьому на атоми галогену заміщуються всі атоми Гідрогену в о- і п-положеннях:

[1] Спирти не взаємодіють із водним розчином ферум(III) хлориду.



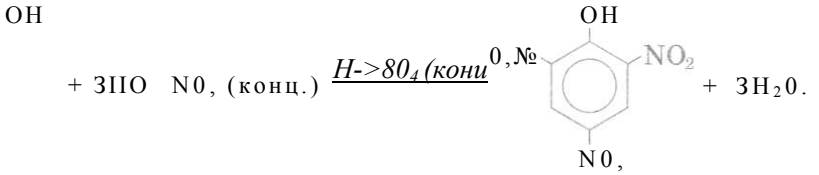
Мал. 66. Реакція фенолу із бромною водою



2,4,6-трибромофенол

Ця реакція також є *якісною на фенол.*

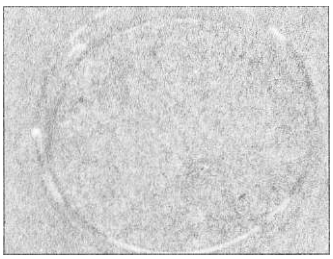
Реакція нітрування. Фенол взаємодіє з розбавленою нітратною кислотою за звичайних умов з утворенням суміші о- і я-нітрофенолів. Нітрування фенолу сумішшю концентрованих нітратної та сульфатної кислот відбувається за схемою



2,4,6-тринітрофенол

Продукт реакції є кислотою, сильнішою за фенол. Його тривіальна назва — пікринова кислота. Сполука вибухає при терті, нагріванні до 300 °С; її солі вибухонебезпечні.

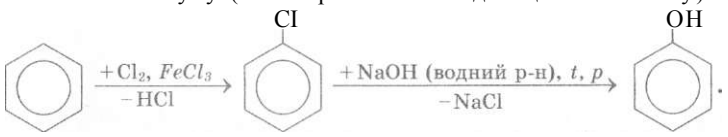
Реакції окиснення. Фенол за звичайних умов поступово окиснюється киснем повітря і з часом набуває блідо-рожевого кольору (мал. 67). Його окиснює і калій перманганат; при цьому фіалкове забарвлення водного розчину солі зникає, й утворюється бурий осад манган(IУ) оксиду.



плал. 6 /. .
Ф е н о л

Отже, взаємний вплив бензенового кільця і гідроксильної групи в молекулі фенолу зумовлює кислотні властивості сполуки та полегшує перебіг реакцій Заміщення в бензеновому кільці (порівняно з бензеном).

Добування. Фенол добувають із кам'яновугільної смоли, а також із продуктів крекінгу нафти — бензену і пропену. Один із промислових методів добування фенолу ґрунтується на реакції хлорування бензену з наступною взаємодією хлоробензену з концентрованим водним розчином лугу (за нагрівання і підвищеного тиску):



Застосування. Фенол використовують у виробництві пластмас, синтетичних волокон, барвників, вибухових речовин, лікарських засобів.

Фізіологічна дія. Фенол дуже токсичний. Він спричиняє опіки шкіри, негативно впливає на нервову систему, шлунково-кишковий тракт, органи дихання. За постійної дії малих кількостей фенолу на організм виникають головний біль і посилене серцебиття, порушується сон, уражаються печінка і нирки. Існують дуже жорсткі обмеження щодо вмісту фенолу у воді, яку використовують у побуті: в 1 л води не повинно бути більше 0,001 мг цієї сполуки.

Забруднення фенолом довкілля. Джерелами надходження фенолу в навколишнє середовище є коксохімічні заводи, підприємства з виробництва смол і пластмас, сухої перегонки деревини. Потрапляючи разом із газовими викидами в атмосферу і зі стічними водами у водойми, фенол завдає серйозної шкоди рослинному і тваринному світу. Очищення промислових стоків від фенолу є одним із важливих технологічних завдань.

ВИСНОВКИ

Фенол C_6H_5OH — похідне бензену, в молекулі якого замість атома Гідрогену міститься гідроксильна група. Ця сполука не належить до класу спиртів.

Фенол — тверда безбарвна речовина з характерним запахом, необмежено розчинна в гарячій воді.

Хімічна активність фенолу виявляється в реакціях із лужними металами, лугами, розчином ферум(III) хлориду, бромною водою. Сполука легко окиснюється.

Сировиною для виробництва фенолу слугують кам'яновугільна смола, продукти крекінгу нафти.

Фенол використовують у виробництві пластмас, синтетичних волокон, барвників, вибухових речовин, лікарських засобів.

Фенол дуже токсичний.

«

189. Чому фенол, на відміну від етанолу, виявляє кислотні властивості?

190. За матеріалами Інтернету або інших джерел інформації підготуйте повідомлення про виробництва, які можуть забруднювати довкілля фенолом.

191. Складіть рівняння реакцій фенолу з літієм, калій гідроксидом, розбавленою нітратною кислотою і назвіть сполуки, які утворюються.

192. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

CH_4 -» C_2H_2 C_6H_6 -> C_6H_5Cl -> C_6H_5OH <± C_6H_5OK.

193. Який об'єм водню (н. у.) виділиться в результаті взаємодії 2,3 г натрію з надлишком фенолу?

194. Яку масу хлоробензену потрібно взяти для добування 200 кг фенолу, якщо його відносний вихід становить 80 %?

195. Масові частки Карбону й Оксигену в органічній сполуці становлять відповідно 76,6 і 17,0 %, а відносна молекулярна маса — 94. Визначте формулу сполуки, якщо вона не має ізомерів і реагує з лугами.

23 Альдегіди

Матеріал параграфа допоможе вам:

дізнатися про клас органічних сполук — альдегіди;
давати систематичні назви альдегідам;
сформувати уявлення про будову молекул альдегідів та 'зомерію цих сполук:
з'ясувати властивості альдегідів, способи їх добування і сфери застосування

Відоме багато органічних сполук, у молекулах яких атом Оксигену з'єднаний з атомом Карбону подвійним зв'язком. Серед цих сполук - *альдегіди.* Групу атомів C-=0 називають *карбонільною групою.*

Альдегіди — похідні вуглеводнів, у молекулах яких карбонільна група сполучена з вуглеводневим залишком і атомом Гідрогену.

У молекулі найпростішого альдегіду з карбоні? ьною групою сполучені два атоми Гідрогену:

O

Альдегіди

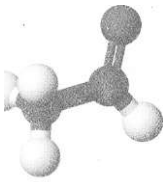
Загальна формула альдегідів — B—C ^{O}

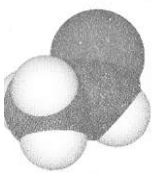
або BCHO, Групу атомів -C $^{O}_{\backslash H}$, або -CHO, називають *альдегідною групою.*

Назва «альдегід» складається із частин (їх підкреслено) іншомовних слів аісоіюі (спирт) і деЬубгойепаіит (позбавлений Гідрогену). Справді, молекула будь-якого альдегіду (наприклад, CH_3CHO) містить на два атоми Гідрогену менше, ніж молекула відповідного спирту (CH_3CH_20H).

Далі йтиметься про *насичені альдегіди.* їх загальна формула — $C_nH_{2n+Г}$, де а — 0, 1, (спрощений варіант формули — $C_nH_{гк},0$; т = 1, 2, „.). Ці сполуки можна розглядати як похідні алканів, у молекулах яких атом Гідрогену заміщений на альдегідну групу[1].

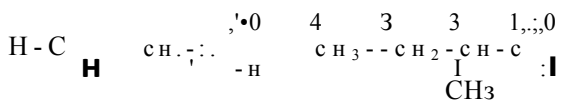
Назви. Систематична назва альдегіду складається з назви відповідного вуглеводню (при цьому враховують атом Карбону альдегідної групи) і суфікса *-аль.* Нумерацію головного карбонового ланцюга починають з атома Карбону альдегідної групи. Приклади формул і назв альдеї ідів:





б

Мал. 68. Моделі молекул: а — метаналю; б — етаналю

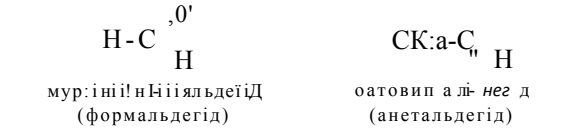


мста.!-; а. ь етаналь І иїїтилбутаиалг

Моделі молекул метаналю та отяналю подано на малюнку 68.

• Зобразіть структурну формулу молекули 2-етил-3-метилбутаналю.

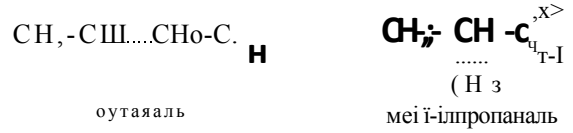
Тривіальні назви альдегідів походять від аналогічних назв карбонових кислот (с. 168):



мур:іні!нНііяльдеїіД (формальдегід)

оатовип алі- *нег* д (анетальдегід)

Ізомерія (структурна) насичених альдегідів зумовлена різною *будовою карбонового ланцюга:*

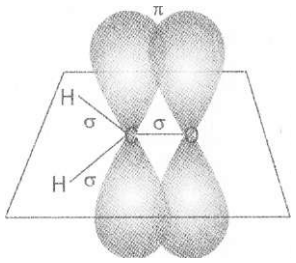


оутаяаль

меї ї-ілпропаналь

[1] У молекулі найпростішого альдегіду група атомів -СНО сполучена з атомом Гідрогену.

• Складіть структурні формули молекул альдегідів $C_5H_{10}O$ і дайте систематичні назви цим сполукам.



Н-а

Мал. 69.
Хімічні зв'язки
в молекулі метаналю

Будова молекул. У молекулі альдегіду атом Карбону карбонільної групи ,C=0 сполучений із трьома атомами і перебуває у стані $8p^2$-гібридизації (як і атоми, гцо утворюють подвійні зв'язки C •• C_x в молекулах алкенів), *p*-Орбіталі атома Карбону й атома Оксигену перекриваються, утворюючи я-зв'язок (мал. 69). Електронна густина подвійного зв'язку зміщена в бік атома Оксигену. Атом Карбону карбонільної групи і сполучені з ним інші атоми перебувають в одній площині. Кожний кут між прямими, що з'єднують центри цих атомів, становить 120°.

• Зобразіть структурну формулу молекули етаналю і покажіть стрілками зміщення електронної густини.

Фізичні властивості. Найпростіший альдегід — метаналь — за звичайних умов є газом, що має різкий запах і добре розчиняється у воді. Альдегіди з невеликими молекулярними масами — рідини з неприємним, іноді задушливим запахом, розчинні у воді. Решта альдегідів — тверді, нерозчинні у воді речовини.

Температури кипіння альдегідів нижчі., ніж відповідних спиртів. Це пояснюється відсутністю водневих зв'язків між молекулами альдегіду (зв'язок С-Н в альдегідній групі менш полярний, ніж зв'язок О-Н у молекулі спирту).

Хімічні властивості. Через наявність у карбонільній групі подвійного зв'язку альдегіди можуть вступати в реакції приєднання. Для них також характерні реакції окиснення.

Реакції приєднання. Альдегіди сполучаються з воднем за наявності каталізатора й перетворюються на первинні спирти:

$$CH_3\text{-}\overset{>0}{\underset{H}{}} + H \xrightarrow{i.N1} CHo\text{-}CHoOH;$$

$$в\text{--}C_{чн}^{,0} + н. \xrightarrow{1\text{-}A} B\text{-}CH_2OH \text{ (у загальному вигляді).}$$

У цих реакціях альдегіди відновлюються. Суть відновлення органічної сполуки може полягати у збільшенні кількості атомів Гідрогену в молекулі (ЯСНО => ДСН$_2$ОН) або зменшенні кількості атомів Оксигену.

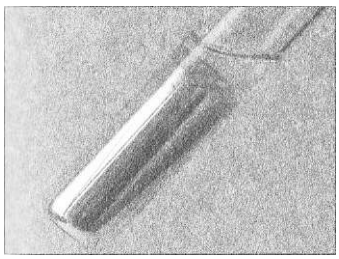
Реакції окиснення. Альдегіди легко окиснюються (навіть киснем повітря) з утворенням відповідних карбонових кислот; при цьому кількість атомів Карбону в молекулах не змінюється:

$$CH_3\text{-}C\underset{H}{} \xrightarrow{\pm[O]} CH_3\text{-}C\overset{\wedge}{\underset{OH}{}}$$

оцтовий альдегід оцтова кислота

Окисником може бути розчин калій перманганату. (Які інші органічні сполуки окислюються цією сіллю?)

При підпалюванні альдегіди горять на повітрі.



Мал. 70. Пробірка зі «срібним дзеркалом»

• Напишіть рівняння реакції горіння метаналю.

Якісні реакції. Альдегіди окиснюються амоніачним розчином аргентум(I) оксиду[1]. При цьому на внутрішніх стінках пробірки, які контактують із розчином, утворюється блискучий шар срібла (мал. 70). Тому реакцію називають реакцією «срібного дзеркала»; вона є *якісною*

[1] Розчинення аргентум(I) оксиду у водному розчині амоніаку зумовлене хімічною реакцією: А§$_2$0 + 4МН$_3$ + Н$_2$0 = 2[А§(МН$_3$)$_2$]ОН.

на альдегідну групу в молекулі органічної сполуки:

$$Я\text{-}C_{x_н}^{\circ} + A_{62}£_2 0 + MЇI_3 \xrightarrow{i\text{-}Hr\circ} E\text{-}C^{/0}_{\wedge(ЖН_4} + 2A\S I.$$

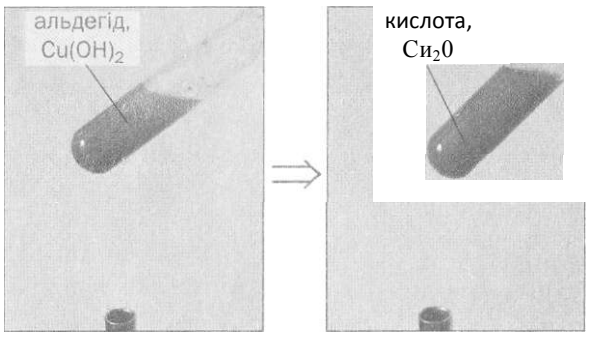
ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 10
Окиснення альдегіду аргентум(I) оксидом

Налийте у пробірку 1 мл 2 %-го розчину аргентум нітрату і добавляйте до нього по краплях 5 %-й водний розчин амоніаку до розчинення осаду, що спочатку випадає (намагайтесь уникати надлишку амоніаку).

Добавте в цю пробірку 1 мл 40 %-го розчину метаналю (або етаналю) та обережно нагрівайте всю її поверхню, повертаючи в полум'ї спиртівки. Рідину не доводьте до кипіння. (Пробірку можна занурити у склянку з гарячою водою.) Спостерігайте утворення на стінках пробірки «срібного дзеркала»[1].

Напишіть відповідні хімічні рівняння.

В іншій якісній реакції використовують свіжоосаджений купрум(II) гідроксид. Блакитний колір осаду під час нагрівання з альдегідом змінюється на жовтий унаслідок утворення купрум(I) гідроксиду, а потім — на оранжево-червоний, який має кугірум(I) оксид (мал. 71):



Мал. 71. Реакція альдегіду з купрум(II) гідроксидом

Срібло також може виділитися у вигляді темного осаду.

$$Д\text{-}С_{чн} + 2Си(OH)_2 \xrightarrow{*} В\text{-}С_{чон} + 2СиOH + H_20;$$

$$2СиOH \quad Си_20 + H_20.$$

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 11

Окиснення альдегіду купрум(II) гідроксидом

У пробірку налийте 2 мл розчину натрій гідроксиду і добавте до нього 3—4 краплі розчину купрум(II) сульфату. Перемішайте вміст пробірки.

До утвореного осаду добавте 1 мл 40 %-го розчину метаналю (етаналю) і обережно нагрівайте пробірку. Спостерігайте поступову зміну забарвлення осаду[1].

Напишіть відповідні хімічні рівняння.

Добування. У *промисловості* альдегіди добувають дегідруванням і окисненням первинних спиртів, окисненням алкенів, іншими реакціями.

Промислові методи добування оцтового альдегіду (етаналю) ґрунтуються на каталітичному окисненні етену

$$CH_2{=}CH_2 + [0] \xrightarrow{P,IOIr,CuCr2} CH_3\text{-}C\begin{matrix}/O\\ H\end{matrix}$$

дегідруванні або окисненні етанолу:

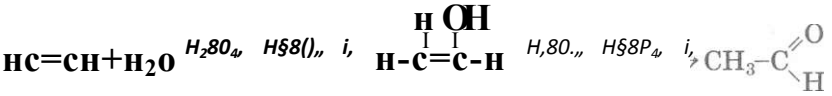
$$CH_3\text{-}CH_2OH \xrightarrow{Cu,\ 300\ c} CH_3\text{-}C\begin{matrix}.O\\ H\end{matrix} + H_2;$$

$$\mathbf{CH_3\text{-}CH_20H} + [O]\ M\text{-}\ CH_3\text{-}C\ \ H + H_20.$$

Раніше етаналь добували у промисловості гідратацією етину. Ця реакція відбувається при нагріванні за наявності сульфатної кислоти і каталізатора — солі Меркурію. Проміжним

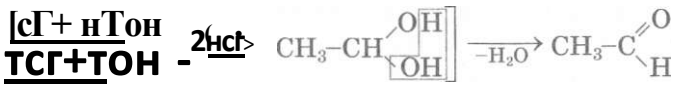
[1] Іноді під час такої реакції виділяється мідь, яка подібно до срібла може утворювати «дзеркало».

продуктом взаємодії етину з водою є вініловий спирт, який миттєво перетворюється на етаналь[1]:



Цю реакцію відкрив у 1881 р. російський учений М. Г. Кучеров. Нині її не використовують через токсичність сполук Меркурію.

У *лабораторії* альдегіди можна добути гідролізом дигалогенопохідних вуглеводнів, у молекулах яких обидва атоми галогену сполучені з крайнім у ланцюзі атомом Карбону. Схема добування етаналю таким способом:



(Раніше зазначалося, що молекули із двома ОН-групами біля одного атома Карбону є нестійкими.)

Застосування. Метаналь, або формальдегід, є вихідною речовиною в промисловому виробництві фенолоформальдегідних полімерів, яких потребують машинобудування й електротехніка. Водний розчин формальдегіду з масовою часткою сполуки 40 % називають формаліном. Його використовують як дезінфекційний засіб і консервант біологічних препаратів. Із оцтового альдегіду виробляють оцтову кислоту, етиловий спирт, інші органічні сполуки. Деякі альдегіди, що мають приємний запах, використовують у парфумерії.

Фізіологічна дія. Альдегіди негативно впливають на нервову систему, подразнюють шкіру, спричиняють алергію. Найбільш токсичним серед них є метаналь. Це канцерогенна речовина. Вона міститься в тютюновому диму, потрапляє в повітря із деяких видів деревостружкових плит.

[1] Про нестійкість вінілового спирту йшлося на с. 132.

ВИСНОВКИ

Альдегіди — похідні вуглеводнів, у молекулах яких атом Гідрогену заміщений на альдегідну групу —СНО. Загальна формула альдегідів — ЙСНО.

Систематична назва альдегіду складається з назви відповідного вуглеводню (з урахуванням атома Карбону альдегідної групи) і суфікса *-аль*.

Ізомерія альдегідів зумовлена різною будовою карбонового ланцюга.

Метаналь за звичайних умов є газом, інші альдегіди — рідкі або тверді речовини. Сполуки з невеликими молекулярними масами розчиняються у воді.

Для альдегідів характерні реакції приєднання й окиснення. Альдегіди — горючі речовини.

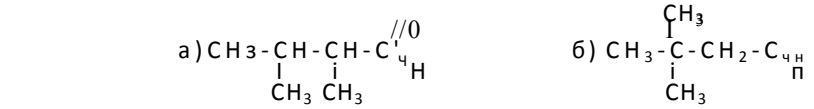
У промисловості альдегіди добувають окисненням алкенів, дегідруванням і окисненням первинних спиртів, у лабораторії — взаємодією дигалогенопохідних вуглеводнів певної будови з водою.

Серед альдегідів найчастіше використовують метаналь і етаналь. Це — токсичні речовини.

196. Чи можна за будовою молекули метаналю передбачити хімічні властивості сполуки? Відповідь обгрунтуйте.

197. Зобразіть структурні формули молекул 2-метилпентаналю і хлороетаналю.

198. Дайте систематичні назви сполукам із такими формулами:



199. Назвіть сполуки, які утворюються при відновленні альдегідів складу C_4H_8O. Напишіть відповідні хімічні рівняння.

200. Складіть рівняння реакцій окиснення спиртів, у результаті яких утворюються:
   а) метилпропаналь;
   б) 2,3-диметилбутаналь.

201. Наведіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити вказані перетворення, і зазначте умови їх перебігу:

CH_4 -> CH_3Br CH_3OH HOHO -o- CH_30H.

202. Складіть рівняння реакцій добування пропаналю:
   а) окисненням спирту;
   б) дегідруванням спирту;
   в) із монохлоропохідного алкану;
   г) із дигалогенопохідного алкану.

203. Запишіть у загальному вигляді рівняння реакції дегідрування насиченого одноатомного спирту.

204. Визначте формулу альдегіду, який має відносну молекулярну масу 86 і четвертинний атом Карбону в молекулі.

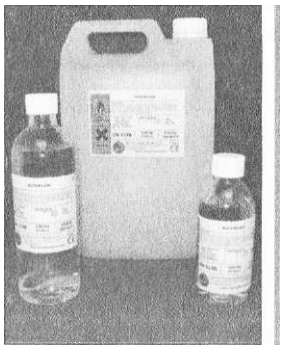
205. Під час реакції між 100 г розчину етаналю з масовою часткою сполуки 40 % і амоніачним розчином аргентум(I) оксиду виділилося 21,6 г срібла. Чи весь альдегід прореагував? Дайте відповідь на підставі розрахунків.

"Л

для допитливих

Ацетон

Ацетон CH_3COCH_3 — один із найпоширеніших органічних розчинників (мал. 72). Його використовують у побуті для розбавляння фарб, виведення плям, очищення різних поверхонь від органічних забруднень.



Мал. 72.
Ємності з ацетоном

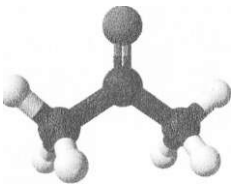
Структурна формула молекули ацетону — CH_3-C-CH_3 (мал. 73). У цій молекулі, як і
O
в молекулах альдегідів, є карбонільна група)C=0, але вона сполучена з двома вуглеводневими (метильними) залишками. Ацетон належить до кетонів — сполук із загальною формулою Я - С /уО гл Вуглеводневі залишки в молекулах кетонів можуть бути різними або однаковими. Систематична назва ацетону— пропанон.

Ацетон має ізомер серед альдегідів (один із випадків міжкласової ізомерії):

CH_4o-C-CHo (ii 0) CHo —CHo—C (//0) ч H

Ацетон — безбарвна легкозаймиста рідина зі специфічним запахом, яка необмежено розчиняється у воді й кипить за температури +56,5 °С.

За хімічною активністю ацетон поступається альдегідам. При нагріванні за наявності каталізатора він приєднує водень і відновлюється до вторинного спирту (альдегіди в таких реакціях перетворюються на первинні спирти):



Мал. 73. Модель молекули ацетону

$$CH_3\text{-}C(=O)\text{-}CH_3 + H_2 \xrightarrow{\text{Ni}} CH_3\text{-}CH(OH)\text{-}CH_3.$$

Ацетон окиснюється важче за альдегіди і взаємодіє лише із сильними окисниками. При цьому карбоновий ланцюг молекули розривається з обох боків від карбонільної групи, й утворюються кислоти:

$$CH_3\text{-}C(=O)\text{-}CH_3 + [O] \rightarrow CH_3\text{-}COOH + HCOOH$$

На відміну від альдегідів ацетон не реагує з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду і купрум(II) гідроксидом у лужному середовищі.

Ацетон утворюється при окисненні пропан-2-олу

$$CH_3\text{-}CH(OH)\text{-}CH_3 + [O] \rightarrow CH_3\text{-}C(=O)\text{-}CH_3 + H_2O,$$

гідратації проліну (реакція Кучерова).

Хімічна промисловість споживає значні кількості ацетону. Він слугує розчинником фарб, лаків, синтетичних смол, використовується у виробництві ацетатного шовку, органічного скла, фото- і кіноплівки.

24 Карбонові кислоти

Матеріал параграфа допоможе вам:

- пригадати, які сполуки зараховують до карбонових кислот;
- повторити класифікацію цих кислот;

складати систематичні назви карбонових кислот; отримати інформацію про ізомерію карбонових кислот.

Одним із важливих класів оксигеновмісних органічних сполук є клас *карбонових кислот.* Молекули цих сполук містять функціональну групу, до якої входять два атоми Оксигену: //О
або -СООН. її назва — *карбоксильна група.*

Карбонові кислоти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп.

Назва карбоксильної групи складається із частин назв (вони підкреслені) груп атомів С=0 і О-Н: «карбонільна», «гідроксильна».

Загальна формула карбонових кислот з однією карбоксильною групою в молекулі — //О
й - С ч о н , або **ДСООН.**

Одноосновні карбонові кислоти

й "<он

Поширеність у **природі.** Ви вже знаєте, що карбонові кислоти містяться в рослинах: яблучна — у яблуках, винограді; лимонна — у цитрусових; щавлева — у щавлі, ревені. Трапляються карбонові кислоти й у тваринному світі: мурашина — у виділеннях мурашок, молочна — у молоці ссавців, м'язах після фізичного навантаження. Тому не дивно, що тривіальні назви деяких кислот походять від назв відповідних рослин і тварин.

Класифікація. Карбонові кислоти класифікують за кількома ознаками.

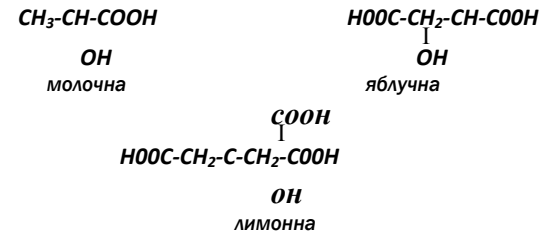
Зважаючи на кількість карбоксильних груп у молекулі, розрізняють *одноосновні* карбонові, або монокарбонові, кислоти (молекула містить одну групу -СООН, мал. 74), *двохосновні* карбонові, або дикарбонові, кислоти (молекула містить дві групи -СООН) тощо.

Мал. 74. **Моделі молекул мурашиної (а) і оцтової (б) кислот**

Відповідно до особливостей хімічних зв'язків у молекулах карбонові кислоти поділяють на *насичені* (табл. 5), *ненасичені* (наприклад, акрилова кислота CH_2==CH-COOH, олеїнова кислота CH_3-$(CH_2)_7$-CH=CH~$(CH_2)_7$-COOH), *ароматичні* (бензоатна, або бензойна, кислота C_6H_5-COOH).

Загальна формула *насичених монокарбонових кислот* — $C_„H_{2п+1}COOH$, де n = 0, 1, ... Склавши атоми кожного елемента, отримаємо формулу $C_{п+1}H_{2п+2}0_2$, або $C_тH_{2т}0_2$ *(m* = 1,2, ...).

У молекулах деяких карбонових кислот, крім карбоксильної групи, містяться інші функціональні групи. З огляду на це розрізняють гідроксикислоти, амінокислоти та ін. Формули і назви найважливіших гідроксикислот:



Кислоти, молекули яких містять 10 і більше атомів Карбону, називають *вищими.*

У молекулах найпростіших за складом кислот — мурашиної HCOOH та щавлевої HOOC-COOH (інша її назва — оксалатна кислота) — немає вуглеводневих залишків.

Назви. Для карбонових кислот найбільш уживані тривіальні назви (табл. 5).

Систематична назва одноосновної карбонової кислоти складається із двох слів. Перше

слово починається із назви вуглеводню з таким самим числом атомів Карбону, що й у молекулі кислоти (включаючи атом Карбону карбоксильної групи), і має закінчення *ова.* Другим є слово *кислота.* Нумерацію в головному карбоновому ланцюзі починають із атома Карбону карбоксильної групи:

2,3-диметилбутанова кислота

Таблиця 5

Формули і назви насичених монокарбонових кислот

Формула кислоти	Назва кислоти	
	тривіальна	систематична
H-COOH	Мурашина	Метанова
CH_3-COOH	Оцтова	Етанова
CH_3-CH_2-COOH	Пропіонова	Пропанова
CH_3-CH_2-CH_2-COOH	Масляна	Бутанова
CH_3-CH-COOH CH_3	Ізомасляна	Метилпропанова
CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH	Валеріанова	Пентанова
CH_3-CH-CH_2-COOH CH_3	Ізовалеріанова	3-Метилбутанова
CH_3-$(CH_2)_4$-COOH	Капронова	Гексанова
. . .		
CH_3-$(CH_2)_{14}$-COOH	Пальмітинова	Гексадеканова
CH_3-$(CH_2)_{15}$-COOH	Маргаринова	Гептадеканова
CH_3-$(CH_2)_{16}$-COOH	Стеаринова	Октадеканова

Для найпростіших карбонових кислот іноді вживають латинські назви: HCOOH — форміатна кислота, CH_3COOH — ацетатна кислота. Частіше використовують відповідні назви їх аніонів:

форміат-іон ацетат-іон

Від цих назв походять назви солей карбонових кислот.

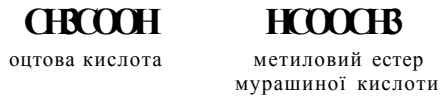
Загальна формула йона кислотного залишку монокарбонової кислоти — *КСО*0 .

• Напишіть формули кальцій форміату, амоній ацетату.

Систематичні назви аніонів карбонових кислот складають, додаючи до назви відповідного вуглеводню суфікс *-оат:* НСОО — метаноат-іон, $CH_3COO"$ — етаноат-іон.

Ізомерія карбонових кислот (структурна) зумовлена різною *будовою карбонового ланцюга* молекул, а ненасичених кислот — ще й *положенням кратного зв'язку.* Для трьох найпростіших монокарбонових кислот насиченого ряду не існує ізомерів-кислот, а формулі C_3H_7COOH відповідають дві кислоти (табл. 5).

Для карбонових кислот (крім метанової) характерна також міжкласова ізомерія. Ізомером кожної кислоти є естер:



оцтова кислота — метиловий естер мурашиної кислоти

шкшішшшш^^шшшшшшшшшшшш

Карбонові кислоти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп. Загальна формула одноосновних карбонових кислот — ЙСООН.

Карбонові кислоти поширені в природі.

Карбонові кислоти класифікують за кількістю карбоксильних груп у молекулі, особливостями зв'язків у карбоновому ланцюзі. Для цих сполук використовують переважно тривіальні назви.

Ізомерія карбонових кислот зумовлена різною будовою карбонового ланцюга в молекулах, а ненасичених кислот — ще й положенням кратного зв'язку. Для карбонових кислот існує також міжкласова ізомерія; їх ізомерами є естери.

206. Назвіть причини багатоманітності карбонових кислот.

207. Знайдіть відповідність.

Назва кислоти	Тип кислоти
1) щавлева;	а)одноосновна;
2)оцтова;	б)двохосновна;
3)бензоатна;	в)насичена;
4) акрилова;	г) ароматична;
5) олеїнова;	г) вища;
6) стеаринова;	д)ненасичена.

208. Дайте назви кислотам, молекули яких мають такі структурні формули:

а) CH_3-CH_2-CH-COOH; в) CH_2-CH_2-COOH.
CH_3 Вг

б) CH_3-CH—CH-COOH;
$C_2H_5CH_3$

209. Напишіть структурні формули молекул диметилпропанової та 3-метил-2-хлоропентанової кислот.

210. Зобразіть структурні формули молекул кислот $C_6H_{12}0_2$, якщо головні ланцюги в них містять чотири атоми Карбону. Назвіть сполуки.

211. Виведіть формулу насиченої одноосновної карбонової кислоти, якщо масова частка Оксигену в ній становить 31,37 %.

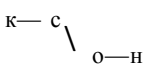
212. Насичена одноосновна карбонова кислота має молярну масу 116 г/моль і два третинні атоми Карбону у вуглеводневому залишку. Виведіть формулу кислоти і дайте їй назву.

§ I Р " Насичені одноосновні карбонові кислоти

Матеріал параграфа допоможе вам:

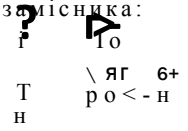
прогнозувати властивості кислот за будовою їхніх молекул;
повторити властивості карбонових кислот;
отримати відомості про способи добування кислот і сфери їх застосування.

Електронна будова молекул. У карбоксильній групі атом Карбону перебуває у стані $8p^2$-гібридизації. Тому сполучені з ним атоми розміщені на одній площині[1]. р-Орбіталь атома Карбону карбоксильної групи перекривається не тільки з р-орбіталлю «крайнього» атома Оксигену (завдяки цьому утворюється тт-зв'язок у карбонільній групі C=0), а й із орбіталлю атома Оксигену гідроксильної групи OH. Унаслідок цього між трьома атомами в карбоксильній групі утворюється єдина л-електронна система (мал. 75).



Мал. 75. Перекривання орбіталей атомів у карбоксильній групі

Електронна густина в цій системі сильно зміщена до атома Оксигену карбонільної групи. Тому зв'язок O-H є більш полярним, ніж у спиртах. Атом Карбону групи -COOH набуває позитивного заряду; до нього зміщується електронна густина від вуглеводневого замісника:



Наявність карбоксильної групи в молекулі кислоти полегшує заміщення атомів Гідрогену, які сполучені з найближчим до цієї групи атомом Карбону.

Особливості будови молекул карбонових кислот уможливлюють реакції за участю цих сполук із розривом зв'язків O-H, а також C-OH і C-H (у групі CH_2, сполученій із карбоксильною групою).

Фізичні властивості. Мурашина, оцтова і пропіонова кислоти за звичайних умов — рідини з різким запахом, що необмежено змішуються з водою з утворенням розчину.

[1] **Кути між лініями, що з'єднують центри цих атомів, наближають-** гн до 120°.

Розчиненню сприяє формування водневих зв'язків між молекулами кислоти і води. Масляна та інші кислоти з кількістю атомів Карбону в молекулах до дев'яти є оліїстими рідинами, мають неприємний запах і погано розчиняються у воді. Вищі карбонові кислоти — тверді, нерозчинні у воді речовини.

Температури кипіння карбонових кислот вищі, ніж одноатомних спиртів із такою самою кількістю атомів Карбону в молекулах. Це свідчить про сильнішу міжмолекулярну взаємодію в кислотах. Якщо між двома молекулами спирту виникає тільки один водневий зв'язок (с. 136), то між молекулами кислоти їх може бути два:

Сукупність двох сполучених молекул називають димером[1]. Димери циклічної будови досить стійкі.

Хімічні властивості. Карбонові кислоти, як і неорганічні, дисоціюють у водних розчинах на катіони Гідрогену й аніони кислотних залишків:

$$K\text{-}COOH \leftrightarrows H^+ + K\text{-}COO^-.$$

Дисоціація відбувається внаслідок розриву полярних зв'язків О-Н у молекулах.

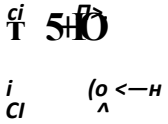
Усі карбонові кислоти є слабкими. Зі збільшенням карбонового ланцюга в молекулах сила насичених одноосновних карбонових кислот зменшується:

Оцтова кислота слабкіша за мурашину. Вуглеводневий замісник CH_3 збагачує електронною густиною атом Карбону групи COOH більше, ніж атом Гідрогену в молекулі

[1] Термін походить від грецьких префікса сіі(з) — двічі і слова тегоз — частина.

HCOOH. Це спричиняє меншу полярність зв'язку O-H у молекулі CH_3COOH.

Якщо атоми Гідрогену у вуглеводневому залишку молекули кислоти замінити на атоми більш електронегативного елемента — галогену, то здатність молекули відщеплювати йон H^+, тобто сила кислоти, помітно зростає (мал. 76). Причина полягає в тому, що внаслідок перерозподілу електронної густини в молекулі під впливом атомів галогену полярність зв'язку O-H збільшується:



Мал. 76. Забарвлення універсального індикатора в розчинах трихлорооцтової та оцтової кислот однакової концентрації

ССИЄООН CH_3C00H

Реакції з металами, оксидами, гідроксидами, солями. Карбонові кислоти, як і більшість неорганічних кислот, взаємодіють із металами з виділенням водню

$$Ге + 2CH_3COOH \quad (CH_3COO)_2Ге + H_2Т,$$

з основними оксидами, основами, деякими амфотерними оксидами і гідроксидами, солями слабких кислот (наприклад, карбонатами):

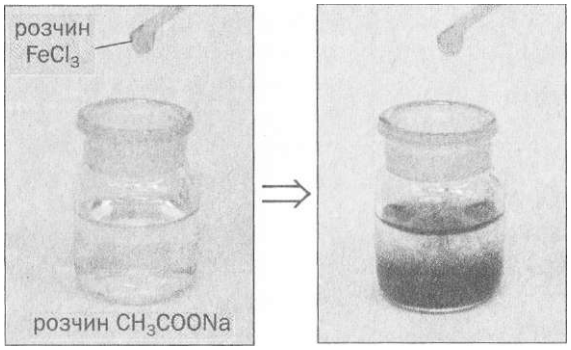
$$2HCOOH + CaO \quad (HCOO)_2Ca + H_20;$$

$$2CH_3COOH + Ка_2С0_3 \rightarrow 2CH_3COOMa + С0_2Т + H_20.$$

• Напишіть рівняння реакції пропанової кислоти з калій гідроксидом.

Якщо до безбарвного розчину ацетату лужного чи лужноземельного елемента добавити

трохи жовтувато-бурого розчину ферум(III) хлориду, то він набуває червоного кольору (мал. 77). За допомогою такої реакції можна виявити в розчині ацетат-іони.



Мал. 77.
Якісна реакція на ацетат-іони

Реакції зі спиртами. Карбонові кислоти за наявності невеликої кількості концентрованої сульфатної кислоти взаємодіють зі спиртами. Продуктами цих реакцій є *естери.* Звідси й назва — *реакція естерифікації:*

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + H-O-C_2H_5 \xrightarrow[H_2O]{H_2SO_4\ (конц.)} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-C_2H_5 + H_2O$$

оцтова кислота — етиловий спирт — етиловий естер оцтової кислоти — і —

Установлено, що кожна молекула води утворюється за рахунок ОН-групи молекули кислоти й атома Гідрогену гідроксильної групи молекули спирту.

Докладно естери розглянуто в § 27.

Оцтова кислота є стійкою щодо дії окисників. Вона не взаємодіє, наприклад, із калій перманганатом. Однак пару цієї кислоти можна підпалити на повітрі.

Специфічні властивості мурашиної кислоти. Мурашина кислота — єдина із карбонових кислот, у молекулі якої міститься альдегідна група • Тому вона, як і альдегіди, окиснюється калій перманганатом, арген-

тум(I) оксидом у розчині амоніаку (тобто дає реакцію «срібного дзеркала»):

$$\text{Н-С}_{\text{Х}}\text{О}_{\text{Н}} + [\text{O}] \quad \text{НО-С} \quad \text{або } \text{H}_2\text{CO} < \text{-»} \; \text{C}0_2\text{T} + \text{H}_20;$$

$$\text{Н-С}^{\text{У®}}_{\text{Х}\,(\text{Ж}} + \text{Д}\text{S}_20 \; ^{\text{лл}} + 2\text{МН}_3 \; ^{\text{охттт}} \; (.\text{НГО} \quad 2\text{A£I} + (\text{MH}_{\text{„}})_2\text{C}0_3.$$

При нагріванні з концентрованою сульфатною кислотою мурашина кислота розкладається на карбон(II) оксид і воду:

$$\text{HCOOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{So}_4(\text{конц.})} \text{COT} + \text{H}_20.$$

Добування. Карбонові кислоти добувають у *промисловості* переважно за реакціями окиснення.

Основний і перспективний метод ґрунтується на *окисненні алканів:*

$$\underset{\text{н-бутан}}{2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3} + 5\text{0}_2 \xrightarrow{\text{к-т Д}} \underset{\text{оцтова кислота}}{4\text{CH}_3\text{COOH}} + 2\text{H}_20;$$

$$\underset{\text{метан}}{2\text{CH}_4} + 3\text{0}_2 \xrightarrow{\text{к}} \underset{\text{мурашина кислота}}{2\text{HCOOH}} + 2\text{H}_20.$$

Карбонові кислоти також добувають *окисненням альдегідів і спиртів.* Продуктом реакції за участю альдегіду є кислота

$$\text{СН}_3\text{-С}_{\text{чн}} \xrightarrow{+\text{ГОI}} \text{СН}_3\text{-С}_{\text{чон}}$$

При окисненні спиртів кислоти утворюються на другій стадії перетворення:

$$\underset{\text{первинний спирт}}{\text{Я-СН}_2\text{-ОН}} \qquad \underset{\text{альдегід}}{\text{Д-<° лш,}} \qquad \underset{\text{кислота}}{}$$

У давнину оцет виробляли з вина. При контакті натурального виноградного вина, в якому масова частка етанолу не перевищує 10 %, з повітрям за участю особливих бактерій протягом двох-трьох тижнів відбувається окиснення спирту до оцтової кислоти. Цей процес називають оцтовокислим бродінням. Назва розчину оцтової кислоти, добутого таким способом, — винний оцет.

Один із промислових методів добування метанової кислоти полягає у здійсненні реакції карбон(II) оксиду з натронним вапном (це суміш гідроксидів Натрію і Кальцію) і наступній взаємодії натрій форміату із сульфатною кислотою:

$$CO + NaOH \quad HCOONa \xrightarrow{+H_2SO_4} HCOOH.$$

У *лабораторії* карбонові кислоти добувають переважно за реакціями їхніх солей із сильними неорганічними кислотами (зазвичай сульфатною):

$$HCOONa + H_2SO_4 \text{ (надл.)} \rightarrow HCOOH + Na_2SO_4.$$

Застосування. Найбільшого використання серед карбонових кислот набули оцтова й мурашина. Оцтову кислоту застосовують у харчовій, шкіряній, хімічній промисловості, при фарбуванні тканин, у виробництві штучних волокон, домашньому господарстві (для консервування, як приправу до їжі). Промисловість випускає столовий оцет (водний розчин оцтової кислоти з масовою часткою CH_3COOH 5—10 %), оцтову есенцію (70—80 %), яблучний оцет. Мурашину кислоту застосовують в органічному синтезі, текстильній промисловості, медицині, виробництві фарб, гуми.

ВИСНОВКИ

Карбонові кислоти за звичайних умов є рідинами або твердими речовинами. Розчинність їх у воді зменшується зі зростанням кількості атомів Карбону в ланцюзі. Ці сполуки мають вищі температури кипіння, ніж одноатомні спирти з такою самою кількістю атомів Карбону в молекулах.

Карбонові кислоти дисоціюють у водних розчинах, реагують із металами, деякими оксидами і гідроксидами, солями, а також зі спиртами.

У промисловості карбонові кислоти добувають окисненням алканів, спиртів, альдегідів, а в лабораторії — за реакціями їхніх солей із сильними неорганічними кислотами.

Карбонові кислоти використовують у хімічній, шкіряній, харчовій, текстильній промисловості, медицині, побуті.

О

213. Поясніть, чому мурашина кислота сильніша за оцтову. Запишіть схеми електролітичної дисоціації обох сполук.

214. Напишіть рівняння реакцій і дайте назви їх продуктам:
   а) $HCOOH + M$§
   $CH_3C00H + РЬ(OH)_2$ ->•
   $HCOOH + №_25Ю_3$
   б) $CH_3COOH + CиO$ —>
   $C_2H_5COOH + K_2C0_3$
   $C_2H_5COOH + C_4H_9OH$ ->

215. Допишіть у йонно-молекулярні рівняння замість крапок формули йонів, молекул і наведіть відповідні молекулярні рівняння:
   а) $H^+ + C_2H_5COO$ -> ...;
   б) $0H^~ + C_2H_5COOH$ -> ... + ...;
   в) $5i0|" + 2CH_3C00H$ ... + ...

216. Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення (в останніх завданнях замініть крапки на формули сполук):
   а) C -> CaC_2 -> C_2H_2 -> CH_3CH0 -> CH_3C00H;
   б) CH_4 -» ... -» C_2H_6 -» C_2H_5Br -> ... CH_3CHO -> ... -» -» $CH_3COOC_3H_7$;
   в) C_2H_6 C_2H_5Cl ->...-> C_4H_9Cl -» C_4H_90H ->...-> C_3H_7COOH -» -» C_3H_7COO№.
   Укажіть умови, необхідні для перебігу реакцій.

217. Визначте масову частку оцтової кислоти в розчині, виготовленому добавлянням до 100 г 80 %-го розчину кислоти:
   а) 100 мл води;
   б) 100 г 9 %-го розчину цієї кислоти;
   в) 100 мл 20 %-го розчину цієї кислоти, густина якого 1,026 г/мл.

218. Яка маса розчину натрій гідроксиду з масовою часткою лугу 20 % витрачається на нейтралізацію 50 г розчину пропанової кислоти з масовою часткою кислоти 7,4 %?

219. Яким об'ємом води потрібно розбавити 150 мл оцтової есенції (розчин оцтової кислоти з її масовою часткою 70 % і густиною 1,07 г/см^3), щоб виготовити розчин із масовою часткою оцтової кислоти 5 %?

220. У суміш мурашиної та оцтової кислот масою 8,3 г добавили достатню кількість питної соди. При цьому виділилося 3,36 л газу (н. у.). Визначте масові частки кислоту суміші. Вважайте, що газ не розчиняється в рідині.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Властивості етанової (оцтової) кислоти

ДОСЛІД 1

Порівняння етанової та хлоридної кислот за їх здатністю до дисоціації

Занурте скляну паличку в пробірку з розбавленим розчином етанової кислоти і нанесіть його краплю на універсальний індикаторний папірець. Те саме виконайте з розбавленою хлоридною кислотою. Зіставте забарвлення індикатора і зробіть відповідний висновок.

Напишіть рівняння електролітичної дисоціації кислот.

ДОСЛІД 2

Реакція етанової кислоти з металом

У пробірку помістіть невелику кількість порошку або стружки магнію і добавте 1—2 мл розчину етанової кислоти. Що відбувається?

ДОСЛІД 3

Реакція етанової кислоти з основним (амфотерним) оксидом

У пробірку помістіть невелику кількість магній оксиду (цинк оксиду) і добавте 1—2 мл розчину етанової кислоти. Що спостерігаєте? За потреби нагрійте вміст пробірки.

ДОСЛІД 4

Реакція етанової кислоти з розчином амоніаку[1]

У пробірку налийте 1 мл розбавленого розчину амоніаку і добавте 1—2 краплі розчину фенолфталеїну. Що спостерігаєте? Добавляйте в пробірку по краплях розчин етанової кислоти. Які зміни відбуваються в пробірці?

ДОСЛІД 5

Реакція етанової кислоти з нерозчинною основою (амфотерним гідроксидом)

У пробірку налийте 1 мл розчину лугу і добавте невелику кількість розчину нікель(II) сульфату (цинк сульфату). Що спостерігаєте?

Долийте до утвореного осаду 2 мл розчину етанової кислоти. Які зміни відбулися в пробірці?

ДОСЛІД 6

Реакції етанової кислоти із солями

В одну пробірку налийте 1 мл розчину натрій карбонату, а в іншу — стільки само розчину натрій гідрогенкарбонату. В обидві пробірки долийте по 1—2 мл розчину етанової кислоти. Що спостерігаєте?

Результати експериментів внесіть у таблицю:

Послідовність дій	**Спостереження**	**Висновки**
Дослід 1. ...		
Рівняння реакції (реакцій) у молекулярній і йонно-молекулярній формах:		

[1] Замість водного розчину амоніаку можна взяти розчин лугу.

в

221. Із якою метою в досліді 4 використовують індикатор?

222. Якими будуть результати досліду 6, якщо замість указаних солей взяти барій карбонат, барій сульфат? Відповідь обґрунтуйте.

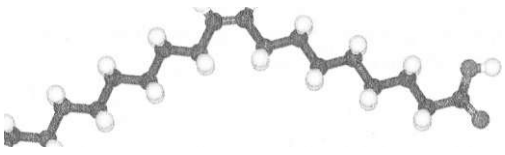
223. Чи знебарвиться розчин калій перманганату після добавляння до нього оцтової кислоти?

6 Вищі карбонові кислоти. **Мила** і **синтетичні мийні** засоби

Матеріал параграфа допоможе вам:

отримати відомості про вищі карбонові кислоти;
дізнатися про сполуки, які виявляють мийну дію;
з'ясувати, чим різняться мила і синтетичні мийні засоби.

Вищі карбонові кислоти. Серед вищих карбонових кислот найважливішими є насичені кислоти — пальмітинова $C_{15}H_{31}COOH$ і стеаринова $C_{17}H_{35}COOH$, а також ненасичена — олеїнова $C]_7H_{33}COOH$. Молекули цих кислот мають нерозгалужену будову (мал. 78).



Мал. 78. Кулестержневі моделі молекул стеаринової (а) і олеїнової (б) кислот

Вищі карбонові кислоти раніше добували тільки з рослинних і тваринних жирів. Тому їх ще називають *жирними кислотами.*

Пальмітинова і стеаринова кислоти — тверді речовини білого кольору, а олеїнова — рідина. Вони практично не розчиняються у воді.

За хімічними властивостями вищі карбонові кислоти подібні до оцтової, але є дуже слабкими. Ці сполуки реагують із лугами:

$$\underset{\text{стеаринова кислота}}{C_{17}H_{35}COOH} + KaOH \rightarrow \underset{\text{натрій стеарат}}{C_{17}H_{35}CO(Жa} + H_20.$$

Якщо до розчину солі вищої карбонової кислоти добавити розбавлену сульфатну кислоту, то відбувається реакція обміну:

$$2\underset{\text{калій пальмітат}}{C_{15}H_{31}COOK} + H_2SO_4 \rightarrow 2\underset{\text{пальмітинова кислота}}{C_{15}H_{31}COOH}\uparrow + K_2SO_4.$$

Олеїнова кислота є ненасиченою сполукою і тому вступає в реакції приєднання з галогенами, галогеноводнями, воднем:

$$C_{17}H_{33}COOH + \qquad C_{17}H_{35}COOH,$$

або

$$CH_3\text{-}(CH_2)_7\text{-}CH{=}CH\text{-}(CH_2)_7\text{-}\underset{\text{олеїнова кислота}}{COOH} + H_2 \xrightarrow{*\text{-}^{T}}$$

$$\rightarrow CH_3\text{-}(CH_2)_7\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}(CH_2)_7\text{-}\underset{\text{стеаринова кислота}}{COOH}.$$

Крім того, олеїнова кислота окиснюється калій перманганатом, іншими окисниками.

Вищі карбонові кислоти добувають, здійснюючи за певних умов реакції природних жирів із водою, а також окисненням високомолекулярних вуглеводнів нафти.

Мила. Солі лужних елементів і карбонових кислот із кількістю атомів Карбону в аніоні від 10 до 20 називають *милами.* (Якщо атомів Карбону в аніоні солі менше 10, то сполука не виявляє мийної дії, а якщо більше 20, то сіль практично нерозчинна у воді.) Натрієві солі є твердими речовинами, а калійні — рідинами.

Традиційний процес миловаріння полягає в нагріванні жирів або олій з лугом. У результаті

утворюється однорідна тягуча рідина. При добавлянні до неї насиченого розчину кухонної солі розчинність мила зменшується; воно виділяється з розчину і спливає на поверхню. Цей процес називають *висолюванням.* Мило збирають і заповнюють ним форми, де воно твердне. Залежно від сорту мила в нього під час виготовлення добавляють барвники, ароматизатори, екстракти рослин (календули, липи, ромашки та ін.).

Мийна дія мила полягає у відокремленні часточок бруду, наприклад, від поверхні тканини, й утворенні емульсії чи суспензії. Розглянемо, як це відбувається.

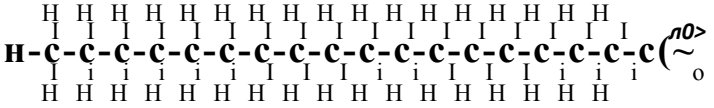
• Пригадайте, що таке емульсія, суспензія.

Потрапляючи у воду, мило розчиняється і частково взаємодіє з нею. Це — реакція гідролізу. Під час гідролізу мила утворюються слабка кислота і сильна основа (луг):

$$C_{17}H_{35}COCШa + H_20 <\pm C_{17}H_{35}COOH + MaOH,$$

$$C_{17}H_{35}COO" + H_20 <\pm C_{17}H_{35}COOH + OH".$$

Аніон $C_{17}H_{35}COO\sim$ складається із двох частин — полярної (-COO) і неполярної ($C_{17}H_{35}$-) (мал. 79):



Неполярна частина йона «розчиняється» в жировій складовій забруднення, а полярна залишається у воді (мал. 80), сполучаючись із її молекулами водневими зв'язками. Унаслідок

Мал. 79. Масштабна модель аніона вищої карбонової кислоти

такої взаємодії забруднення відокремлюється від поверхні тканини разом із аніонами кислоти у вигляді маленьких жирових краплинок або твердих часточок. Вони не злипаються, оскільки мають на своїй поверхні однойменний заряд (який?), а збираються навколо бульбашок повітря в піні.

Мал. 80. Мийна дія мила: .і — сполучення .ініонів із часточкою жиру; *б* — відокремлення часточки жиру від тканини

Використання мила має певні недоліки. Луг, невелика кількість якого утворюється у водному розчині мила, повільно роз'їдає тканини, руйнує деякі барвники. Мило втрачає свої властивості у твердій воді, бо йони Кальцію і Магнію, що містяться в ній, утворюють з аніонами жирних кислот малорозчинні солі:

$$Ca^{2+} + 2C_{17}H_{35}COO \qquad (C_{17}H_{35}COO)_2CaI.$$

Мила належать до *поверхнево активних речовин* (скорочено — ПАР). Це група органічних сполук, молекули або йони яких містять полярні групи атомів різного складу і неполярні довгі карбонові ланцюги.

Усі ПАР сприяють швидкому змочуванню водою забруднених поверхонь, відокремленню від них часточок бруду і потраплянню їх у розчин мийного засобу.

Синтетичні мийні засоби. Нині мила поступово витісняються синтетичними мийними засобами (скорочено — СМЗ), які позбавлені

Мал. 81.
Синтетичні мийні засоби

вищезгаданих недоліків[1] (мал. 81). Основу СМЗ становлять поверхнево-активні речовини. У них є також різні добавки — вибілювачі (хімічні, оптичні), ароматизатори, пом'якшувачі води, антистатики, дезінфекційні речовини тощо. До складу багатьох СМЗ входять кілька поверхнево-активних речовин, які за властивостями доповнюють одна одну. Вміст ПАР різних типів у цих засобах сягає в середньому 35 % за масою.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 12
Порівняння властивостей мила і СМЗ

Налийте в одну пробірку 2 мл водного розчину мила (краще — господарського), а в другу — стільки само розчину прального порошку. Випробуйте розчини універсальними індикаторними папірцями. Яке середовище водних розчинів мила, прального порошку?

У кожну пробірку долийте по 1 мл розчину магній сульфату або кальцій хлориду. Що спостерігаєте?

Поясніть результати досліду. Напишіть рівняння реакцій за участю мила, вважаючи його натрій стеаратом.

Із використанням СМЗ пов'язані певні екологічні проблеми. Сучасні пральні порошки і рідкі мийні засоби містять досить стійкі речовини. їх залишки разом зі стічними водами потрапляють у річки, водойми, ґрунт, накопичуються в них і негативно впливають на живу природу. У деяких СМЗ містяться фосфати. Надходження їх у воду спричиняє інтенсивне розмноження водоростей, які згодом відмирають, гниють, а вода збіднюється

[1] Такі речовини ще називають детергентами. Термін походить від англійського слова сіеіег^епі; — мийний засіб.

на кисень, необхідний рибам та іншим мешканцям річок і озер.

До СМЗ ставлять низку вимог. Вони мають добре розчинятися у воді, зберігати змочувальну та мийну дію у твердій і морській воді, бути екологічно безпечними і нетоксичними. Хіміки працюють над створенням таких СМЗ, які б швидко розкладалися в природних умовах і не завдавали шкоди довкіллю.

ВИСНОВКИ

Найважливішими вищими карбоновими кислотами є пальмітинова, стеаринова і олеїнова. Це дуже слабкі кислоти. їх натрієві та калійні солі називають милами.

Мило частково реагує з водою; при цьому утворюються відповідні кислота і луг.

Мила належать до поверхнево-активних речовин (ПАР). Наявність полярної й неполярної частин у молекулах ПАР зумовлює змочування їхніми розчинами різних поверхонь і видалення з них забруднень.

Синтетичні мийні засоби (СМЗ) набагато ефективніші за мила, але їх залишки, потрапляючи в довкілля, завдають шкоди рослинному і тваринному світу.

'24. Які сполуки належать до вищих карбонових кислот?

'25. Напишіть рівняння реакцій олеїнової кислоти з бромною водою, барій гідроксидом, натрій карбонатом.

'26. Складіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій:
а) калій пальмітату з водою;
б) магній стеарату із хлоридною кислотою.

!7. Чи здатні виявляти мийну дію: а) натрій сульфат; б) натрій ацетат; в) калій стеарат? Відповіді поясніть.

228. Визначте формулу насиченої одноосновної карбонової кислоти (лауринової), якщо масова частка Оксигену в сполуці становить **16 %.**

229. Яка маса натрій стеарату витратиться на осадження 1 г йонів Кальцію в деякому об'ємі річкової води?

27 Естери. Жири

Матеріал параграфа допоможе вам:

дізнатися про склад, назви і властивості естерів; розширити свої знання про жири та їх роль в організмі.

Естери. Запах багатьох квітів, фруктів, інших рослин зумовлений наявністю в них органічних сполук певного класу — естерів.

Похідні карбонових кислот, у молекулах яких атом Гідрогену карбоксильної групи заміщений на вуглеводневий залишок, називають *естерами*

Естери

р

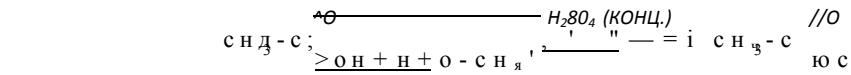
и к

Загальна формула естерів— К — , або

КСООК'.

Добування. Естери утворюються при взаємодії карбонових кислот зі спиртами за наявності концентрованої сульфатної (або ортофосфатної) кислоти:

$$\text{сн}_3\text{д-с}; \overset{\wedge O}{\underline{>\text{он + н +}}}\text{о-сн}_я\text{'}, \overset{H_2 80_4\ (КОНЦ.)}{\underline{\quad\quad}}\text{''} — = \text{і сн}_3\text{-с}\overset{//O}{\text{юсн}}, + H_2O.$$



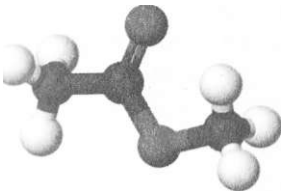
кислота спирт естер

Такі реакції, як вам відомо, називають реакціями естерифікації. Вони є оборотними; вод-

[1] Раніше такі сполуки називали складними ефірами.

ночас із прямою реакцією відбувається зворотна — взаємодія естеру з водою (гідроліз). Щоб досягти якомога повнішого перетворення кислоти і спирту на естер, реакційну суміш нагрівають для видалення пари одного із продуктів прямої реакції.

Назви. Систематичні назви естерів складаються із двох частин. Першою частиною є назва вуглеводневого залишку, що міститься в молекулі спирту, а другою — назва вуглеводню, від якого походить кислота, із закінченням *-оат:*



Мал. 82. Кулестержнева модель молекули метилетаноату

$$CH_3-C(=O)-OCH_3$$

метилетаноат

В інших назвах естерів використовують назви вуглеводневого залишку молекули спирту і карбонової кислоти (або її залишку). Наприклад, естер CH_3COOCH_3 (мал. 82) називають метиловим естером оцтової кислоти або метилацетатом.

- Запропонуйте іншу назву для етилпропаноату і зобразіть структурну формулу молекули сполуки.

Властивості. Естери з невеликими молекулярними масами є безбарвними леткими рідинами здебільшого з приємним запахом. Так, метилбутаноат $CH_3CH_2CH_2COOCH_3$ має аромат яблук, бутилетаноат $CH_3COOCH_2CH_2CH_2CH_3$ — груш, етилбутаноат $CH_3CH_2CH_2COOC_2H_5$ — ананасу, а бензилетаноат $CH_3COOCH_2C_6H_5$ — жасміну. Естери з кількома десятками атомів Карбону в молекулах — тверді речовини, що не мають запаху. Такі естери містяться у бджолиному воску.

Цікаво знати

Ненасичений естер метилметакрилат використовують у виробництві органічного скла.

Естери нерозчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках. Сполуки повільно взаємодіють із водою (гідролізують). За

Мал. 83.
Харчові жири

наявності кислот або лугів[1] швидкість цієї реакції зростає.

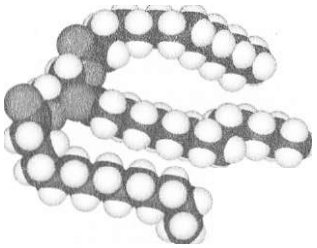
• Складіть рівняння реакції гідролізу метилпропаноату.

Естери — горючі речовини.

Застосування. Деякі естери карбонових кислот входять до складу парфумів, різних косметичних засобів, фруктових есенцій. Етилацетат і етилформіат слугують розчинниками для фарб і лаків.

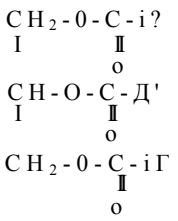
Жири. У природі дуже поширені естери, загальна назва яких — жири. Ви ознайомились із цими сполуками в 9 класі і знаєте, що вони разом із білками і вуглеводами становлять основу нашого харчування (мал. 83).

Жири — естери гліцерину і вищих карбонових кислот.



Мал. 84.
Масштабна модель молекули тригліцериду

Ці сполуки іноді називають *тригліцеридами,* оскільки молекула природного жиру містить три кислотні залишки (мал. 84). Загальна формула жирів —



де *В, В, В″* — вуглеводневі залишки (вони здебільшого різні, але можуть бути й однаковими).

До складу молекул жирів входять переважно залишки молекул таких насичених і ненасичених кислот (нерозгалуженої будови):

[1] У лужному середовищі під час гідролізу естеру утворюється не карбонова кислота, а її сіль.

- *пальмітинової* $C_{15}H_{31}COOH$,
  або $CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$;
- *стеаринової* $C_{17}H_{35}COOH$,
  або $CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$;
- *олеїнової* $C_{17}H_{33}COOH$,
  або $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$;
- *лінолевої* $C_{17}H_{31}COOH$,
  або $CH_a-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$;
- *ліноленової* $C_{17}H_{29}COOH$,
  або $CH_3-(CH_2-CH=CH)_3\sim(CH_2)_7-COOH$.

У природних жирах завжди наявні домішки — жирні кислоти, вітаміни А, Б, Е, Е, інші біологічно важливі речовини, вода тощо.

Класифікація. За походженням жири поділяють на тваринні й рослинні.

Із *тваринних жирів* ми найчастіше вживаємо в їжу вершкове масло, свиняче сало і яловичий жир. Вони утворені переважно тригліцеридами насичених кислот — стеаринової та пальмітинової. Жири морських ссавців і риб вирізняються високим вмістом естерів ненасичених кислот, у молекулах яких міститься щонайменше чотири подвійні зв'язки.

Найважливішими *рослинними жирами* є соняшникова, оливкова, кукурудзяна, лляна олії. Вони містять тригліцериди олеїнової та інших ненасичених кислот. Однак у кокосовому і пальмовому жирах переважають естери насичених кислот.

Фізичні властивості. Тваринні жири, крім риб'ячого, є твердими речовинами, а рослинні — рідинами (за винятком кокосового і пальмового).

Жири легші за воду, нерозчинні в ній, але добре розчиняються в бензині, бензені, дихлороетані, інших органічних розчинниках. При струшуванні рідких жирів з водою утворюються емульсії (приклад такої емульсії — молоко).

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 13

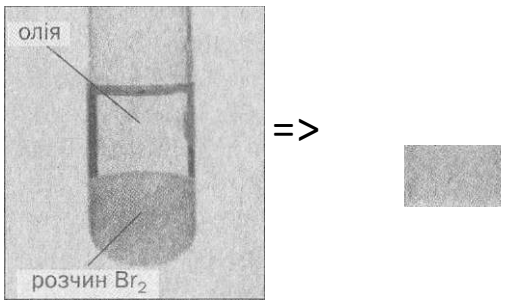
Розчинність жирів

Налийте в одну пробірку трохи води, в іншу — органічного розчинника (бензину, гексану). У кожну пробірку добавте 3—5 крапель соняшникової олії. Пробірку з органічним розчинником закрийте пробкою. Енергійно струшуйте вміст пробірок протягом 10—20 секунд. У якій пробірці утворилась емульсія, а в якій — однорідна суміш (розчин)? Поставте пробірки на кілька хвилин у штатив. Чи відбулося розшарування емульсії?

За допомогою піпетки нанесіть 1—2 краплі добутого розчину на сухий фільтрувальний папір. Що залишається на папері після випаровування розчинника?

Температури плавлення жирів[1] залежать від того, якими кислотами вони утворені. Жири, молекули яких містять залишки насичених кислот, плавляться за вищих температур і за звичайних умов є твердими. Тригліцериди ненасичених кислот — рідини.

Хімічні властивості. Жири, як і інші естери, за певних умов зазнають гідролізу з утворенням гліцерину і відповідних кислот. Жири, що походять від ненасичених кислот, вступають у реакції, характерні для алкенів, — приєднують водень, галогени (мал. 85), окиснюються калій перманганатом.



Мал. 85. Взаємодія олії з бромною водою

[1] Оскільки природний жир є сумішшю сполук, то він плавиться в певному інтервалі температур.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 14

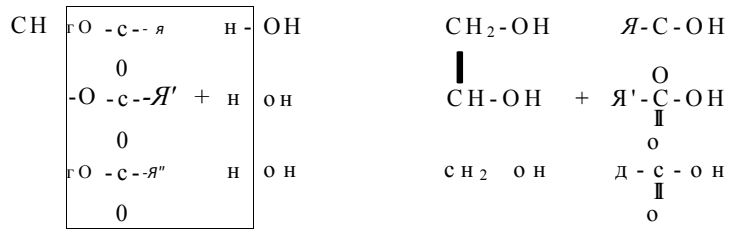
Виявлення ненасичених сполук у рідкому жирі

У пробірку налийте 1 мл соняшникової олії і добавте 2 краплі бромної води. Енергійно струсіть кілька разів вміст пробірки. Що спостерігаєте?

Напишіть рівняння реакції, припустивши, що молекула рідкого жиру містить три залишки олеїнової кислоти.

Гідроліз жирів — один із важливих промислових процесів. Жири взаємодіють із водяною парою за температури 200—250 °С і тиску 20—25 атм або наявності каталізаторів:

жир + вода $\xrightarrow{\text{робо}}$ гліцерин + вищі кислоти,



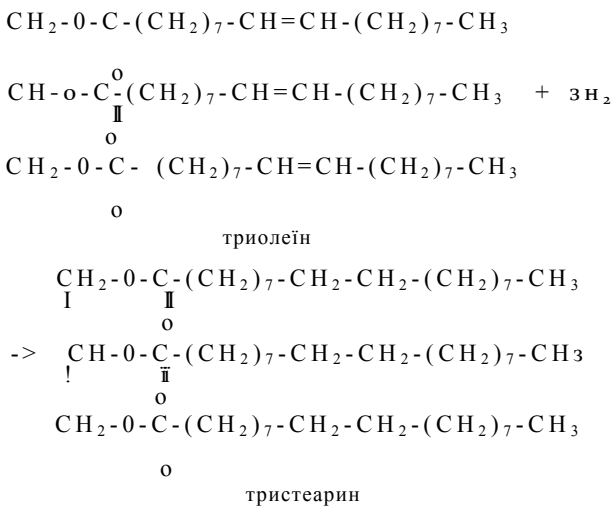
трігліцерид (жир) гліцерин вищі кислоти

Якщо реакції здійснювати за нагрівання й наявності лугів, то замість вищих карбонових кислот утворюються суміші їх солей — мила. Такий процес називають *омиленням жирів.*

Гідроліз жирів відбувається і в живих організмах. У ньому беруть участь особливі каталізатори — ферменти.

Гідрування. Під час пропускання водню в олію, нагріту до 160—240 °С за наявності каталізатора, вона поступово перетворюється на твердий жир, який схожий на тваринний:

рідкий жир + водень $\xrightarrow{t,\ к}$ твердий жир,



триолеїн

тристеарин

Змішуючи добутий твердий жир із молоком, вершковим маслом і добавляючи вітаміни (А і Б), виробляють маргарин. Твердий жир використовують для технічних потреб, у виробництві мила.

Термічний розклад. За температури 250—300 °С жири розкладаються з утворенням суміші різних сполук.

Окиснення. Перебуваючи в контакті з вологим повітрям, жири зазнають гідролізу і окиснюються. Продуктами цих перетворень є альдегіди, інші сполуки з меншою кількістю атомів Карбону в молекулах. Більшість їх має неприємний запах і гіркий смак (пригадайте запах і смак несвіжого вершкового масла).

Ненасичені жири окиснюються калій перманганатом, іншими окисниками. Цей процес повільно відбувається й за участю кисню повітря; у результаті рослинні жири тверднуть (ніби висихають).

При підпалюванні жири горять на повітрі.

Добування. Жири добувають із природних джерел.

Основний спосіб виготовлення твердого жиру •— витоплювання. Під час цього процесу жир плавиться й відокремлюється від залиш-

ків м'яса, води, інших речовин. Після очищення його заливають у форми для тверднення.

У виробництві олії використовують два методи. За одним із них насіння соняшнику або інших рослин пресують, а олію, що виділяється, збирають і очищують. Інший метод полягає в обробленні подрібненого насіння нагрітим приблизно до 50 °С летким розчинником (гексаном, етанолом), у якому олія розчиняється. Потім розчинник відганяють, а олію охолоджують і фільтрують. Застосовують також комбінований метод: спочатку пресуванням вилучають із насіння більшу частину олії, а потім його обробляють розчинником.

Синтез жиру із гліцерину і вищої карбонової кислоти вперше здійснив французький учений М. Бертло в 1854 р. Пізніше було розроблено інші методи синтезу жирів. Однак усі вони не набули промислового значення, оскільки жири поширені в природі.

Застосування. Жири використовують у харчовій промисловості, виробництві косметичних засобів, медицині, техніці. Переробкою жирів добувають гліцерин, вищі карбонові кислоти, мило, стеарин, багато інших речовин.

Біологічна роль жирів. При повному окисненні 1 г жиру в організмі виділяється вдвічі більше енергії, ніж «виробляє» така сама маса білка чи вуглеводу. Жири виконують і інші функції в живих організмах, розчиняють деякі вітаміни.

ВИСНОВКИ

Естери — похідні карбонових кислот, у молекулах яких атом Гідрогену карбоксильної групи заміщений на вуглеводневий залишок. Загальна формула естерів — ДСООК'.

Естери з невеликими молекулярними масами є безбарвними леткими рідинами, здебільшого з приємним запахом. Вони нерозчинні у воді, але

розчиняються в органічних розчинниках, зазнають гідролізу, горять на повітрі. Естери утворюються за реакціями між спиртами і карбоновими кислотами (реакції естерифікації). їх використовують у парфумерії, косметиці, як харчові добавки.

Естери поширені в природі.

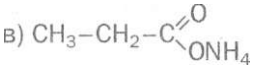
Жири — естери гліцерину і вищих карбонових кислот. Розрізняють тваринні й рослинні жири. Тваринні жири є похідними насичених кислот, а рослинні (олії) — ненасичених. Ці сполуки окиснюються, розкладаються при нагріванні, за певних умов гідролізують, а ненасичені жири ще реагують з воднем, галогенами.

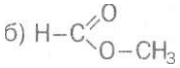
Жири є невід'ємною складовою нашого харчування. їх використовують у медицині, харчовій і легкій промисловості.

я

230. Із наведених формул виберіть ті, що належать естерам, і дайте цим сполукам систематичні назви:

а) СНз-СНг-С^



б) 

231. Складіть структурні формули молекул таких естерів:
   а) етилетаноату;
   б) етилформіату;
   в) пропілового естеру мурашиної кислоти.

232. Чи є ізомерами етилметаноат і метилетаноат?

233. Назвіть сполуку відомого вам класу, що є ізомером метилформіату. Температура кипіння якої зі сполук має бути нижчою і чому?

234. За матеріалами Інтернету або іншими джерелами інформації підготуйте стислі повідомлення за темами «Використання естерів», «Роль естерів у природі».

235. Напишіть рівняння реакцій:
   а) естерифікації за участю бутан-1-олу і етанової кислоти;
   б) гідролізу етилпропаноату.

236. Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

алкан -> алкен -> спирт -» альдегід -> кислота -> естер.

237. Охарактеризуйте склад молекул жирів. Чим різняться тверді жири й рідкі (олії)?

238. Складіть скорочену структурну формулу молекули тригліцериду, якщо вона містить:
   а) три залишки стеаринової кислоти;
   б) три залишки олеїнової кислоти;
   в) залишки стеаринової, олеїнової та масляної кислот.

239. Напишіть рівняння реакцій гідролізу твердого та рідкого жирів.

240. Яку масу метанолу потрібно взяти для добування 20,4 г метилбутаноату, якщо відносний вихід естеру становить 80 %?

241. Яка маса розчину натрій гідроксиду з масовою часткою лугу 25 % витрачається під час добування мила із 5 т олеїнового жиру?

242. Обчисліть масу гліцерину, що утворився при взаємодії достатньої кількості калій гідроксиду із 10 кг триолеїну, що містив 2 % домішок за масою.

для допитливих

Нітрогліцерин

Естери можуть бути утворені також неорганічними оксигеновмісними кислотами. Естер гліцерину і нітратної кислоти, тривіальна назва якого — нітрогліцерин, використовують для виготовлення динаміту. Сполука є однією з найсильніших вибухових речовин. Її промислове виробництво пов'язане з ім'ям шведського винахідника і підприємця А. Нобеля (він заснував премію, яку пізніше було названо Нобелівською). Водний розчин нітрогліцерину з його масовою часткою 1 %, а також пігулки, що містять цю сполуку, застосовують у медицині як судинорозширювальний засіб.

Нітрогліцерин — токсична олійста рідина без запаху. Сполуку добувають за реакцією гліцерину із сумішшю концентрованих нітратної та сульфатної кислот:

$$C_3H_5(OH)_3 + 3HONO_2 \text{ (конц.)} \xrightarrow{H_2SO_4\text{(конц.)}} C_3H_5(ONO_2)_3 + 3H_2O.$$

При нагріванні або слабкому ударі нітрогліцерин вибухає:

$$4C_3H_5(ONO_2)_3 \rightarrow 12CO_2\uparrow + 6N_2\uparrow + O_2\uparrow + 10H_2O\uparrow,\ \Delta H < 0$$

(потужну вибухову хвилю зумовлює виділення великої кількості газів).

28 Вуглеводи. Моносахариди

Матеріал параграфа допоможе вам:

пригадати загальні відомості про вуглеводи;
розширити свої знання про будову молекул і властивості глюкози;
дізнатися про склад і властивості фруктози.

Мал, 86. **Термічний розклад вуглеводу**

Вуглеводи. Найпоширеніші в природі органічні сполуки мають склад, який відповідає загальній формулі $C_{„}H_{2т}O_{ш}$, або $C_л(H_20)_т$ (п і т мають значення 5 і більше)[1]. Серед них — целюлоза (головна органічна складова деревини), крохмаль, цукор, глюкоза. Загальна назва цих сполук — *вуглеводи* — існує з XIX ст. Вона походить від слів «вуглець» і «вода» (ці речовини утворюються при повному термічному розкладі вуглеводів за відсутності повітря, мал. 86).

Вуглеводи містяться в усіх живих організмах. Ви знаєте, що вони утворюються в зелених рослинах і деяких бактеріях унаслідок процесу фотосинтезу. Схема фотосинтезу вуглеводів у рослинах:

вуглекислим газ + вода > вуглеводи + кисень,

а узагальнене хімічне рівняння —

$$nC0_2 + тH_20 \xrightarrow{H\backslash} C_п(H_20)_т + n0_2$$

Серед вуглеводів розрізняють *моносахариди* (до них належать глюкоза, фруктоза, інші сполуки), *дисахариди* (наприклад, сахароза, або звичайний цукор) і *полісахариди* (крохмаль, целюлоза). Ди- і полісахариди можуть зазнавати гідролізу з утворенням моносахаридів.

[1] Відомі вуглеводи (як природні, так і синтетичні), склад яких не відповідає наведеній формулі.

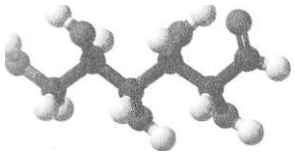
Для вуглеводів використовують, як правило, тривіальні назви, більшість яких має суфікс *-оза.*

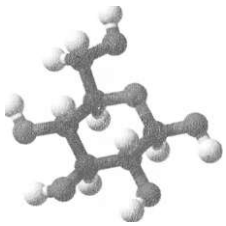
У цьому параграфі розглянуто найвідоміші моносахариди — глюкозу і фруктозу.

Глюкоза. Це один із найважливіших вуглеводів. Глюкоза, або виноградний цукор, міститься у фруктах, меді, а в незначній кількості — у крові людини і тварин.

Глюкоза
$C_6H_{12}O_в$

Будова молекули. Хімічна формула глюкози — $C_6H_{12}0_6$. Сполука, як і альдегіди, вступає в реакцію «срібного дзеркала» і подібно до спиртів утворює естери. Отже, в молекулі глюкози мають бути відповідні функціональні групи (назвіть їх). Це підтверджує структурна формула сполуки:





Мал. 87. Кулестержневі моделі відкритої (а) і циклічної (б) форм молекули глюкози

Вона вказує на те, що глюкоза є і *альдегідом,* і *багатоатомним спиртом* (молекула містить п'ять гідроксильних груп). Такі сполуки називають ал ьдегідоспиртами.

Форму молекули глюкози, зображену на малюнку 87, *а,* називають *відкритою.* У такій формі молекули сполуки існують лише у водному розчині, причому в дуже незначній кількості.

Характерною формою молекули глюкози (у твердому стані й у розчині) є *циклічна* (мал. 87, б). Вона утворюється внаслідок взаємодії атомів при зближенні кінців карбонового ланцюга[1].

[1] Фрагменти молекули глюкози можуть обертатися навколо простих **ш'язків** С-С.

Атом Гідрогену ОН-групи при п'ятому атомі Карбону переміщується до атома Оксигену альдегідної групи і сполучається з ним. Атом Оксигену, який залишився без атома Гідрогену, з'єднується з першим атомом Карбону. У результаті утворюється шестичленний цикл із п'яти атомів Карбону і одного атома Оксигену:

відкрита форма молекули — циклічна форма молекули

У циклічній формі молекули глюкози також є п'ять ОН-груп, а альдегідної групи немає.

***Розрізняють** а- і $-форму молекули глюкози. Якщо новоутворена ОН-група (біля першого атома Карбону) і сусідня ОН-група (біля другого атома Карбону) розміщені по один бік від площини циклу, то таку форму називають а-глюкозою,* а *якщо по різні боки (як зображено вище) — (З-глюкозою.*

Цікаво знати
Циклічна форма молекули глюкози в конформації «крісло» має мінімальну енергію.

У розчині відкрита форма молекули глюкози постійно перетворюється на циклічну і навпаки.

Фізичні властивості. Глюкоза — білий порошок або безбарвна кристалічна речовина із солодким смаком. Сполука добре розчиняється у воді.

Хімічні властивості. Глюкоза вступає в реакції, характерні для багатоатомних спиртів і альдегідів.

Реакція за участю гідроксильних груп. У лужному середовищі глюкоза, як і гліцерин, взаємодіє з купрум(II) гідроксидом. Продукт реакції — розчинна сполука Купруму(II) синього кольору.

Реакції за участю альдегідної групи. Глюкоза легко окиснюється. ГІри нагріванні її розчину з амоніачним розчином аргентум(І) оксиду утворюється амонійна сіль глюконової кислоти, а на стінках посудини з'являється тонкий блискучий шар срібла (мал. 70). Це реакція «срібного дзеркала». Наводимо відповідне хімічне рівняння, використавши скорочену структурну формулу молекули глюкози:

$$CH_2OH\text{-}(CHOH)_4\text{-}C\overset{\circ}{\underset{H}{}} + A£_2 0 + №ї_3 \quad \overline{\text{і, Яго}})$$

глюкоза

$$\text{->}\ CH_2OH\text{-}(CHOH)_4\text{-}C\text{^} \qquad + 2A_{Є}|.$$

амоній глюконат

Аналогічно діє на глюкозу купрум(ІІ) гідроксид (при нагріванні), відновлюючись до купрум(І) гідроксиду, який швидко перетворюється на купрум(І) оксид:

$$CH_2OH\text{-}(CHOH)_4\text{-}\ c;_{\underset{H}{тт}} + 2Си(OH)_2\ \text{-->}$$

глюкоза

$$\text{-»}\ CH_2OH\text{-}(CHOH)_4\text{-}C\text{^}_{он} + 2СиОН + H_2 0;$$

і'люконова кислота[1]

$$2СиОН\ \text{-*•>}\ Си_2 0 + H_2 0.$$

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 15

Взаємодія глюкози з купрум(П) гідроксидом

У пробірку налийте 2—3 мл розчину натрій гідроксиду і добавте 3—4 краплі розчину купрум(ІІ) сульфату. До осаду купрум(ІІ) гідроксиду, що утворився, долийте 2—3 мл розчииу глюкози. Вміст пробірки перемішайте. Що спостерігаєте?

[1] За наявності надлишку лугу утворюється сіль цієї кислоти.

Які органічні сполуки взаємодіють із купрум(II) гідроксидом із таким самим зовнішнім ефектом?

Пробірку з речовинами обережно нагрійте. Спостерігайте появу жовтого осаду і поступову зміну його забарвлення на червоне. Які інші органічні сполуки відновлюють сполуку Купруму(II)?

Зробіть висновок щодо наявності в молекулі глюкози відповідних функціональних груп.

Глюкоза окиснюється і в живих організмах. При її повному окисненні виділяється значна кількість енергії:

$$C_6H_{12}0_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O; \quad \Delta H = -2870 \text{ кДж.}$$

Глюкоза подібно до альдегідів може відновлюватися. У результаті її реакції з воднем за наявності каталізатора утворюється шестиатомний спирт — сорбіт:

$$\underset{\text{глюкоза}}{CH_2OH\text{-}(CHOH)_4\text{-}C\overset{O}{\underset{H}{}}} + H_2 \longrightarrow \underset{\text{сорбіт}}{CH_2OH\text{-}(CHOH)_4\text{-}CH_2OH}.$$

Сорбіт міститься у водоростях, багатьох ягодах і фруктах, має солодкий смак. Сполука не засвоюється організмом і тому слугує замінником цукру для хворих на цукровий діабет.

Реакції бродіння. Так називають перетворення органічних речовин (вуглеводів) за участю мікроорганізмів або виділених із них ферментів.

Під дією ферментів дріжджів глюкоза у водному розчині повільно перетворюється на етиловий спирт. Назва цього процесу — *спиртове бродіння.* Його можна спрощено описати таким хімічним рівнянням:

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}0_6} \rightarrow 2\underset{\text{етанол}}{C_2H_5OH} + 2CO_2\uparrow.$$

Молочнокисле бродіння глюкози спричиняють молочнокислі бактерії:

$C_6H_{12}0_6$ $2CH_3$-CH-COOH.

OH

глюкоза молочна кислота

Спиртове бродіння здавна використовують у виноробстві та пивоварінні. Молочнокисле бродіння відбувається під час квашення овочів, скисання молока.

Фруктоза. Ця сполука міститься в багатьох фруктах, плодах, меді. Її інша назва — фруктовий цукор. Фруктоза — безбарвна кристалічна речовина, добре розчинна у воді, солодша за глюкозу і звичайний цукор (сахарозу).

Фруктоза $C_6H_{12}0_6$

Формула фруктози така сама, що й глюкози — $C_6H_{12}0_6$. Однак молекули цих сполук мають різну будову. Глюкоза і фруктоза — структурні ізомери. У молекулі фруктози карбонільна група)C=0 сполучена із двома різними залишками:

CH_2OH

HO-C-H

H-C-OH

H-C-OH

$^6CH_2OH$

Для молекули фруктози, як і глюкози, характерна циклічна форма.

Добування моносахаридів. Глюкозу і фруктозу добувають, здійснюючи гідроліз природних речовин — крохмалю, цукру, целюлози.

Біологічне значення і використання моносахаридів. При окисненні глюкози виділяється необхідна для організму енергія. Цю сполуку використовують у медицині як легкозасвоюваний і калорійний продукт при серцевій недостатності, фізичному виснаженні; вона входить до складу кровозамінних рідин. Із глюкози у промисловості добувають аскорбінову кислоту (вітамін С), кальцій глюконат. Фруктозу застосовують у лікувальному

харчуванні; вона добре засвоюється організмом. Глюкозу і фруктозу використовують у харчовій промисловості.

ВИСНОВКИ

Вуглеводи — найпоширеніші в природі органічні сполуки, які утворюються внаслідок фотосинтезу. їх загальна формула — $C_n(H_20)_т$.

Вуглеводи поділяють на моносахариди, дисахариди і полісахариди. Найважливішими моносахаридами є глюкоза і фруктоза. Молекули цих сполук можуть перебувати у відкритій та циклічній формах.

Глюкоза і фруктоза — кристалічні речовини, добре розчинні у воді, солодкі на смак. Глюкоза вступає в реакції окиснення, відновлення, бродіння.

Моносахариди добувають гідролізом природних речовин. Глюкозу і фруктозу застосовують у харчовій промисловості, медицині, органічному синтезі.

в

243. Які сполуки називають вуглеводами?

244. Склад молекул мурашиного альдегіду CH_20 і оцтової кислоти CH_3C00H відповідає загальній формулі вуглеводів $C_n(H_20)_т$. Чи можна вважати ці сполуки вуглеводами? Чому?

245. Якими хімічними реакціями можна виявити в молекулі глюкози;
   а) гідроксильні групи;
   б) альдегідну групу?

246. Обчисліть масові частки елементів у моносахариді (арабінозі) $^{C}5^{H}10°5$-

247. У якій масі води потрібно розчинити 50 г глюкози, щоб виготовити розчин із масовою часткою цієї речовини 25 %?

248. Обчисліть маси розчинів глюкози з її масовими частками 5 і 25'%, що необхідні для приготування 200 г 10 %-го розчину цієї сполуки.

249. Яка маса срібла утворюється при окисненні 0,4 моль глюкози надлишком амоніачного розчину аргентум(I) оксиду?

250. Який об'єм вуглекислого газу (н. у.) виділиться при повному перетворенні 90 г глюкози на спирт під час бродіння?

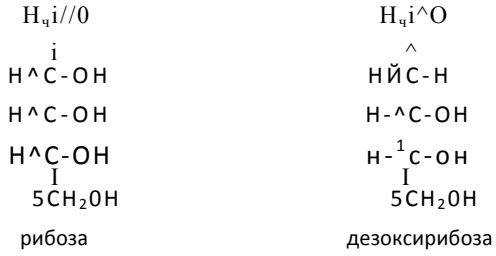
251. У результаті молочнокислого бродіння глюкози утворилося 3,6 г молочної кислоти і залишилось 8,4 г глюкози. Обчисліть відносний вихід кислоти.

Для допитливих

Рибоза і дезоксирибоза

Рибоза $C_5H_{10}O_5$ і дезоксирибоза $C_5H_{10}O_4$ є важливими моносахаридами. Залишки циклічних форм їх молекул входять до складу молекул рибонуклеїнових і дезоксирибонуклеїнових кислот.

Молекула дезоксирибози містить на один атом Оксигену менше, ніж молекула рибози; у ній замість гідроксильної групи біля другого атома Карбону перебуває атом Гідрогену:



(Зверніть увагу: склад молекули дезоксирибози $C_5H_{10}O_4$ не відповідає загальній формулі вуглеводів.)

Ці моносахариди схожі за властивостями із глюкозою.

29 Дисахариди. Сахароза

Матеріал параграфа допоможе вам:

дізнатися про сполуки, які називають дисахаридами;

з'ясувати склад і будову молекули сахарози;
пригадати властивості сахарози;
повторити відомості про добування і застосування сахарози.

Дисахариди. У рослинному і тваринному світі трапляються вуглеводи, загальна назва яких — *дисахариди.* Під час гідролізу таких вуглеводів із кожної молекули утворюються дві молекули моносахариду.

Дисахаридами називають вуглеводи, молекули яких складаються із двох залишків молекул одного або різних моносахаридів.

Дисахариди $C_{12}H_{22}O_{11}$

До найважливіших дисахаридів належать сахароза, лактоза і мальтоза. Вони мають однакову хімічну формулу $C_{12}H_{22}O_{11}$ і є ізомерами.

Із *сахарозою* ви докладно ознайомилися в 9 класі. Цю речовину зазвичай називають цукром. Найбільше сахарози в цукровому буряку і цукровій тростині (масова частка сполуки в цих рослинах може сягати 20 %). Сахароза також е в листі й соках дерев, фруктів, овочів.

Лактоза (молочний цукор) міститься в молоці (коров'ячому — 4—5 % за масою, жіночому — 5—8 %), молочній сироватці. Цей дисахарид майже втричі менш солодкий, ніж сахароза.

Мальтоза (солодовий цукор) наявна в пророслих зернах ячменю (солоді), організмах тварин. За солодким смаком трохи поступається сахарозі.

У цьому параграфі розглянуто будову молекули сахарози і властивості цієї сполуки. Матеріал про лактозу і мальтозу розміщено під рубрикою «Для допитливих».

Сахароза. Кожний із вас знає, що сахароза є кристалічною речовиною, має солодкий смак і добре розчиняється у воді. Розчинність цукру з підвищенням температури істотно

зростає. Якщо дуже концентрований гарячий розчин (цукровий сироп) охолодити, то він стає пересиченим. Кристалики цукру починають з'являтися в ньому не одразу, а через значний проміжок часу (відомо, що варення іноді «зацукрується»).

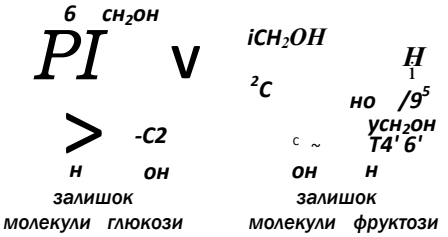
При нагріванні цукор плавиться і починає поступово розкладатися. Розплав цукру при охолодженні перетворюється на карамель — склоподібну суміш речовин, яка розчиняється у воді.

Сахароза — важливий харчовий продукт, який легко засвоюється організмом.

Сахароза CirHarO]]

Будова молекули. Молекула сахарози $C_{12}H_{22}O_{и}$ складається із залишків циклічних форм молекул глюкози і фруктози.

Утворення молекули сахарози можна уявити як результат відщеплення молекули води від двох молекул — глюкози (а-форма) і фруктози ($-форма) — за рахунок однієї гідроксильної групи кожної молекули:



Хімічні властивості. Участь сахарози в хімічних реакціях зумовлена особливостями будови її молекули — наявністю двох циклічних фрагментів, а також кількох гідроксильних груп.

Реакція гідролізу. Сахароза, на відміну від моносахаридів, під дією ферментів або за нагрівання із сильними неорганічними кислотами зазнає гідролізу. При цьому із кожної молекули дисахариду утворюються молекула глюкози і молекула фруктози:

сахароза + вода $\xrightarrow{к \text{ або } I,\ H^{\wedge}3O.}$ глюкоза + фруктоза.

Реакції за участю гідроксильних груп. Оскільки в молекулі сахарози містяться гідроксильні групи, сполука вступає в реакції, характерні для багатоатомних спиртів. Сахароза взаємодіє з гідроксидами Кальцію, Купруму(II) з утворенням сполук, загальна назва яких — сахарати.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 16
Реакція сахарози з купрум(II) гідроксидом

У пробірку налийте 1 мл розчину натрій гідроксиду і добавте 4—5 крапель розчину купрум(II) сульфату. До утвореного осаду купрум(II) гідроксиду долийте 1—2 мл водного розчину цукру і перемішайте суміш. Що спостерігаєте?

Нагрійте добутий розчин до кипіння. Чи утворюється купрум(I) оксид?

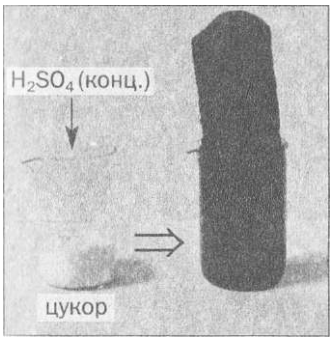
Зробіть висновок щодо подібності сахарози до багатоатомних спиртів, а також здатності сполуки виявляти відновні властивості.

Окиснення. На відміну від глюкози сахароза не є відновником. Вона не дає реакції «срібного дзеркала» й не відновлює купрум(II) гідроксиду, що свідчить про відсутність альдегідної групи в її молекулі.

Повне окиснення органічної речовини відбувається при її горінні. Цукор удається підпалити, якщо на його грудочку попередньо насипати трохи хром(III) оксиду або попелу від цигарки. (У попелі містяться солі Літію, що, як і хром(III) оксид, є каталізаторами цієї реакції.)

Реакція дегідратації. Концентрована сульфатна кислота, маючи водовідбирні властивості, обвуглює сахарозу (мал. 88). Спрощена схема цього перетворення:

$$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{\text{конц.}} 12C + 11H_2O.$$



Мал. 88. Дегідратація цукру

Добування. Сахарозу виробляють у великій кількості із цукрового буряку і цукрової тростини. Про те, як здійснюють цей процес на заводах, ішлося в 9 класі. Промиту стружку цукрового буряку обробляють гарячою водою. Добре розчинні речовини, у тому числі й сахароза, переходять у розчин, а інші (білки, крохмаль) залишаються у клітинах рослини. Після цього до розчину добавляють суспензію вапна. Кальцій гідроксид реагує з органічними кислотами, іншими речовинами з утворенням малорозчинних сполук, а сахарозу перетворює на розчинний кальцій сахарат. Добутий розчин фільтрують і пропускають у нього вуглекислий газ, який реагує з кальцій сахаратом і залишком вапна. Продукти цих реакцій — сахароза й осад кальцій карбонату. Розчин сахарози фільтрують, додатково очищують і випарюють. Із нього кристалізується цукор.

Україна є одним із найбільших виробників цукру у світі. У нашій країні працює понад 100 цукрових заводів. Обсяг їх продукції щороку становить від 1,5 до 2 млн т.

Застосування. Сахароза — важливий харчовий продукт. Крім того, із цієї сполуки іноді виробляють спирт, деякі поверхнево-активні речовини.

Дисахариди — вуглеводи, молекули яких складаються із двох однакових або різних залишків молекул моносахаридів. До дисахаридів належать сахароза, лактоза і мальтоза; вони мають формулу $C_{12}H_{22}0_{и}$ і є ізомерами.

Сахароза, або звичайний цукор, — біла кристалічна речовина із солодким смаком, яка добре розчиняється у воді. Молекула сахарози

складається із залишків молекул глюкози і фруктози (в циклічних формах).

За певних умов сахароза зазнає гідролізу, перетворюючись на глюкозу і фруктозу, взаємодіє з гідроксидами деяких металічних елементів, а при нагріванні розкладається. Сахароза не виявляє відновних властивостей.

Цукор добувають із природної сировини у великій кількості. Його використовують як харчовий продукт, добавляють у кондитерські вироби. Із цукру виробляють частину спирту.

252. До якої групи вуглеводів належить сахароза?

253. Зіставте сахарозу і глюкозу за фізичними і хімічними властивостями.

254. Напишіть хімічні рівняння, які відповідають таким перетворенням, і вкажіть умови перебігу реакцій:

сахароза глюкоза -> етанол.

255. За матеріалами Інтернету або іншими джерелами інформації підготуйте стисле повідомлення про види цукру, які надходять до торговельної мережі.

256. Обчисліть масову частку Карбону у вологому цукрі, якщо масова частка води в ньому становить 5 %.

257. Яку масу сахарози потрібно розчинити у 350 мл води, щоб масова частка сахарози у розчині становила 12,5 %?

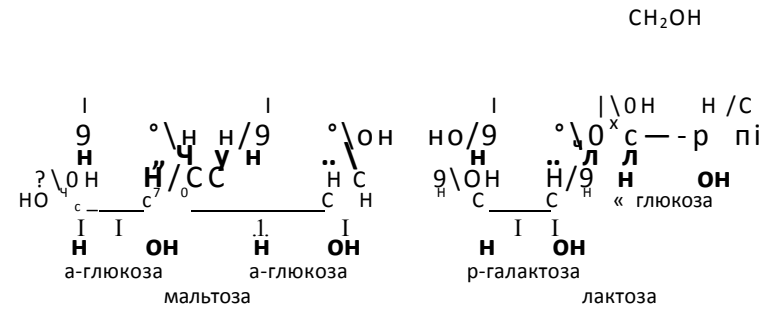
258. Які маси цукру і його водного розчину з масовою часткою 10 % потрібно змішати, щоб виготовити 200 г 20 %-го розчину?

259. Під час гідролізу деякої маси сахарози утворилася удвічі менша маса глюкози. Обчисліть відносний вихід глюкози.

для допитливих

Мальтоза і лактоза

Мальтоза і лактоза — кристалічні речовини, солодкі на смак. Мальтоза добре розчиняється у воді, а лактоза є малорозчинною. Ці дисахариди мають такі самі формули, що й сахароза, — **С^І^О**ц. Молекула мальтози містить залишки двох молекул глюкози, а молекула лактози — залишки молекул галактози і глюкози:

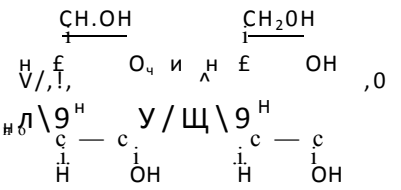


При гідролізі цих вуглеводів утворюються відповідні моносахариди:

мальтоза + вода —» глюкоза;

лактоза + вода -» глюкоза + галактоза.

На відміну від молекули сахарози циклічні форми молекул мальюзи і лактози здатні перетворюватися на відкриті форми, які містять альдегідну групу (мал. 89). Тому мальтоза і лактоза окиснюються сполуками Аргентуму і Купруму(II) до відповідних кислот.



Мал. 89.
Відкрита форма
молекули мальтози

Лактозу виділяють із молочної сироватки, а мальтозу добувають, здійснюючи гідроліз крохмалю.

Лактозу використовують у дитячому харчуванні. На відміну від інших дисахаридів вона негігроскопічна й тому слугує наповнювачем при виготовленні ліків у вигляді порошків і пігулок. Мальтоза є [Компонентом поживних сумішей у мікробіології.

5 І Н І Полісахариди. Крохмаль і целюлоза

Матеріал параграфа допоможе вам:

отримати нову інформацію про полісахариди;

з'ясувати будову молекул крохмалю і целюлози;

пригадати властивості крохмалю і целюлози, сфери їх застосування.

Полісахариди. Серед усіх органічних речовин, які є в природі, найбільше (за масою) *полісахаридів.*

Полісахаридами називають вуглеводи, молекули яких складаються із багатьох залишків молекул моносахаридів[1].

Полісахариди $(C_6H_{10}O_5)_л$

Найважливішими полісахаридами є *крохмаль* і *целюлоза.* Ці природні полімери мають однакову загальну формулу $(C_6H_{10}O_5)_л$, але значення *n* для кожної сполуки перебувають у певному числовому інтервалі.

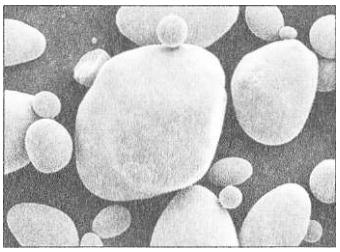
Крохмаль $(C_6H_{10}O_5)_п$

Крохмаль. Із цією речовиною ви ознайомилися в 9 класі і знаєте, що вона утворюється в листі і стеблах рослин унаслідок процесу фотосинтезу:

$$6C0_2 + 6II_20 \text{-}^{\wedge}\text{->} C_0H_{12}O_в + 60_2;$$

$$пC_6H_{]2}0_6 \quad (C_6H_{10}O_5)_„ + яH_20.$$

Крохмаль накопичується в зернах, насінні, бульбах та корінні рослин. Його масова частка в картоплі сягає 25 %, пшеничному борошні — 75 %, рисі — 80 %.

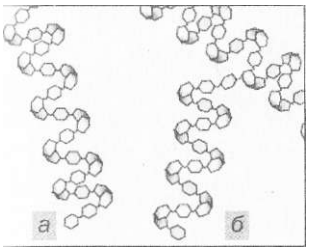


Мал. 90. Часточки картопляного крохмалю (дуже збільшено)

Крохмаль належить до так званих резервних полісахаридів рослин. Він «постачає» енергію рослинним клітинам і слугує для них «будівельним» матеріалом. При замочуванні зернини відбувається гідроліз крохмалю з утворенням водорозчинних вуглеводів, необхідних для її проростання і розвитку рослини.

Крохмаль складається із дуже дрібних округлих часточок білого кольору (мал. 90). При розтиранні його пальцями відчувається легке

[1] Кількість таких залишків може сягати кількох тисяч.



Мал. 91.
Ьудова молекул амілози (а) и амілопектину (б)

поскрипування внаслідок взаємного тертя часточок (зерен). Крохмаль не має запаху і смаку, не розчиняється в холодній воді, а в теплій утворює колоїдний розчин (крохмальний клейстер).

Склад і будова молекул. Крохмаль є сумішшю двох полісахаридів — *амілози* й *амілопектину.* Амілоза міститься всередині зерен крохмалю, амілопектин — у їх оболонках. Амілопектину в крохмалі в кілька разів більше, ніж амілози. Молекули цих сполук складаються із залишків циклічних молекул глюкози, довгі ланцюги яких закручені в спіралі (мал. 91). Молекули амілопектину значно довші, ніж амілози, і мають розгалуження.

Амілоза розчиняється у воді з утворенням колоїдного розчину, амілопектин є нерозчинним. При добавлянні до крохмалю теплої води оболонки його зерен руйнуються, амілоза переходить у розчин, а амілопектин лише набрякає.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 17

Відношення крохмалю до води

Насипте в пробірку трохи крохмалю (щоб він ледь покрив її дно), добавте 4 мл води і перемішайте суміш. Чи розчиняється крохмаль у холодній воді?

Обережно, струшуючи суміш, нагрійте вміст пробірки до їсипіння. Спостерігайте утворення колоїдного розчину (крохмального клейстеру).

Помістіть пробірку в склянку з холодною водою для охолодження клейстеру.

Уміст пррбірки збережіть для наступного досліду.

Хімічні властивості. При нагріванні крохмаль, на відміну від сахарози, не плавиться, а

розкладається. Цей складний процес завершується обвуглюванням речовини.

Під дією ферментів або при нагріванні з розбавленими неорганічними кислотами відбувається *гідроліз* крохмалю:

крохмаль + вода $\xrightarrow{к \text{ або } і,\ H_2SO_4}$ глюкоза.

• Запишіть схему гідролізу крохмалю, використавши хімічні формули сполук.

Крохмаль потрапляє в організми людини і тварин із їжею. Його гідроліз починається в ротовій порожнині (за участю ферменту амілази) і завершується в кислому середовищі шлунка.

Гідроліз крохмалю відбувається в кілька стадій:

крохмаль -> декстрини -> мальтоза -» а-глюкоза.

Продукти часткового розщеплення крохмалю — декстрини ($C_eH_{10}0_5)_m$ —- мають меншу молекулярну масу, ніж крохмаль, добре розчинні у воді й тому легше засвоюються організмом. Вони утворюються при смаженні картоплі, круп, випіканні хліба. Суміш продуктів гідролізу крохмалю — декстринів, мальтози і глюкози — називають патокою. Її використовують у харчовій промисловості.

Реакція з ілодом. Якщо в колоїдний розчин крохмалю добавити розчин йоду, то його буре забарвлення зміниться на темно-синє. При нагріванні до 100 °С цей колір зникає, а при охолодженні з'являється знову. Зазначимо, що дисахариди і моносахариди па йод не діють.

*Декстрини по-різному змінюють забарвлення розчину йоду. Залежно від довжини молекул полісахаридів воно може бути від синього **до** червоно-бурого або жовтого.*

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 18
Властивості крохмалю

Розділіть вміст пробірки із попереднього досліду на дві частини.

До однієї частини колоїдного розчину добавте одну краплю йодної настоянки. Що спостерігаєте? Нагрійте рідину до кипіння. Чи змінюється її забарвлення? Охолодіть пробірку. Якого кольору набуває рідина?

До другої частини розчину крохмалю добавте свіжооеаджений купрум(II) гідроксид. Чи «розчиняється» цей осад у рідині? Нагрійте суміш. Чи окиснюється крохмаль сполукою Купруму(II)?

Запишіть усі спостереження і зробіть висновки.

Добування. Крохмаль добувають у промисловості переважно із картоплі й кукурудзи. Сировину подрібнюють, обробляють холодною водою, яка «вимиває» зерна крохмалю. їх відділяють відстоюванням або центрифугуванням.

Застосування. Крохмаль — важливий харчовий продукт. Він є сировиною для добування глюкози, декстринів, патоки, етилового спирту. Його також використовують при виготовленні паперу, текстилю, деяких пластмас, у поліграфії, домашньому господарстві.

Целюлоза — «будівельний» матеріал рослин. Із цієї речовини утворені оболонки клітин. Найбільше целюлози в бавовні (її вміст у насінні рослини становить 95—98 %), льоні, різноманітних рослинних волокнах. Деревина в середньому на 50 % складається із целюлози. Цей вуглевод є і в харчових продуктах — борошні й виробах із нього, крупах, а також овочах. Целюлоза, як і крохмаль, утворюється в рослинах під час фотосинтезу.

Склад і будова молекул. Молекули целюлози побудовані із залишків циклічних молекул глюкози і є, на відміну від молекул

амілопектину, нерозгалуженими. У кожному залишку молекули глюкози міститься три ОН-групи. Тому формулу целюлози в хімічних рівняннях іноді записують так:

Целюлоза $(C_6H_{10}O_5)_n$, або $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$

$$C_6H_7O_2\begin{matrix}/OH\\-OH\\OH\end{matrix}, \text{ або } [C_6H_7O_2(OH)_3]_n.$$

Між гідроксильними групами різних молекул целюлози виникають водневі зв'язки, завдяки яким ниткоподібні молекули можуть об'єднуватися у волокна. Целюлоза має волокнисту будову в льоні, бавовні.

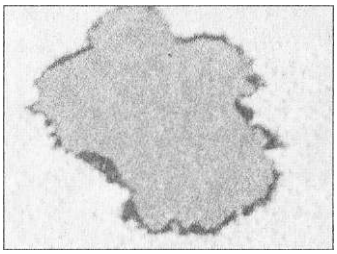
Властивості. Чиста целюлоза нерозчинна у воді й органічних розчинниках, але розчиняється в амоніачному розчині купрум(II) гідроксиду. Із цього розчину вона осаджується при добавлянні кислоти.

Целюлоза не змінює забарвлення йоду в його розчині, розкладається концентрованою сульфатною кислотою (мал. 92).

Гідроліз. Взаємодія целюлози з водою відбувається лише за нагрівання і наявності сильної кислоти. Процес є ступінчастим і завершується утворенням глюкози:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6.$$

Глюкозу, що добувають таким способом, використовують як сировину для виробництва технічного етилового спирту (його ще називають гідролізним).



Мал, 92.
Результат потрапляння на серветку концентрованої сульфатної кислоти

Одним із кінцевих продуктів гідролізу целюлози може бути метан. Цей процес (*метанове бродіння)*І відбувається за участю особливих бактерій, які переробляють рештки рослин на дні водойм. У результаті з боліт виділяється «болотний» газ.

Реакції естерифікацій. При взаємодії целюлози із сумішшю концентрованих нітратної й сульфатної кислот утворюються естери — моно-

нітроцелюлоза $[C_6H_7O_2(OH)_2OK O_2]_n$, динітроцелюлоза $[C_6H_7O_2(OH)(O>Ю_2)_2]_и$ і тринітроцелюлоза $[C_6H_7O_2(OMO_2)_3]_л$. Тринітроцелюлоза є вибуховою речовиною (тривіальна назва — піроксилін); її використовують для виробництва бездимного пороху.

Наводимо рівняння реакції утворення одного з естерів:

$$C_0H_7O_2;\begin{matrix},0H\\-OH\\OH\end{matrix} + пНОЖ), \qquad C«H_7O_2\begin{matrix},о-ж>_2\\-O-OH\\O-OH\end{matrix} + пH_20, \text{ або}$$

$$\underset{\text{целюлоза}}{[C_6H_7O_2(OH)_3]_n} + пЬШОз \text{ -» } \underset{\text{мононітроцелюлоза}}{[C_6H_7O_2(OH)/ЖO_2]_n} + пH_20.$$

• Складіть рівняння реакції утворення тринітроцел юлози.

Мал. 93. Горіння вати

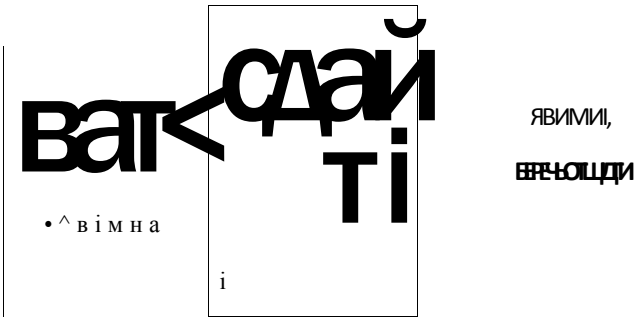
Важливі в практичному аспекті також естери целюлози й оцтової кислоти. Діацетат $[C_6H_7O_2(OH)(OCOCH_3)_2]_n$ і триацетат $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_n$ е вихідними речовинами у виробництві ацетатного волокна.

Окиснення. Целюлоза при підпалюванні горить (мал. 93).

• Напишіть рівняння реакції горіння целюлози.

Повне окиснення целюлози (до вуглекислого газу і води) також відбувається за участю деяких мікроорганізмів. Це дуже повільний процес. Завдяки йому природа «власними силами» позбувається величезних решток деревини.

Термічний розклад. При нагріванні без доступу повітря целюлоза розкладається. Серед продуктів її розкладу — вуглець (так зване деревне вугілля), водяна пара, метанол, оцтова кислота. Відповідний процес здійснюють у промисловості; його назва — суха перегонка деревини.



Мал. 94. Вироби із целюлози: вата, столові серветки і фільтрувальний папір

Застосування. Різноманітний папір, картон, тканини, лаки, емалі, целофан, волокна — усе це виробляють із целюлози (мал. 94). Головним джерелом целюлози є деревина. Частину відходів деревообробної промисловості піддають сухій перегонці на хімічних заводах.

ВИСНОВКИ

Полісахариди — вуглеводи, молекули яких складаються із багатьох залишків молекул моносахаридів. Найважливішими полісахаридами є крохмаль і целюлоза. Вони мають однакову формулу $(C_6H_{10}O_5)_n$. У їхніх молекулах сполучені один з одним залишки молекул глюкози (в циклічній формі).

Крохмаль міститься в зернах, бульбах, корінні деяких рослин, а із целюлози складаються оболонки рослинних клітин.

Крохмаль утворює з водою колоїдний розчин. При його змішуванні з розчином йоду виникає темно-синє забарвлення; це — якісна реакція на крохмаль. Целюлоза у воді не розчиняється і з йодом не реагує.

Полісахариди за певних умов зазнають гідролізу, кінцевим продуктом якого є глюкоза. Целюлоза вступає в реакції естерифікації.

Крохмаль використовують переважно в харчовій промисловості. Із целюлози виробляють папір, волокна, інші матеріали і речовини.

>60. Чому крохмаль і целюлозу зараховують до полісахаридів?

>61. Що спільного й відмінного в будові молекул крохмалю і целюлози?

'62. Чому крохмаль і целюлоза не відновлюють аргентум(I) оксиду в амоніачному розчині?

'63. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення: целюлоза -» глюкоза етанол -» етиловий естер оцтової кислоти.

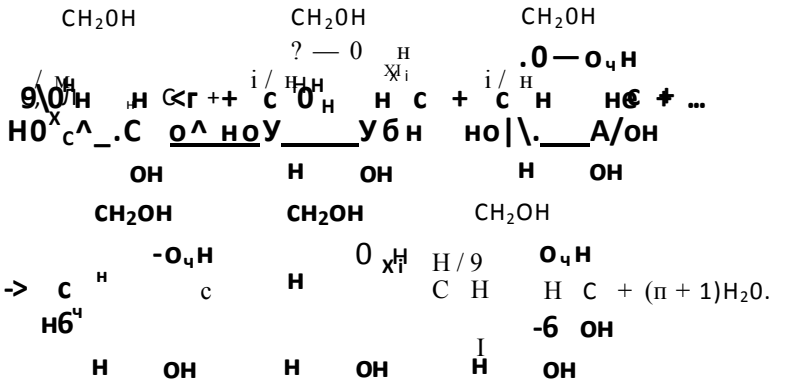
-•64. Яку масу етанолу можна добути з 1 т картоплі, в якій масова частка крохмалю дорівнює 25 %, якщо загальні втрати на виробництві становлять 20 %?

,'65. Обчисліть масу кисню, яка надійшла в повітря з рослин, якщо в них утворилося 100 т полісахаридів.

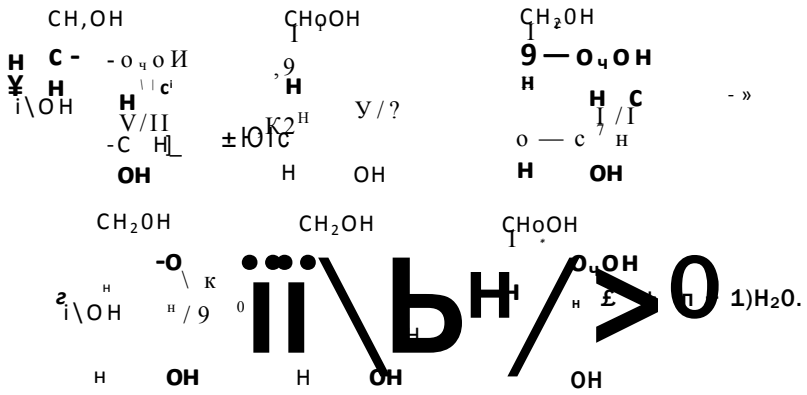
для допитливих

Будова молекул амілози, амілопектину та целюлози

Вам уже відомо, що крохмаль є сумішшю двох полісахаридів — амілози (лінійної будови) й амілопектину (розгалуженої будови). Молекули обох сполук складаються з великої кількості залишків молекул глюкози в а-формі. Структурну формулу такої молекули можна отримати, сполучаючи молекули глюкози за рахунок відщеплення молекул води:



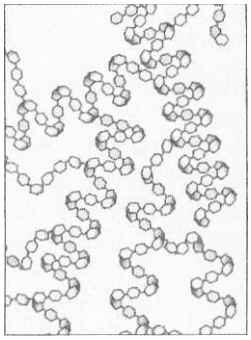
У молекулі целюлози сполучені один з одним залишки молекул ілюкози в (3-формі. Структурну формулу молекули цього полісахариду виводимо аналогічно:



Червоним кольором виділено ОН-групи, що є в кожному залишку молекули глюкози. За участю цих груп відбуваються реакції целюлози з утворенням її ацетатних і нітратних естерів.

Глікоген

Глікоген[1], або тваринний крохмаль, міститься в усіх клітинах тварин і людини, насамперед у печінці, м'язах. Він виконує в організмі резервну функцію (як крохмаль у рослинах). Глікоген виявлено також у деяких бактеріях, вищих грибах.



Мал. 95.
Будова молекули глікогену

Молекула глікогену побудована із залишків молекул а-глюкози, але містить їх значно більше, ніж молекула амілопектину. Вона є дуже розгалуженою (мал. 95). За потреби від неї в організмі легко «відщеплюються» молекули глюкози (завдяки ферментативному гідролізу). Надлишок глюкози в організмі людини перетворюється на глікоген за участю гормону інсуліну.

Глікоген — білий аморфний порошок. На відміну від крохмалю він добре розчиняється у воді, утворюючи колоїдний розчин, і сполучається з білками. Із йодом дає червоне забарвлення різних відтінків, що зникає під час нагрівання і з'являється при охолодженні. За іншими властивостями глікоген подібний до крохмалю. При його кислотному гідролізі спочатку утворюються декстрини, потім — мальтоза і глюкоза.

[1] Назва походить від грецьких слів £Іукуз — солодкий і £епо8 походження.

Узагальнення знань про оксигеновмісні органічні сполуки

Матеріал параграфа допоможе вам:

повторити класифікацію оксигеновмісних органічних сполук;
пригадати особливості ізомерії цих сполук;
обгрунтувати їх найважливіші властивості.

Вивчаючи оксигеновмісні органічні сполуки, ви переконалися в тому, що вони різняться між собою більшою мірою, ніж вуглеводні. Відмінності охоплюють склад і будову молекул цих сполук, а також хімічні властивості.

У цьому параграфі зібрано головне із вивченого вами матеріалу. Зокрема, згадано про важливі класи оксигеновмісних органічних сполук, їх ізомерію, узагальнено хімічні властивості.

Класифікація. Молекули багатьох оксигеновмісних органічних сполук складаються із вуглеводневих залишків і функціональних груп атомів. У кожній функціональній групі є один або два атоми Оксигену.

• Назвіть відомі вам функціональні групи атомів і зобразіть їх структурні формули.

За наявністю тієї чи іншої функціональної групи або кількох різних груп у молекулі оксигеновмісні органічні сполуки поділяють на класи (табл. 6). Кожний клас об'єднує подібні за складом сполуки, які різняться довжиною й особливостями будови карбонового ланцюга молекул.

Таблиця 6

Деякі класи оксигеновмісних органічних сполук

Назва класу сполук	Загальна формула	Формула сполуки	Систематична назва
Спирти (одноатомні)	Д-ОН	CH_3OH	Метанол
Альдегіди		$CH_3-C(_H$	Етаналь
Карбонові кислоти	.О	$CH_3-C(_{O—H}$	Етанова кислота
Естери	Д С-°	г н ^о-CH_3	Метил етаноат

Молекула фенолу C_6H_5OH містить таку саму функціональну групу, що й молекула спирту, але ця група сполучена з атомом Карбону бензенового кільця (він перебуває у стані $8/7^2$-гібридизації). Фенол не зараховують до спиртів.

Чимало оксигеновмісних органічних сполук трапляється в природі, наприклад жири, вуглеводи. Крохмаль і целюлоза — природні високомолекулярні сполуки.

- До яких класів належать сполуки із формулами C_3H_80 і $C_3H_60_2$?

Ізомерія. Структурна ізомерія оксигеновмісних сполук зумовлена різним розміщенням функціональних груп у молекулах і різною будовою карбонових ланцюгів.

- Напишіть структурні формули молекул ізомерних кислот C_4H_9COOH і дайте назви сполукам.

Ізомери оксигеновмісних сполук можуть належати до різних класів. Приклади міжкласової ізомерії: етанол C_2H_5OH і диметиловий етер CH_3OCH_3, етанова кислота CH_3COOH і метиловий естер мурашиної кислоти $HCOOCH_3$.

Якщо оксигеновмісна сполука є ненасиченою, то кількість її ізомерів зростає через можливість різного розміщення кратних зв'язків у карбоновому ланцюзі, а в разі наявності подвійного зв'язку* — ще й за *рахунок цис- і транс-ізомерів.

Фізичні властивості. Для оксигеновмісних органічних сполук, як і для вуглеводнів, існує відома вам закономірність: зі збільшенням молекулярних мас температури плавлення і кипіння сполук у кожному гомологічному ряду зростають.

У молекулах спиртів і карбонових кислот містяться гідроксильні групи. Ці групи атомів беруть участь в утворенні водневих зв'язків між молекулами. Тому температури плавлення і кипіння спиртів та карбонових кислот значно вищі, ніж відповідних вуглеводнів.

Унаслідок утворення водневих зв'язків між молекулами води і спирту або кислоти чимало спиртів і кислот розчиняється у воді (іноді необмежено)[1].

Хімічні властивості. Функціональні групи в молекулах оксигеновмісних сполук визначають їх характерні хімічні властивості.

До складу функціональних груп входять атоми електронегативного елемента Оксигену. Ці атоми зміщують до себе електронну густину ковалентних зв'язків і спричиняють їх полярність у функціональній групі. Вуглеводневі залишки, навпаки, є практично неполярними. Різні частини молекул оксигеновмісних органічних сполук зазнають взаємного впливу.

Кислотні властивості. Молекули спиртів, фенолу і карбонових кислот містять одну або кілька ОН-груп. Кислотні властивості сполук залежать від того, якою мірою спільна електронна пара в гідроксильній групі зміщена до атома Оксигену, тобто наскільки полярним є зв'язок О-Н.

Вищі спирти і вищі карбонові кислоти у воді практично нерозчинні.

Спирти не діють на індикатори. Вони нагадують кислоти лише тим, що взаємодіють з активними металами.

Поява кислотних властивостей у *фенолу* зумовлена впливом бензенового кільця на гідроксильну групу. Частина електронної густини переходить від атома Оксигену до л-електронної системи кільця. Атом Оксигену компенсує таку втрату сильнішим зміщенням у свій бік спільної з атомом Гідрогену електронної пари (C_6H_5-0<~H). Тому фенол, на відміну від спиртів, реагує з лугами.

Кислотні властивості *карбонових кислот* виявляються найбільш повно. Атом Оксигену, сполучений з атомом Карбону подвійним зв'язком, істотно зміщує до себе електронну густину всієї молекули:

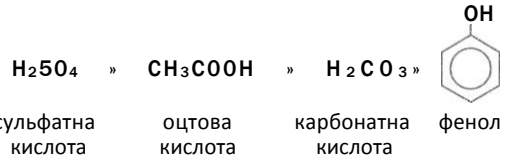
B-> C'

Зв'язок О-Н стає настільки полярним, що карбонові кислоти дисоціюють у водних розчинах і змінюють забарвлення індикаторів. Вони реагують не тільки з металами і лугами, а й з основними оксидами, нерозчинними основами, деякими солями.

Карбонові кислоти сильніші за карбонатну кислоту, але набагато слабші за нітратну або сульфатну (схема 8).

Схема 8

Зміна кислотних властивостей оксигеновмісних сполук



Реакції гідролізу. Із реакціями цього типу ви вперше ознайомились під час вивчення властивостей мила. Розчиняючись у воді, мило частково реагує з нею з утворенням слабкої карбонової кислоти і сильної основи (с. 182).

Аналогічно гідролізують інші солі карбонових кислот:

$CH_3CO(Жа + HOH <\pm CH_3COOH + ШОН,$

$CH_3COO + Ка^+ + HOH <\pm CHдCOOH + N3' + OH ,$

$CH_3COO\sim + HOH <\pm CHдCOOH + OH .$

Йони ОН у розчині солі молена виявити за допомогою індикатора.

Гідроліз естерів (у тому числі — жирів) і вуглеводів відбувається інакше. Продуктами реакцій естерів із водою є відповідні спирти і кислоти, а реакцій за участю ди- і полісахаридів — моносахариди.

• Які сполуки утворюються під час гідролізу цукру, крохмалю?

Реакції окиснення і відновлення. Для оксигеновмісних сполук характерні реакції окиснення, під час яких сполуки одного класу перетворюються на сполуки іншого класу:

спирт —> альдегід -» карбонова кислота.

Перетворення спирту на альдегід можна розглядати як втрату молекулою спирту двох атомів Гідрогену

$C_2H_5OH \qquad CH3CHO,$

а альдегіду на кислоту — як приєднання до його молекули атома Оксигену:

$CH_3CHO-\pm^> CH_3COOH.$

• Які сполуки окиснюють спирти, альдегіди?

Із альдегіду можна добути спирт. Це — реакція відновлення:

$CH_3CHO \xrightarrow{+2[H]} C_2H_5OH.$

Вона відбувається, наприклад, при взаємодії альдегіду з воднем.

Реакції дегідратації характерні для сполук, молекули яких містять ОН-групи. Унаслідок відщеплення води від спирту утворюється алкен або етер.

Сполуки з кількома однаковими функціональними групами подібні за хімічними властивостями до сполук, у молекулах яких є одна така група. Більшість реакцій за їх участю відбувається в кілька стадій. Так, дикарбонова кислота НООС-СООН (щавлева) реагує з лугами з утворенням не тільки середніх, а й кислих солей.

Хімічні властивості та методи добування насичених оксигеновмісних сполук узагальнено *в Додатку* (с. 322—328).

ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

Оксигеновмісні органічні сполуки містять у молекулах різні функціональні групи атомів. Залежно від наявності тієї чи іншої функціональної групи сполуки поділяють на класи спиртів, альдегідів, карбонових кислот та ін.

Ізомерія оксигеновмісних органічних сполук зумовлена різним розміщенням функціональних груп у молекулах і різною будовою карбонових ланцюгів.

На фізичні властивості оксигеновмісних сполук впливають довжина карбонового ланцюга молекул, а також можливість утворення ними водневих зв'язків.

Наявність тієї чи іншої функціональної групи в молекулах зумовлює характерні хімічні властивості сполук даного класу.

266. Знайдіть відповідність і поясніть свій вибір.

Сполука	Температура кипіння, °С
1) етан;	а) +78;
2) етанол;	б) -89;
3) етаналь;	в) +118;
4) етанова кислота;	г) +20.

267. Як складають систематичні назви спиртів, альдегідів, кислот, естерів?

268. Назвіть сполуки, які мають наведені нижче формули, і вкажіть ізомери:

а) CH_3-CH_2-CH_2-OH;

б) CH_3-CH_2-C*°;

в) CH_3-CH_2-COOH;

г) CH_3-CH-C*°
CH3 OH

ґ) CH_3-CH_2-CH_2-C; >0. H'

д) CH_3-CH-CH_3;
OH

е) CH_3-0-CH_2-CH_3.

269. Складіть формули:

а) диметилпропан-1-олу;
б) 2,3-дихлоропропан-1-олу;
в) 4-хлорофенолу;
г) 2,4-диметилпентаналю;
г) магній етаноату;
д) 2-бромопропанової кислоти;
е) етилового естеру масляної кислоти;
є) кальцій пальмітату.

270. Напишіть по одному рівнянню реакцій зазначених типів за участю оксигеновмісних органічних сполук:

а) горіння;
б) заміщення;
в) приєднання;
г) окиснення;
г) дегідратація;
д) галогенування;
е) нітрування;
є) гідроліз.

271. Допишіть схеми реакцій і перетворіть їх на хімічні рівняння:

а) CH_3OH + C_3H_7OH ...
HCOOH + M§$C0_3$ ->...

б)... -> COT + H_20
CH_3-CH_2-Cч A/O + Ho-> .

в) CH_3-CH-CH_2 + HBr-> ...
CH_3 OH
... + ... —> CH_3-CH-CH_3 + .
©N8

Г) $C_{17}H_{33}COOH$ + H_2 ->...
C_6H_50H + ... C_6H_50№ + .

ґ) CH_3OH + C_3H_7COOH->...
CH_20H
i +... ->л co_2т + H_2O
CH_2OH

д) $C_{12}H_220$ц + H_20 -> ...
/OH
$C_6H_70_2$-0H + 2пнот,->..
ч OH

272. Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

а) CH_4 -> C_2H_2 CH_3CH0 C_2H_5OH -» C_2H_5Br C_4H_{10};

б) CH_3OH -> CH_3Cl C_2H_6 -> C_2H_5Cl -> C_2H_5OH ->• CH_3COOH -> CH_3COO№ CH_4.

273. Запишіть схему перетворень, які потрібно здійснити, щоб добути: а) пропілацетат із етилену; б) етилбутаноат із 1-хлоробутану. Наведіть відповідні хімічні рівняння.

274. Обчисліть масу оцтової кислоти, яку можна добути із 66 л ацетилену (н. у.), якщо відносний вихід кислоти становить 60 %.

275. Змішали 39,2 г розчину з масовою часткою калій гідроксиду 10 % і 90 г розчину найпростішої двохосновної карбонової кислоти з масовою часткою сполуки 5 %. Добутий розчин випарили досуха. Який якісний і кількісний склад (у масових частках) твердого залишку?

для допитливих

Встановлення будови молекул органічних сполук спектральними методами

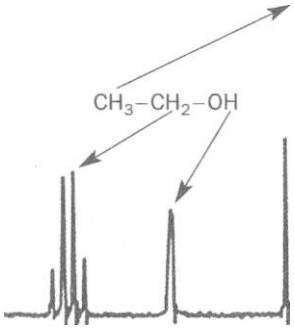
Важливу інформацію про органічну сполуку можна отримати, досліджуючи її хімічні властивості. Проте хімічні методи неуніверсальні. Наприклад, ними часто не вдається розрізнити гомологи або ізомери, що належать до одного класу сполук.

Існує низка фізичних методів, які дають змогу встановити склад і будову молекул більшості органічних сполук. Серед цих методів — спектроскопія ядерного магнітного резонансу (ЯМР) та інфрачервона (ІЧ) спектроскопія[1]. Вони грунтуються на поглинанні речовиною електромагнітного випромінювання в окремих діапазонах довжин хвиль. Результат реєструє спеціальний прилад, який видає відповідний графік (його називають спектром) — криву з різкими максимумами або мінімумами (піками, смугами або сигналами). Для дослідження звичайно беруть 1—50 мг речовини.

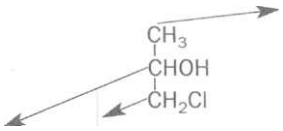
Спектроскопія ЯМР яка надає інформацію про атоми Гідрогену в молекулі, має абревіатуру ПМР (протонний магнітний резонанс). У спектрі ПМР кількість груп піків (іноді — окремих піків) дорівнює кількості різних видів атомів Гідрогену в молекулі. Висота піків приблизно пропорційна кількості атомів Гідрогену кожного виду. У спектрі ПМР етанолу CH_3CH_20H (мал. 96) наявні дві групи піків, а також окремий пік. Вони відповідають атомам Гідрогену груп CH_3, CH_2 і ОН. Група найбільших піків належить атомам Гідрогену могильної групи (цих атомів — три), а найменший пік — атому Гідрогену гідроксильної групи.

Інший тип спектра ЯМР фіксує стан (оточення) атомів Карбону в молекулах. У такому спектрі атоми Карбону із різним оточенням мають свої піки (мал. 97).

[1] Крім цих методів, науковці використовують електронну спектроскопію, мас-спектроскопію.

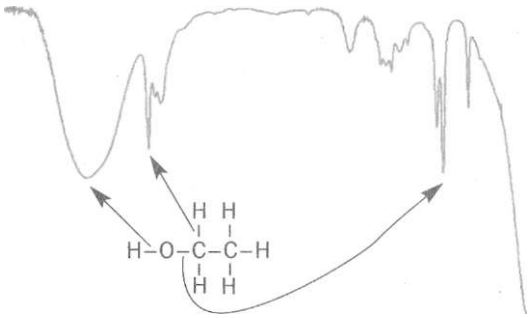


Мал. 96.
Спектр ПМР етанолу



Мал. 97.
Спектр ЯМР 1-хлоропропан-2-олу

ІЧ-спектри дають змогу виявити хімічні зв'язки між атомами, визначити їх кратність, а також наявність тих чи інших функціональних груп у молекулі. ІЧ-спектр етанолу (мал. 98) містить смуги (напрямлені донизу піки), що відповідають зв'язкам С-Н, С- О і О-Н[1].



Мал. 98.
ІЧ-спектр етанолу

За результатами спектральних досліджень органічної сполуки можна відтворити карбоновий ланцюг її молекули, визначити відгалуження в ньому і функціональні групи.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Виконання експериментальних завдань

У цій практичній роботі **ви** маєте здійснити хімічні перетворення за участю оксигеновмісних органічних сполук і довести

[1] Походження інших смуг не розглядаємо.

утворення певних продуктів реакції, а також розпізнати кілька сполук, виявляючи функціональні групи або деякі властивості (наприклад, розчинність у воді).

Для дослідів не використовуйте всієї речовини (розчину), а беріть лише невелику порцію. Залишок стане в нагоді, якщо доведеться повторити експеримент.

Перед виконанням кожного завдання вам необхідно вирішити:

- які хімічні реакції потрібно здійснити;
- які реактиви знадобляться;
- які умови необхідно створити для перебігу кожної реакції;
- хцо слід узяти для здійснення реакції — речовину чи її розчин;
- чи не зашкодить досліду надлишок одного з реагентів або ж він буде обов'язковим;
- чи потрібне нагрівання.

Для розпізнавання оксигеновмісних органічних сполук вам можуть стати в нагоді відомості, подані в таблиці 7.

Таблиця 7

Якісні реакції
на деякі оксигеновмісні органічні сполуки

Назва сполуки (клас сполук)	Реагент	Зовнішній ефект
1	2	3
Спирт (одноатомний)	CuO (нагрівання)	Зміна кольору твердої речовини на темно-червоний («мідний»), поява нового запаху
Спирт (багатоатомний)	$Cu(OH)_2$	Утворення синього розчину
Гліцерол	$Cu(OH)_2$	Утворення синього розчину
Фенол	Розчин $FeCl_3$	Поява фіалкового забарвлення
Альдегіди	Амоніачний розчин Ag_2O	Утворення «срібного дзеркала»
Альдегіди	$Cu(OH)_2$ (нагрівання)	Зміна кольору осаду на червоний
Метанова кислота	Амоніачний розчин Ag_2O	Утворення «срібного дзеркала»
Метанова кислота	$Cu(OH)_2$ (нагрівання)	Зміна кольору осаду на червоний

1	2	3
Етанова кислота (ацетат-іони)	Розчин $FeCl_3$	Поява темно-червоного забарвлення
Глюкоза	Амоніачний розчин Ag_2O	Утворення «срібного дзеркала»
Глюкоза	$Cu(OH)_2$ (без нагрівання)	Утворення синього розчину
Глюкоза	$Cu(OH)_2$ (нагрівання)	Зміна кольору осаду на червоний
Крохмаль	Спиртовий розчин I_2	Поява темно-синього забарвлення

Варіант 1

Завдання 1. Вивчення властивостей етанолу як розчинника (порівняння розчинності йоду, натрій хлориду, лимонної кислоти і сахарози у воді та спирті).

Завдання 2. Розпізнавання твердих речовин — натрій ацетату, лимонної кислоти, глюкози (двома способами).

Варіант 2

Завдання 1. Здійснення гідролізу сахарози і доведення утворення глюкози.

Завдання 2. Розпізнавання розчинів господарчого мила, оцтової кислоти і гліцеролу (двома способами).

Для виконання практичної роботи, крім відповідних органічних речовин, у вашому розпорядженні є універсальні індикаторні папірці, дистильована вода, розбавлена сульфатна кислота (1 : 1), розчини лугу і солі Купруму(II), натрій хлорид, а також необхідне обладнання.

Продумайте послідовність виконання кожного завдання і складіть план.

Ваші дії, спостереження, висновки і відповідні хімічні рівняння запишіть у таблицю:

Послідовність дій	Спостереження	Висновки
Завдання 1. ...		
Рівняння реакції (реакцій):		

О

276. Як експериментально відрізнити розчин етанолу від розчину:
   а) гліцеролу;
   б) фенолу;
   в) етаналю;
   г) етанової кислоти;
   г) глюкози;
   д) сахарози?

277. Як експериментально розрізнити такі речовини:
   а) сахарозу і глюкозу;
   б) метанову й етанову кислоти;
   в) крохмаль і глюкозу?

278. Поясніть, чому етанол і гліцерол горять майже безбарвним полум'ям, а етин — кіптявим.

5 розділ
Нітрогеновмісні органічні сполуки

У цьому розділі йтиметься про органічні сполуки, молекули яких містять атоми Нітрогену (схема 9). За своїм значенням вони посідають особливе місце серед інших органічних сполук. Завдяки білкам зародилося життя на нашій планеті. Нуклеїнові кислоти зберігають і відтворюють генетичну інформацію, беруть участь у синтезі білків. Крім цих сполук, ви ознайомитеся з амінами і розширите свої знання про амінокислоти (залишки їхніх молекул входять до складу білків).

Схема 9

Нітрогеновмісні органічні сполуки

НІТРОГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

Ж	Ч	
Амінокислоти	**Білки**	**Нуклеїнові кислоти**

Аміни

Матеріал параграфа допоможе вам:

відрізняти аміни від інших органічних сполук;
дізнатися про класифікацію амінів;

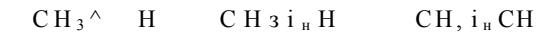
отримати відомості про ізомерію амінів;
складати формули ізомерів амінів і називати ці сполуки.

Більшість органічних сполук, утворених трьома елементами — Карбоном, Гідрогеном і Нітрогеном, належить до класу *амінів.*

Амінами називають продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулі амоніаку на вуглеводневі залишки.

Класифікація. Аміни класифікують за кількома ознаками.

За кількістю атомів Гідрогену, заміщених у молекулі амоніаку NH_3 на вуглеводневі залишки, аміни поділяють на *первинні* (заміщено один атом Гідрогену), *вторинні* (два атоми) і *третинні* (усі три атоми):



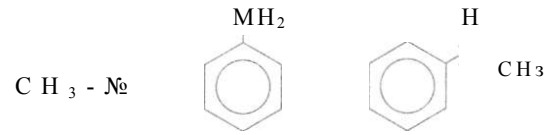
первинний амін вторинний амін третинний амін

Первинний амін Й-ТЧ$^{T}H_2$

Молекули первинних амінів містять групу атомів **-MH_2** (аміногрупа), вторинних — групу **=ІЧН** (іміногрупа). Загальна формула первинних амінів — **Й-1ЧH_2.**

• Запишіть загальні формули вторинних і третинних амінів.

Залежно від будови вуглеводневих залишків та особливостей хімічного зв'язку в них розрізняють *насичені, ненасичені, циклічні* й *ароматичні* аміни, а серед вторинних і третинних амінів — ще й *змішані:*



насичении амін ароматичним амін змішании амін

Назви. Систематична назва насиченого первинного аміну[1] складається із назви відповідного алкану і слова *амін:* $CH_3ШI_2$ — метанамін, $C_2H_5]ЧH_2$ — етанамін. У назвах решти первинних амінів указують номер атома Карбону, з яким сполучена аміногрупа. Для цього обирають найдовший карбоновий ланцюг (до нього має бути приєднана група $-MH_2$) і нумерують у ньому атоми. Атому Карбону, сполученому з аміногрупою, надають найменший номер і записують його перед словом *амін:*

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}MH_2.$$

пропан-1-амін

За наявності замісників їх указують (за алфавітом) на початку назви сполуки:

$$\overset{4}{C}H_3{-}\overset{3}{C}H{-}\overset{2}{C}H\text{-}\overset{1}{C}H_3.$$

$$\mathbf{CH_3\ MH_2}$$

3-метилбутан-2-амін

Для амінів із простими замісниками в молекулах часто використовують інші назви. У них зазначають (в алфавітному порядку) назви вуглеводневих залишків, сполучених з атомом Нітрогену:

$\mathbf{CH_3\text{-}MH_2}$ метиламін

$\mathbf{CH_3\text{-}M\text{-}C_2H_5}$ (з $\mathbf{CH_3}$) етилдиметиламін

Ізомерія. Для насичених амінів ізомерія зумовлена такими чинниками:

- місцем приєднання аміногрупи до карбонового ланцюга;
- складом і будовою вуглеводневих залишків;
- кількістю вуглеводневих залишків, сполучених з атомом Нітрогену.

ВПРАВА. **Визначити кількість ізомерних амінів, що мають формулу** C_3H_9M.

Розв'язання

Молекула первинного аміну містить аміногрупу $-MH_2$. Вилучивши з формули C_3H_9K цю групу атомів, отримуємо формулу

[1] Систематичні назви вторинних і третинних амінів не розглядаємо.

вуглеводневого залишку — C_3H_7. Можливі два варіанти сполучення з ним аміногрупи:

CH_3-CH_2-CH_2-Ш1_2 CH_3-CH-CH_3

ЇЧH_2

пропан-1-амін, або пропіламін пропан-2-амін, або ізопропіламін

Молекула вторинного аміну містить іміногрупу —N1l—, яка сполучена з двома вуглеводневими залишками. Очевидно, що ними є групи атомів CH_3- і C_2H_5-:

CH_3-N11-02115.

етилметиламін

Легко дійти висновку, що серед ізомерів із формулою C_3Нд^Т наявний ще й третинний амін:

СН3-ЖСН3.

CH_3

триметиламін

Отже, ізомерних амінів із формулою C_3H<^ — чотири.

ВИСНОВКИ

Аміни — продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулі амоніаку на вуглеводневі залишки. Розрізняють первинні, вторинні, третинні аміни, а також насичені, ненасичені, циклічні, ароматичні. Загальна формула первинних амінів — К—N112. Групу атомів —N1^ називають аміногрупою.

Систематичну назву насиченого первинного аміну складають із назви відповідного алкану, номера атома Карбону, з яким сполучена аміногрупа, і слова «амін». За наявності замісників їх записують за алфавітом на початку назви сполуки. Інші назви амінів починаються з назв вуглеводневих залишків, сполучених з атомом Нітрогену і розміщених в алфавітному порядку.

Структурна ізомерія насичених амінів зумовлена різною будовою вуглеводневих залишків та їх кількістю в молекулах, а також місцем приєднання аміногрупи до карбонового ланцюга.

279. Які сполуки називають амінами?

280. За якими ознаками класифікують аміни?

281. Знайдіть відповідність.

Формула аміну	Назва аміну
1) CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-ІЧH_2;	а) 2-метилпентан-3-амін;
2) C_2H_5-IM-C_2H_5;	б) бутан-1-амін;
3) CH_3-CH-CH-CH_2-CH_3;	в) діетилметиламін.
CH_3 N42	

282. Зобразіть структурні формули молекул ізомерних насичених амінів складу $C_4H_{1:1}$M. Укажіть, первинним, вторинним чи третинним аміном є кожна сполука.

283. Назвіть найпростіші насичені первинний і вторинний аміни, що є ізомерами.

284. Обчисліть масову частку Нітрогену в триетиламіні.

285. Знайдіть формулу вторинного насиченого аміну, який в 1,55 раза важчий за повітря.

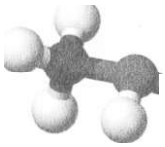
286. Масова частка Нітрогену в зразку технічного діетиламіну становить 16,8 %. Обчисліть масову частку домішок у сполуці.

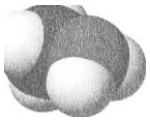
Насичені аміни. Метиламін

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати будову молекули метиламіну;
- пояснити основні властивості амінів;
- дізнатися про властивості і застосування насичених амінів.

Насичені аміни починають вивчати з найпростішої сполуки — *метанаміну* CH_3№H_2 (мал. 99). У параграфі використано більш



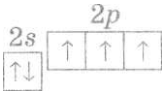


Мал. 99. Моделі молекули CH_3IMH_2 (сині кульки — атоми Нітрогену)

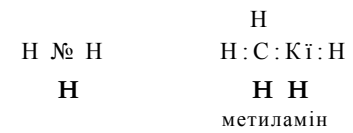
поширену назву цієї сполуки *метиламін.*

Напишіть структурну формулу молекули метиламіну.

Будова молекули метиламіну. Молекула метиламіну за будовою нагадує молекулу амоніаку. В обох молекулах атом Нітрогену сполучений простими ковалентними зв'язками із трьома іншими атомами. В утворенні цих зв'язків узяли участь неспарені електрони зовнішнього енергетичного рівня атома Нітрогену:



Наводимо електронні формули молекул амоніаку й аміну, вказавши наявність у кожному атомі Нітрогену пари 2з-електронів:



метиламін

Иайелектронегативнішим у молекулі метиламіну, як і в молекулі амоніаку, є атом Нітрогену. До нього зміщуються спільні електронні пари від сусідніх атомів (мал. 100). Атом Нітрогену в молекулі метиламіну має більший негативний заряд, ніж такий самий атом у молекулі амоніаку. Причина полягає в тому, що група CH_3 віддає атому Нітрогену більшу «порцію» електронної густини, ніж атом Гідрогену.

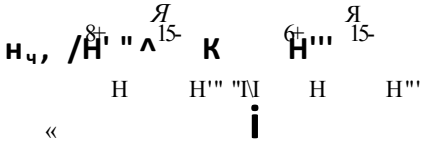
Мал. 100. Зміщення електронних пар у молекулах: а — амоніаку; б — метиламіну

• У молекулі якої сполуки — метиламіну чи диметиламіну — атом Нітрогену має більший негативний заряд?

Молекула метиламіну полярна (як і молекула амоніаку).

Фізичні властивості амінів. За звичайних умов метиламін, диметиламін, триметиламін і етиламін є газами, решта амінів — рідини або тверді речовини. Газоподібні та рідкі аміни мають різкий неприємний запах. Аміни з невеликими молекулярними масами добре розчиняються у воді. Зі зростанням карбонового ланцюга в молекулах розчинність амінів зменшується.

Температури кипіння амінів вищі, ніж відповідних вуглеводнів. Наприклад, метиламін за нормального тиску закипає за температури -6,3 °С, а метан — за -161,5 °С. Така різниця зумовлена наявністю водневих зв'язків між молекулами амінів (мал. 101).



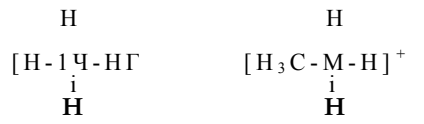
Мал. 101. Водневі зв'язки між молекулами первинного аміну

Аміни — органічні основи. Оскільки атом Нітрогену в молекулах амінів має «неподілену» пару 28-електронів, аміни, як і амоніак, можуть приєднувати катіони Гідрогену (а отже, взаємодіяти з кислотами):

$>Ш_3 + H^+ \rightarrow N1^\wedge$; $CH_3MH_2 + H^+ \rightarrow [CH_3ШI_3]^+$.

йон амонію йон метиламонію

При цьому пара 28-електронів атома Нітрогену переходить у вільну I8-орбіталь йона H^+, і виникає додатковий ковалентний зв'язок M-H:



Вам відомо, що основи — сполуки, які дисоціюють у водному розчині з утворенням різних катіонів і аніонів ОН . Тепер до основ зараховуватимемо і такі сполуки (амоніак, аміни), молекули яких можуть приєднувати катіони H^+. Основи обох типів взаємодіють із кислотами; при цьому утворюються солі.

Аміни називають органічними основами. Насичені аміни є основами, сильнішими за амоніак. Завдяки більшому негативному заряду на атомі Нітрогену в молекулі аміну здатність цього атома сполучатися з катіоном H^+ зростає. Основні властивості у вторинних амінів виражені яскравіше, ніж у первинних.

Хімічні властивості амінів. Аміни виявляють основні властивості в реакціях із водою і кислотами.

Реакції з водою. Аміни, як і амоніак, під час розчинення у воді частково реагують із нею:

ШТ^+Н-ОН MH_4OH <± ЇШІ + ОН";[1]

^_____йон амонію

$CH_3ЙH_2$ + Н-ОН $[CH_3№ї_3]^+$ + ОН'.

йон метиламонію

Йони ОН , які утворюються у водному розчині аміну, можна виявити за допомогою індикатора або, наприклад, добавлянням розчину солі $Ге^{3+}$ (при цьому випадає бурий осад $Ге(OH)_3$).

Реакції з кислотами. Аміни взаємодіють із кислотами, а метиламін — навіть зі слабкою (карбонатною) кислотою. Продуктами цих реакцій є солі — йонні сполуки:

$CH_3IЧH_2$ + НС1 $[CH_31ЧНз]C1$.

метиламін метиламоній хлорид

У водному розчині метиламоній хлориду містяться йони $CH_3№Зз$ і СГ.

Солі амінів, як і солі амонію, взаємодіють із лугами:

$[CH_31\backslash Щ_3]C1$ + MaOH -> CH_3MH_2 + MaCI + H_20.

[1] Формулу амонійної основи]MH_4OH частіше записують як $ЗЧН_Я$ • H_aO.

• Складіть йонно-молекулярне рівняння цієї реакції.

Реакції окиснення. Аміни, на відміну від амоніаку, горять на повітрі. Продукти таких реакцій — вуглекислий газ, азот і водяна пара:

$$4CH_3№H_2 + 90_2 \rightarrow 4C0_2 + 2]Ч_2 + ЮН_20.$$

Суміші метиламіну з повітрям вибухонебезпечні.

Добування. *ОДИН ІЗ* ***промислових способів добування амінів ґрунтується на реакціях спиртів з амоніаком:***

$$CH_3OH + Л/H_3 \qquad CH_3Л/H_2 + H_20.$$

Подальша взаємодія аміну зі спиртом призводить до утворення вторинного і третинного амінів.

Застосування амінів. Аміни використовують у виробництві полімерів, синтетичних волокон, барвників, лікарських препаратів.

Фізіологічна дія амінів. Аміни різного складу і будови поширені в природі. Деякі з них мають високу фізіологічну активність. Багато амінів токсичні. Наприклад, метиламін подразнює слизові оболонки, спричиняє порушення дихання, негативно діє на нервову систему і внутрішні органи.

ВИСНОВКИ

Метиламін, диметиламін, триметиламін і етиламін за звичайних умов є газами, інші аміни — рідини або тверді речовини. Газоподібні й рідкі аміни мають різкий запах. Розчинність амінів у воді зі зростанням карбонового ланцюга в молекулах зменшується.

Аміни — органічні основи. За рахунок неподіленої електронної пари атома Нітрогену їх молекули приєднують йони H^+ і виявляють

основні властивості. Аміни реагують із водою і кислотами, горять на повітрі.

Солі амінів — йопні речовини. Вони взаємодіють із лугами з утворенням відповідних амінів.

Аміни використовують у виробництві різних речовин і матеріалів.

9 в

287. Охарактеризуйте будову молекули метиламіну.

288. Чому аміни називають органічними основами?

289. Як можна пояснити те, що метиламін за звичайних умов є газом, а метанол, який має майже таку саму молекулярну масу і подібну будову молекули, — рідиною?

290. Складіть рівняння реакцій:

а) $C3H7lMH2 + 0_2$ ^ ... в)... + ...-» $[C_3H_7IMH_3]CI$

$C_2H_5I\IH_2 + HBr$ -> ... ... + H_230_4 $[C_2H_5MH_3]H30_4$

б) $(CH_3)_2IMH$ + H - O H ^ . . .

(CH_3)^H + HCI ...

291. Обчисліть густину диметиламіну (н. у.) і відносну густину цієї сполуки за воднем.

292. При згорянні аміну утворилася водяна пара і 0,3 моль газів. Після пропускання продуктів реакції в надлишок розчину лугу залишилося 0,1 моль газу. Знайдіть формулу аміну.

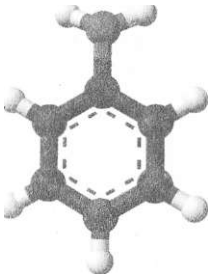
34 Анілін

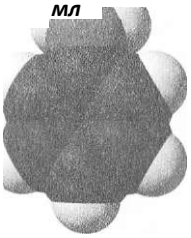
Матеріал параграфа допоможе вам:

з'ясувати будову молекули аніліну;

зіставити основні властивості метиламіну й аніліну;

дізнатися про властивості, добування і застосування аніліну.

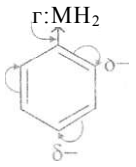




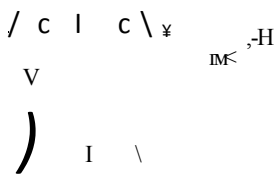
Мал. 102.
Моделі молекули аніліну

Найпростішим ароматичним аміном є *анілін,* або *феніламін* $C_6H_5MH_2$ (мал. 102). Це безбарвна рідина з характерним запахом, яка розчиняється у спирті, бензені, але малорозчинна у воді. Анілін — токсична речовина.

Будова молекули. Молекула аніліну складається із двох частин — аміногрупи і бензенового кільця. Неподілена електронна пара атома Нітрогену утворює з р-електронами бензенового кільця спільну л-електронну систему (мал. 103). Частина електронної густини атома Нітрогену переміщується в бензенове кільце і зосереджується в *орто-* і яара-положеннях':



Зменшення негативного заряду на атомі Нітрогену призводить до послаблення основних властивостей аніліну порівняно з метиламіном. Так, молекула $C_6H_5IЧH_2$ важче, ніж CH_3MH_2, приєднує йон H^+ і слабше утримує його.



Мал. 103.
я-Електронна система в молекулі аніліну

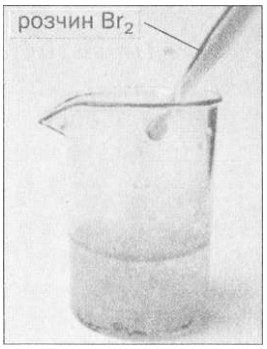
Хімічні властивості. Деякі реакції, в які вступає анілін, відбуваються за участю аміногрупи, а інші — за участю бензенового кільця.

Реакції з кислотами. Анілін є більш слабкою основою, ніж амоніак **і** насичені аміни:

N11,

CH
CH IЧ-H > CHo-ИHo > i\Ho > i

[1] Аналогічний ефект має місце в молекулі фенолу.



Мал. 104. Реакція аніліну з бромною водою

Це — результат впливу бензенового кільця на аміногрупу. У водному розчині аніліну майже немає йонів OH"; індикатори в ньому не змінюють свого забарвлення.

На відміну від метиламіну анілін взаємодіє лише із сильними кислотами. Продуктами реакцій є солі — йонні сполуки, розчинні у воді:

$$C_6H_5MH_2 + HC1 \rightarrow [C_6H_5MH_3]C1,$$

анілін, або феніламін — феніламоній хлорид

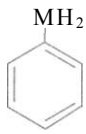
$$C_6H_5ШІ_2 + H^+ \rightarrow [C_6H_5шї_3]^+.$$

йон феніламонію

При добавлянні натрій гідроксиду до розчину солі феніламонію утворюється анілін, який виділяється у вигляді оліїстих крапель.

- Напишіть рівняння реакції феніламоній хлориду з лугом у молекулярній і йонно-молекулярній формах.

Реакція з бромом. Анілін швидко реагує з бромною водою з утворенням жовтувато-білого осаду (мал. 104). При цьому в бензеновому кільці молекули аміну відбувається заміщення відразу трьох атомів Гідрогену на атоми Брому:



$+ 3Br_2$(водн. р-н)

]ЧН$_2$

В г ^ ^ / В г

^{6} I 4+3НВг.

Вг

ілін — 2,4,6-трибромоанілін'

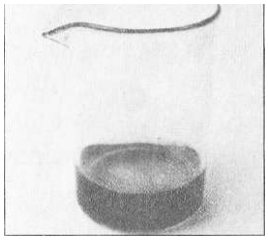
Реакції окиснення. Анілін, на відміну від бензену, окиснюється на повітрі, перетворюючись на різні сполуки. Це — результат впливу аміногрупи на бензенове кільце. При окисненні аніліну сумішшю калій дихрома-

[1] Назви похідних аніліну складають так само, як і похідних фенолу.

ту $K_2Cr_2O_7$ і концентрованої сульфатної кислоти утворюється барвник чорного кольору — так званий чорний анілін.

При добавлянні хлорного вапна або хлорної води до водного розчину аніліну виникає фіалкове забарвлення, яке мають продукти окиснення аміну (мал. 105). У такий спосіб можна виявити навіть незначну кількість аніліну.

розчин хлорного вапна



Мал. 105. Реакція аніліну з хлорним вапном

Анілін, як і бензен, горить на повітрі кіптявим полум'ям.

Добування. Анілін є найважливішим аміном. Його добувають у промисловості відновленням нітробензену $C_6H_5]Ч0_2$. Роль відновника виконують атоми Гідрогену («атомарний» водень), які утворюються в перший момент взаємодії активного металу (Ге, 2п) з кислотою (хлоридною). Схема реакції в суміші нітробензену, металу і кислоти:

$$\underset{\text{нітробензен}}{C_6H_5Ж_2} + 6H \xrightarrow{HCl} \underset{\text{анілін}}{C_6H_5ЇШ_2} + 2H_20.$$

Застосування. Із аніліну добувають багато його похідних, барвники, ліки, фотоматеріали, полімери, вибухові речовини.

ВИСНОВКИ

Анілін $C_6H_5РШ_2$ — найпростіший ароматичний амін. Це безбарвна рідина із характерним запахом, малорозчинна у воді.

Анілін є більш слабкою основою, ніж амоніак і насичені аміни. Його водний розчин не змінює забарвлення індикаторів. Сполука реагує із сильними кислотами, бромною водою, окиснюється на повітрі.

У промисловості анілін добувають із нітробензену. Він слугує вихідною сполукою у виробництві багатьох речовин.

293. Поясніть, чому основні властивості в аніліну виражені меншою мірою, ніж у метиламіну.

294. Складіть рівняння реакцій:
   а) $C_6H_5MH_2 + 0_2$ -» ...
   б) $C_6H_5(\backslash IH_2 + HBr$ -» ...

295. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

$$CH_4 \quad C_2H_2 \quad C_6H_6 \quad C_6H_5i\hat{}0_2 \quad C_6H\hat{}H_2.$$

296. Чому анілін реагує із бромом легше, ніж бензен?

297. Обчисліть масові частки елементів в аніліні.

298. Яка маса нітробензену витратиться на добування 200 кг аніліну, якщо відносний вихід аміну становить 95 %?

299. При згорянні ароматичного аміну утворилася вода і 1,3 моль газів. Після пропускання їх у надлишок розчину лугу залишилося 0,1 моль газу. Знайдіть формулу аміну.

Амінокислоти

Матеріал параграфа допоможе вам:

відрізняти амінокислоти від інших сполук;
дізнатися про класифікацію та ізомерію амінокислот;
пригадати хімічні властивості амінокислот;
розширити уявлення про пептиди.

Особливе значення для живих організмів мають *амінокислоти.* Фрагменти їхніх молекул входять до складу таких речовин, як білки, ферменти, гормони.

Амінокислоти — похідні вуглеводнів, у молекулах яких містяться аміно- і карбоксильні групи.

-Амінокислоти

$_{/y}O$

Й-СН-Сч(Ш

N112

У природі найбільш поширені а-*амінокислоти.* У молекулах цих кислот аміногрупа сполучена з найближчим до карбоксильної групи атомом Карбону. їх загальна формула — Д-СН-СООН.

N112

Молекули різних білків складаються із фрагментів молекул двадцяти а-амінокислот. Більше половини цих кислот утворюється в живих організмах із продуктів обміну речовин. Інші а-амінокислоти, які необхідні для синтезу білків, людина і тварини отримують разом із їжею. Такі амінокислоти називають *незамінними.* Рослини здатні синтезувати усі амінокислоти, з яких утворюються білки.

Класифікація. Амінокислоти класифікують за кількома ознаками.

Зважаючи на *будову карбонового ланцюга,* амінокислоти поділяють на циклічні й нециклічні. У цьому параграфі розглянуто лише сполуки з відкритим карбоновим ланцюгом у молекулах.

За *кількістю аміно- і карбоксильних груп* розрізняють амінокислоти, у молекулах яких містяться одна група -№ї$_2$ і одна група -СООН, одна група -N112 і дві групи -СООН, дві групи —N112 і одна група —СООН тощо.

Сполуки з однією аміногрупою та однією карбоксильною групою в молекулі поділяють за *взаємним розміщенням цих груп* на а-амінокислоти, р-амінокислоти, у-амінокислоти тощо.

Назви. Систематичні назви амінокислот складають, додаючи до назв відповідних карбонових кислот префікс *аміно-* (табл. 8). Положення аміногрупи вказують цифрами 2, 3 та ін. (номер 1 надають атому Карбону карбоксильної групи):

$$H\text{^}-CH_2-CH_2-CH_2-COOH.$$

4-амінобутанова кислота

Інші назви амінокислот походять від тривіальних назв карбонових кислот (табл. 5). Положення аміногрупи в молекулі вказують грецькими літерами а, р, у тощо, починаючи від найближчого до карбоксильної групи атома Карбону:

$$H_2ЖCH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH.$$

у-аміномасляна кислота

Для а-амінокислот, із яких утворюються білки, частіше використовують тривіальні назви: гліцин, аланін та ін. Крім того, ці сполуки позначають символами, які складаються із трьох перших літер української або англійської назви амінокислоти (табл. 8).

Таблиця 8

Формули і назви деяких а-амінокислот

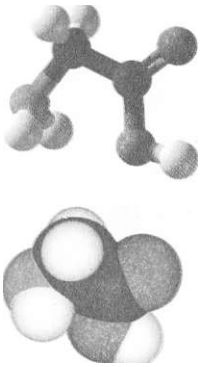
Формула	Назва	
	систематична	тривіальна*
$H_2M\text{-}CH_2\text{-}COOH$	Аміноетанова	Гліцин (Глі, Оіу)
$CH_6\text{-}CH(MH_2)\text{-}COOH$	2-Амінопропанова	Аланін (Ала, Аіа)
$CH_3\text{-}CH(CH_3)\text{-}CH_2\text{-}CH(№H_2)\text{-}COOH$	2-Аміно-4-метилпентанова	Лейцин (Лей, Ьеи)
$CH_3\text{-}CH(CH_3)\text{-}CH(Ï\backslash ГH_2)\text{-}COOH$	2-Аміно-3-метилбутанова	Валін (Вал, Уаі)

* У дужках — символ сполуки.

Найпростішою а-амінокислотою є аміноетанова, або амінооцтова, кислота[1] (мал. 106).

Ізомерія. Структурна ізомерія амінокислот зумовлена різною *будовою карбонового ланцюга і положенням аміногрупи* щодо карбоксильної групи. Приклади ізомерних амінокислот:

[1] Аміиометанової кислоти не існує. Припускають, що в момент утворення вона розкладається на амоніак і вуглекислий газ.



Мал. 106. **Моделі молекули амінооцтової кислоти**

CH_3-CH_2-CH-COOH CH_3-CH-CH_2-COOH

2-амінобутанова 3-амінобутанова

CH_3

CH_3-C-COOH

NH2

2-амінометилпропанова

Будова і фізичні властивості. Амінокислоти — кристалічні речовини (мал. 107). На відміну від карбонових і неорганічних кислот вони складаються не з молекул, а з особливих йонів, які називають *біполярними*[1]. Такий йон утворюється в розчині внаслідок відщеплення катіона Н' від карбоксильної групи і приєднання його до аміногрупи. На атомі Оксигену виникає негативний заряд, а на атомі Нітрогену — позитивний:

Біполярний йон

H_3N **CH-COO**

K

Д-СН-СООН <± Д-СН-СОО".

\H, \H:i

Вам відомо, що протилежно заряджені йони сполучаються один з одним набагато міцніше, ніж електронейтральні молекули. Тому температури плавлення амінокислот вищі, ніж відповідних карбонових кислот. Так, амінооцтова кислота $H_2$1ЧCH_2COOH (або H_3ї<I-CH_2-COO) плавиться в температурному інтервалі 232—236 °С (із розкладанням), тоді як оцтова CH_3COOH — за температури 16,7 °С.

Мал. 107. **Амінооцтова кислота**

Амінокислоти добре розчиняються у воді, а в органічних розчинниках, як правило, нерозчинні. Водні розчини амінокислот з однією карбоксильною й однією аміногрупою в молекулі майже нейтральні; в них індикатори не змінюють свого забарвлення.

[1] Інша назва — внутрішні солі.

Цікаво знати
Гліцин реагує з ферум(III) хлоридом з утворенням сполуки темно-червоного кольору.

Деякі амінокислоти мають солодкий або гіркий смак.

Хімічні властивості. Завдяки наявності в молекулах кислотних (-COOH) і основних ($-MH_2$) груп амінокислоти є амфотерними сполуками.

Реакції з лугаліи і кислотами. Амінокислоти реагують із лугами і кислотами з утворенням солей. У першому випадку взаємодія відбувається за участю карбоксильної групи молекули кислоти

$$H_2!\backslash^{т}\text{-}CH_2\text{-}COOH + ШОН \rightarrow H_21М\text{-}CH_2\text{-}COOKa + H_20,$$

натрій аміноацетат

а в другому — аміногрупи:

$$H_2]Ч\text{-}CH_2\text{-}COOH + неї \text{-»} [H_3]\backslash Г\text{-}CH_2\text{-}COOH]C1.$$

гліциній хлорид

Інші реакції. Подібно до карбонових кислот амінокислоти реагують із активними металами, деякими солями (наприклад, карбонатами), спиртами, амоніаком.

• Напишіть рівняння реакцій амінооцтової кислоти з натрій карбонатом і амоніаком.

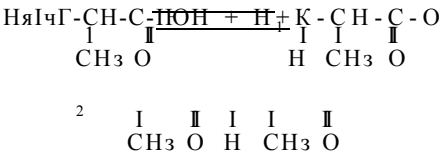
ос-Амінокислоти взаємодіють у розчині з купрум(II) гідроксидом. При цьому утворюються сполуки синього кольору (мал. **108):**

$$2H_2М\text{-}CH_2\text{-}COOH + Сп(OH)_2 \text{ -> } (H_2М\text{-}CH_2\text{-}COO)_2Си + 2H_20.$$

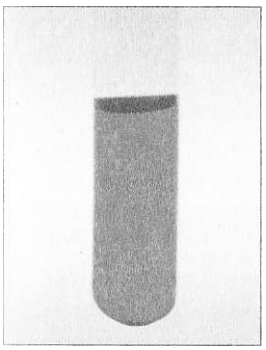
амінооцтова кислота — купрум(II) аміноацетат

Ця реакція є якісною на а-амінокислот и.

Реакції між амінокислотами. За певних умов молекули а-амінокислот взаємодіють одна з одною. Продуктами таких реакцій є *пептиди.* Схема утворення *дипептиду* із двох молекул а-амінокислоти:



Можливе й протилежне перетворення — гідроліз дипептиду. Така реакція відбувається під



Мал. 108.
Розчин купрум(II) аміноацетату

час нагрівання и за наявності сильної кислоти.

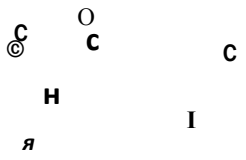
У молекулі дипептиду, як і амінокислоти, є аміно- і карбоксильна групи. Кожна із цих груп може реагувати з відповідною групою ще однієї молекули амінокислоти з утворенням трипептиду. Із багатьох молекул амінокислот утворюються поліпептиди.

Назва пептиду складається із тривіальних назв відповідних α-амінокислот. При цьому в назвах амінокислот, які прореагували по карбоксильних групах, замінюють суфікси на -іл (-ил). Приклади назв пептидів: аланіл-аланін (дипептид), гліцил-аланіл-валін (трипептид).

У молекулах поліпептидів містяться однакові групи атомів, які називають *пептидними групами:*

Усі чотири атоми гіептидної групи перебувають в одній площині (мал. 109).

Добування. Амінокислоти добувають кількома способами. Один із них — *гідроліз білків.* Під час тривалого нагрівання білків із кислотами або лугами утворюються суміші амінокислот і деякі інші речовини. Виділити з такої суміші кожну амінокислоту дуже важко. *Мікробіологічний спосіб* добування амінокислот ґрунтується на розщепленні білків певними мікроорганізмами. Існують також синтетичні методи добування цих сполук.



Мал. 109.
Пептидна група у фрагменті молекули пептиду

Застосування. Амінокислоти широко використовують у медицині як лікарські препарати при захворюваннях крові, печінки, підшлункової залози, порушеннях обміну речовин і нервової системи. Вони знешкоджують токсичні

речовини в організмі. Деякі амінокислоти є сировиною у виробництві синтетичних волокон, пластмас, інші слугують харчовими добавками у тваринництві.

ВИСНОВКИ

Амінокислоти — похідні вуглеводнів, у молекулах яких містяться аміно- і карбоксильні групи. У **молекулах а-амінокислот аміногрупа сполучена з атомом Карбону, найближчим до карбоксильної групи. Фрагменти молекул двадцяти а-амінокислот є складовими молекул білків.**

Амінокислоти — амфотерні сполуки. Вони реагують із лугами і сильними кислотами.

Молекули амінокислот можуть взаємодіяти між собою. При цьому утворюються пептиди — сполуки, молекули яких складаються із фрагментів молекул амінокислот, сполучених пептидними групами атомів —CO—N11—.

Амінокислоти використовують у медицині, виробництві полімерних матеріалів, додають у корми сільськогосподарських тварин.

300. Які сполуки називають амінокислотами?

301. Складіть структурну формулу біполярного йона 2-амінопропанової кислоти.

302. Знайдіть відповідність.

Формула молекули	Назва амінокислоти
1) CH_3-CH(N42)-CH(CH_3)-C00H;	а) 3-аміно-3-метилбутанова;
2) MH_2-C(CH_3)-CH_2-C00H;	б) 3-аміно-2-метилбутанова;
3) CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH(ІЧН,)-C00H;	в) 2-аміно-4-метилпентанова.

303. Зобразіть структурні формули молекул таких кислот:
   а) 2-амінопентанової;
   б) 3-аміно-2,3-диметилбуганової;
   в) 4-аміно-3-метилбутанової.

304. Складіть рівняння реакцій аланіну з магнієм, натрій гідроксидом, амоніаком, бромідною кислотою, гліцином. Які з цих реакцій свідчать про амфотерність амінокислоти?

305. Зобразіть структурні формули молекул сполук, які утворюються під час гідролізу таких пептидів:
   а) $H_2N-CH_2-C(=O)-NH-CH_2-COOH$;
   б) $H_2N-CH_2-C(=O)-NH-CH(CH_3)-C(=O)-NH-CH_2-COOH$.

306. Яка масова частка Карбону в у-амінокапроновій кислоті, що містить у молекулі шість атомів Карбону?

307. Змішали однакові кількості речовини гліцину й аланіну. Обчисліть масові частки амінокислот у суміші.

308. На 8,5 г солі, утвореної 3-амінопропановою і бромідною кислотами, подіяли надлишком розчину калій гідроксиду. Обчисліть масу добутої калійної солі амінокислоти.

Білки

Матеріал параграфа допоможе вам:

пригадати склад і функції білків в організмах;
зрозуміти просторову будову молекули білка;
розширити свої знання про властивості білків.

У природі існують речовини, які мають величезне значення для живих організмів. Це — ***білки.***

Білки — поліпептиди, які складаються із фрагментів молекул а-амінокислот і виконують специфічні функції в живих організмах.

Білки є «будівельним» матеріалом для клітин. Крім того, вони регулюють обмін речовин, забезпечують рухову діяльність організму, захищають його від чужорідних тіл, каталізують хімічні реакції в клітинах, переносять поживні речовини до органів і тканин. Білки — джерело енергії для організму. При розщепленні 1 г білка виділяється 17,7 кДж теплоти.

В організмах тварин і людини міститься більше білків, ніж у рослинах. Вони є складовими м'язової, сполучної, покривної тканин, шкіри, волосся, нігтів. Білки надходять до організмів тварин і людини з їжею. Вони розщеплюються ферментами на амінокислоти, з яких синтезуються інші білки, властиві певному організму. У рослинах білки утворюються в результаті фотосинтезу з неорганічних речовин (як і вуглеводи):

вуглекислий газ + вода + деякі розчинені солі → білки + кисень.

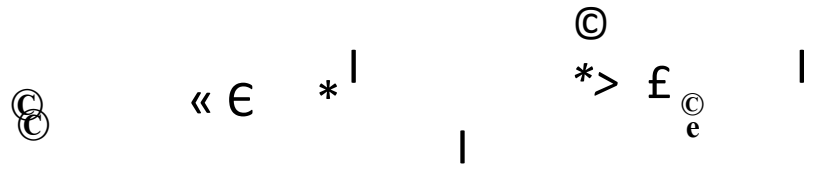
У білках містяться п'ять основних елементів: Карбон (його масова частка становить 50 — 55 %), Оксиген (21,5—23,5 %), Нітроген (15— 17 %), Гідроген (6,5—7,3 %) і Сульфур (0,3—2,5 %). Крім них, у деяких білках є невелика кількість Фосфору, Йоду, Феруму, інших елементів.

Значення молекулярних мас білків досить великі — від десятків тисяч до кількох мільйонів.

Класифікація. Розрізняють прості і складні білки. До простих білків, або *протеїнів*[1] зараховують ті, молекули яких складаються лише із залишків молекул амінокислот. Складні білки, або *протеїди*[2], містять ще й залишки молекул вуглеводів, ортофосфатної кислоти, нуклеїнових кислот та ін.

Будова молекул. Значний внесок у дослідження білків зробив німецький учений

[1] Термін походить від грецького слова ргоїое — перший.
[2] Термін походить від грецьких слів ргоі-ов — перший і еісІОБ — вид.

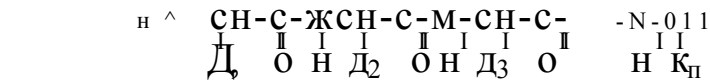


Мал. 110.
Кулестержнева модель фрагмента первинної структури білка
(чорні кульки — атоми Карбону, жовті — Гідрогену, блакитні — Нітрогену, червоні — Оксигену, зелені — імітують вуглеводневі та інші залишки)

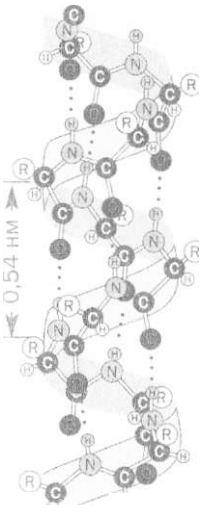
Е. Фішер. Він довів, що їх молекули складаються із фрагментів молекул а-амінокислот, сполучених пептидними групами.

Білки за своєю будовою не мають аналогів серед відомих вам органічних сполук. Існують чотири рівні організації білкових молекул.

Первинна структура білка — це поліпептидний ланцюг із чіткою послідовністю амінокислотних залишків (мал. 110):



У наведеній формулі літерами Д із різними індексами позначено вуглеводневі та інші залишки.



• водневий зв'язок

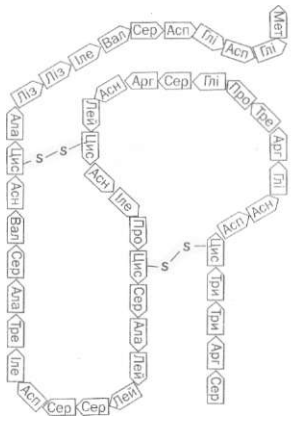
Мал. 111.
Вторинна структура білка

Вторинна структура білка — це певна просторова форма (здебільшого — спіраль), якої набуває поліпептидний ланцюг (мал. 111). Між атомом Оксигену СО-групи одного витка спіралі й атомом Гідрогену NH-групи сусіднього витка виникає водневий зв'язок. Кожна пептидна група бере участь в утворенні двох зв'язків цього типу. Залишки Д розміщуються із зовнішнього боку спіралі.

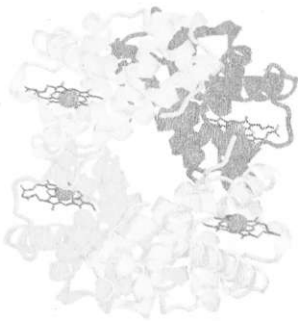
Третинна структура білка формується внаслідок згортання або закручування спіралі поліпептидного ланцюга в клубок (глобулу). Існування такої просторової форми зумовлене виникненням додаткових хімічних зв'язків між фрагментами молекул білків. У результаті зближення

двох атомів Сульфуру утворюється дисульфідний «місток» (8-8) (мал. 112), а карбоксильної групи і аміногрупи — сольовий (-COO ... $^{+}$№H_3-).

Четвертинна структура білка є системою складної форми. У ній завдяки електростатичній взаємодії об'єднано кілька глобул. Це — єдиний комплекс, який виконує певну функцію в живому організмі. Між фрагментами глобул виникають нові дисульфідні й сольові містки, а також водневі зв'язки. Четвертинну структуру має гемоглобін; його молекула складається із чотирьох глобул (мал. 113).



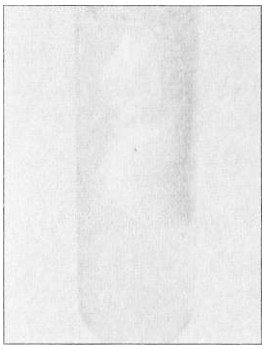
Мал. 112.
Фрагмент третинної структури білка



Мал. 113.
Четвертинна структура білка (молекула гемоглобіну)

Фізичні властивості. Білки при нагріванні не плавляться, а темніють і починають розкладатися з появою запаху паленого пір'я. Деякі білки розчиняються у воді з утворенням колоїдних розчинів.

При добавлянні до розчину білка концентрованих розчинів кислот, лугів, солей Купруму(II), Плюмбуму(II), інших («важких») металічних елементів, а також органічних розчинників (наприклад, спирту) відбувається-



Мал. 114.
Денатурація білка

ся осадження білка (*денатурація'*) (мал. 114). Аналогічний ефект спостерігають під час нагрівання. Він спричинений руйнуванням четвертинної, третинної та вторинної структур білка. У результаті білок втрачає здатність виконувати свою біологічну функцію. Однак харчові продукти після денатурації білків легше засвоюються організмом — яєчня або зварене яйце порівняно із сирим, кисле молоко порівняно зі свіжим.

Хімічні властивості. Білки, як і амінокислоти, є *амфотерними сполуками* зі слабко вираженими основними та кислотними властивостями.

За наявності кислот або ферментів білки зазнають *гідролізу.* Кінцевими продуктами цього перетворення є амінокислоти, залишки молекул яких були в складі білка. Гідроліз відбувається в кілька стадій:

білок -» поліпептиди дипептиди -» амінокислоти.

Відомі характерні реакції за участю білків. Вони супроводжуються зміною кольору, тому їх називають *кольоровими.* До цих реакцій зараховують біуретову[2], ксантопротеїнову® та деякі інші.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 19

Біуретова реакція

У пробірку налийте по 1 мл розчинів білка курячого яйця і лугу, а потім — кілька крапель розчину купрум(II) сульфату. Перемішайте вміст пробірки. Що спостерігаєте?

[1] Термін походить від грецького слова йепаіигаіиз — позбавлений природних властивостей.
[2] За назвою нітрогеновмісної сполуки — біурету, яка вступає в аналогічну реакцію.
[3] Назва походить від грецьких слів хапіЬов — жовтий і ргбіоз — перший.

Під час взаємодії білків із розчином солі Купруму(II) в лужному середовищі виникає фіалкове забарвлення. Це — *біуретовареакція,* яка є якісною на пептидні групи (мал. 115).

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 20

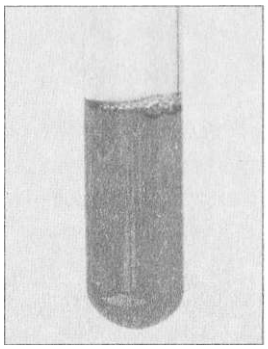
Ксантопротеїнова реакція

У пробірку налийте 1 мл розчину білка курячого яйця і добавте 0,5 мл 20 % -го розчину нітратної кислоти. Який колір осаду, що утворився?

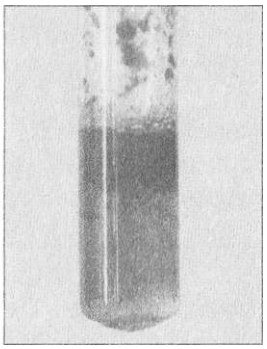
Нагрійте вміст пробірки. Чи змінюється колір осаду?

Після охолодження добавте до осаду трохи розчину лугу. Що спостерігаєте?

Якщо білки або їхні розчини нагрівати з концентрованою нітратною кислотою, то фрагменти молекул ароматичних амінокислот, наявні в білках, взаємодіють із цією кислотою з утворенням нітросполук жовтого кольору *(ксантопротеїнова реакція,* мал. 116). Це саме відбувається при потраплянні концентрованої нітратної кислоти на шкіру (утворюється жовта пляма, яка не змивається водою).



Мал. 115. Біуретова реакція



Мал. 116. Ксантопротеїнова реакція

Практичне значення. Білки є невід'ємною складовою нашого харчування і раціону тварин. Добова потреба дорослої людини в білках становить у середньому 100-110 г. У тваринництві. й птахівництві з метою збільшення харчової цінності кормів їх збагачують білками, які виробляють за допомогою мікробіологічного синтезу.

Із давніх часів люди використовують різноманітні речовини і матеріали, що мають білкову основу — вовну, шкіру, шовк, хутра, клеї, желатин та ін. Сучасні пральні порошки містять ферменти, які сприяють розкладу білкових забруднень на тканинах.

Білки — поліпептиди, «побудовані» із залишків молекул а-амінокислот. Вошi виконують важливі біологічні функції в живих організмах, здійснюють і регулюють обмін речовин, слугують «будівельним» матеріалом для клітин. З їжею та кормами білки надходять до організмів людини і тварин, де розщеплюються ферментами на амінокислоти, з яких утворюються білки, властиві даному організму.

Розрізняють первинну, вторинну, третинну й четвертинну структури білка.

При нагріванні розчину білка або добавлянні до нього кислот, лугів, деяких солей відбувається його денатурація, тобто руйнування просторової структури і втрата біологічних функцій. За певіших умов білки зазнають гідролізу.

9 в

309. Які сполуки називають білками? Охарактеризуйте їх роль у життєдіяльності організмів.

310. Білки як відомо, є поліпептидами. Чи всі поліпептиди можна зараховувати до білків? Відповідь аргументуйте.

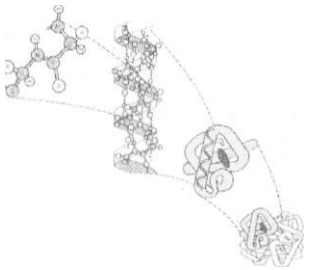
311. Чим різняться протеїни і протеїди?

312. Прокоментуйте малюнок 117.

313. Що таке денатурація білка? Чим вона може бути спричинена?

314. Охарактеризуйте кольорові реакції білків.

315. Масова частка білків у квасолі становить 21 %, а середня масова частка Нітрогену в білках — 16 %. Яка маса Нітрогену міститься в 60 г квасолі?



Мал. 117.
Взаємозв'язок структур молекули білка

37 Нуклеїнові кислоти

Матеріал параграфа допоможе вам:

отримати докладну інформацію про склад нуклеїнових кислот;

з'ясувати будову подвійної спіралі ДНК;

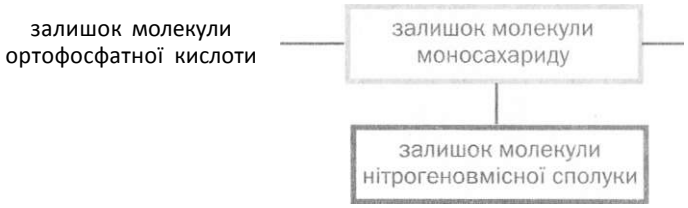
розширити свої знання про функції та властивості нуклеїнових кислот.

Особливо важливу роль у живих організмах виконують не лише білки, а й *нуклеїнові кислоти.*

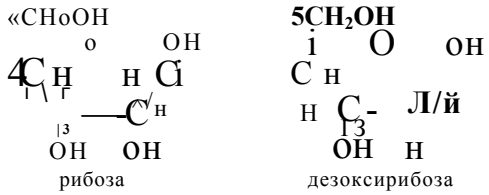
Нуклеїнові кислоти — високомолекулярні природні органічні сполуки, які зберігають і відтворюють в організмах спадкову (генетичну) інформацію, а також беруть участь у синтезі білків.

Склад молекул. Вам відомо, що нуклеїнові кислоти — це природні полімери. їх молекули складаються з багатьох повторюваних фрагментів — *нуклеотидів.* Кожний нуклеотид об'єднує залишки трьох молекул — ортофос-

фатної кислоти H_3PO_4, моносахариду і нітрогеновмісної сполуки. Його можна спрощено зобразити так:



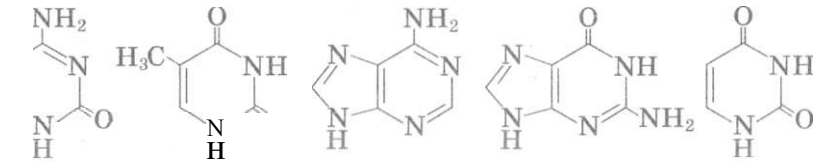
Існують дві групи нуклеїнових кислот. Молекули кислот однієї групи містять залишки циклічних молекул рибози, а іншої — молекул дезоксирибози (с. 203). Формули молекул цих моносахаридів:


рибоза

дезоксирибоза

Від назв моносахаридів походять назви сполук, які розглядаємо: *рибонуклеїнові кислоти* (скорочено — РНК), *дезоксирибонуклеїнові кислоти* (ДНК).

Молекули ДНК і РНК різняться й залишками нітрогеновмісних сполук, які містяться в них. До складу молекул ДНК входять залишки молекул цитозину, аденіну, гуаніну і тиміну, а РНК — залишки молекул цитозину, аденіну, гуаніну й урацилу. Наводимо (не для запам'ятовування) структурні формули молекул цих сполук:


цитозин (Ц)

тимін (Т)

аденін (А)

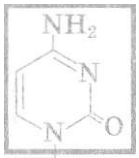
гуанін (Г)

урацил (У)

Червоним кольором позначено атоми Гідрогену, яких немає в залишках цих молекул,

наявних у ДНК і РНК. Указані нітрогеновмісні сполуки прийнято позначати великими літерами (першими в їх назвах).

Структурна формула одного із нуклеотидів ДНК:



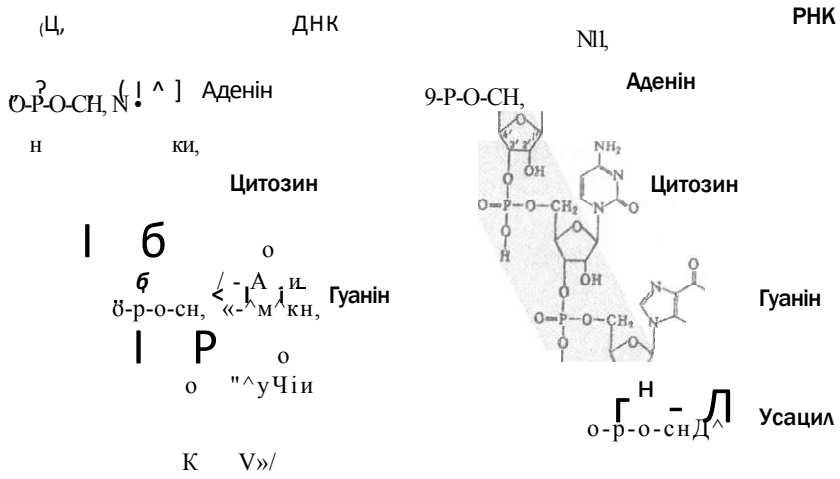
Місця сполучення нуклеотиду із двома іншими позначено крапками.

Молекули ДНК значно більші за молекули РНК. Значення відносних молекулярних мас ДНК становлять кілька десятків або сотень мільйонів, тоді як для РНК — від 20 тис. до кількох мільйонів. Проте молекул РІТК в організмі набагато більше, ніж молекул ДНК,

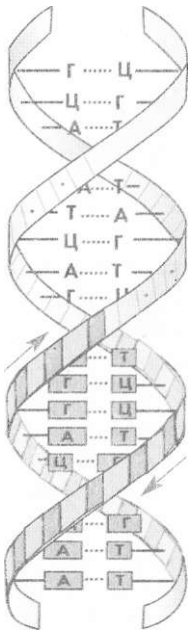
Просторова будова молекул нуклеїнових кислот певною мірою нагадує будову молекул білків.

Первинна структура молекул ДНК і РНК, Під первинною структурою молекул нуклеїнових кислот розуміють послідовність сполучення нуклеотидів у ланцюзі. Такий ланцюг називають ***полінуклеотидним.*** Учені виявили, що він має нерозгалужену будову:

Нуклеотиди розміщені в ланцюзі в певному порядку. Залишки молекул моносахаридів з'єднуються «фосфатними містками» (мал. **118).**



Мал. 118.
Фрагменти полінуклеотидних ланцюгів молекул ДНК і РНК



Мал. 119.
Вторинна структура молекули ДНК

Молекула РНК має первинну структуру, однак її ділянки завдяки водневим зв'язкам можуть закручуватися, формуючи вторинну і навіть третинну структури.

Вторинна структура молекули ДНК. Це подвійна спіраль, утворена двома однаковими полінуклеотидними ланцюгами, протилежно направленими і скрученими навколо спільної осі (мал. 119). Залишки молекул іітрогеновмісних сполук розміщені всередині спіралі молекули ДНК і перпендикулярно до осі, а залишки молекул ортофосфатної кислоти і дезоксирибози — із зовнішнього боку спіралі. Обидва ланцюги утримуються один біля одного за допомогою водневих зв'язків, які існують між різними залишками молекул нітрогеновмісних сполук. Послідовність цих залишків в одному ланцюзі ДНК узгоджується з їх послідовністю в іншому. Наприклад, залишок

молекули тиміну (Т) в одному ланцюзі утворює водневі зв'язки лише із залишком молекули аденіну (А) в іншому ланцюзі, а залишок молекули цитозину (Ц) — тільки із залишком молекули гуаніну (Г). Тому будь-яка молекула ДНК містить однакову кількість залишків молекул тиміну й аденіну, а також цитозину і гуаніну. У подвійній спіралі ДНК між залишками молекул тиміну й аденіну існують два водневих зв'язки, а цитозину і гуаніну — три.

Крім водневих зв'язків, стабілізація подвійної спіралі ДНК здійснюється за рахунок утворення л-електронної системи між залишками молекул нітрогеновмісних сполук.

Повний виток спіралі містить 10 пар нуклеотидів. Його довжина по осі становить 3,4 нм, а діаметр спіралі — приблизно 2 нм.

Розкриття просторової будови молекули ДНК стало одним із визначних досягнень науки XX ст. Його здійснили в 1953 р. американський біохімік Дж. Уотсон і англійський біофізик Ф. Крік. Цим ученим у 1962 р. було присуджено Нобелівську премію.

Відтворення молекули ДНК. Молекула дезоксирибонуклеїнової кислоти, на відміну від молекули білка, здатна до відтворення. Під час ділення клітини водневі зв'язки між двома ланцюгами молекули ДНК руйнуються і відбувається роз'єднання ланцюгів. До кожного окремого ланцюга «добудовується» новий, і формується подвійна спіраль, ідентична попередній (мал. 120). Утворювана ДНК отримує таку саму генетичну інформацію, яка була в ДНК клітини до ділення.

Синтез молекули РНК відбувається на нуклеотидному ланцюзі молекули ДНК. Під дією ферменту на певній ділянці подвійної спіралі водневі зв'язки розриваються і відбувається розкручування спіралі з утворенням двох окремих полінуклеотидних ланцюгів. Одразу на цій ділянці ланцюга ДНК синтезується взаємодоповнюваль-

ний ланцюг РНК. У ньому з'являються залишки молекул урацилу, які розміщуються навпроти залишків молекул аденіну молекули ДНК. Якщо, наприклад, у фрагменті ДНК була послідовність залишків молекул аденін — цитозин — гуанін — тимін (мал. 118), то у відповідному фрагменті новоутвореної РНК їх послідовність стане такою: урацил — гуанін — цитозин — аденін.

Після синтезу РНК ланцюги ДНК знову з'єднуються в подвійну спіраль.

Роль і функції нуклеїнових кислот. *Роль ДНК в організмі полягає у збереженні генетичної інформації, притаманної даному біологічному виду.* Ця інформація «зашифрована» в молекулі ДНК чіткою послідовністю залишків молекул нітрогеновмісних сполук і використовується для синтезу білків і рибонуклеїнових кислот.

Мал. 120.
Розділення і відтворення молекули ДНК

Одиницею генетичної інформації є ген. Це — фрагмент молекули ДНК, у якому закодована послідовність залишків молекул амінокислоту білку.

Суть ролі РНК в організмі — здійснення синтезу білків.

Залежно від функцій, які виконують рибонуклеїнові кислоти, розрізняють три типи цих сполук — *інформаційні* (або *матричні), транспортні* й *рибосомні РНК.*

Інформаційна РНК копіює певну ділянку молекули ДНК і слугує основою (матрицею) для біосинтезу білка. Послідовність нуклеотидів на цій ділянці відповідає послідовності амінокислотних залишків у молекулі білка. (Саме тому ДНК відповідає за структуру білків, властивих організму.) Цю послідовність (код) розшифровує транспортна РНК, яка «переносить» молекули амінокислот до місця

синтезу білка. Кожній амінокислоті відповідає своя транспортна РНК. Рибосомна РНК бере участь у біосинтезі білка.

Властивості нуклеїнових кислот. ДНК і РНК — тверді речовини, які розчиняються у воді з утворенням колоїдних розчинів. Під час нагрівання цих розчинів нуклеїнові кислоти осаджуються; відбувається їх денатурація і втрата біологічної активності.

Завдяки наявності в молекулах ДНК і РНК залишків ортофосфатної кислоти ці сполуки реагують із лугами з утворенням солей.

Нуклеїнові кислоти за участю ферментів, а також у кислому і лужному середовищах зазнають гідролізу. При цьому зв'язки між нуклеотидами руйнуються й утворюються відповідні нітрогеновмісні сполуки (у кислому середовищі — їх солі), вуглеводи й ортофосфатна кислота (у лужному середовищі — ортофосфати).

Під дією радіації порушується послідовність залишків молекул нітрогеновмісних сполук у молекулі ДНК, унаслідок чого виникають мутації, які призводять до захворювань або загибелі організму.

ВИСНОВКИ

Нуклеїнові кислоти — високомолекулярні природні сполуки, які зберігають і відтворюють в організмах генетичну інформацію, а також беруть участь у синтезі білків.

Молекула нуклеїнової кислоти складається із багатьох нуклеотидів, кожний із яких містить по одному залишку молекул ортофосфатної кислоти, моносахариду і нітрогеновмісної сполуки.

Існують рибонуклеїнові (РНК) та дезоксирибонуклеїнові кислоти (ДНК). Молекула ДНК складається із двох спіральних иодінуклеотидних ланцюгів, закручених навколо спільної осі, а молекула РНК — із одного ланцюга.

Біологічна роль ДНК в організмі полягає у збереженні генетичної інформації, а РНК — у здійсненні синтезу білків.

О
я

316. Які сполуки називають нуклеїновими кислотами?
317. Що таке нуклеотид?
318. Назвіть основні відмінності у складі молекул ДНК і РНК.
319. Охарактеризуйте просторову будову молекул ДНК і РНК.
320. Які функції виконують в організмі нуклеїнові кислоти?
321. Охарактеризуйте властивості нуклеїнових кислот.
322. Чим схожі й чим різняться білки і нуклеїнові кислоти?
323. Обчисліть масові частки Нітрогену і Фосфору в нуклеотиді, зображеному на с. 260.
324. Масова частка Нітрогену в деякому нуклеотиді становить 21,3 % У складі нуклеотиду —• п'ять атомів Нітрогену. Обчисліть масову частку Фосфору в нуклеотиді.

розділ

Синтетичні високомолекулярні органічні сполуки

Крохмаль, целюлоза, білки, нуклеїнові кислоти є *природними високомолекулярними сполуками*[1]. Вони утворюються в живих організмах і складаються з молекул, побудованих із великої кількості однакових або різних груп атомів. Багато інших сполук, що мають молекули подібної будови, добувають за допомогою хімічних реакцій (серед них — добре відомий поліетилен). Такі речовини називають *синтетичними високомолекулярними сполуками.* Із ними ви докладно ознайомитесь у цьому розділі.

3А Загальна характеристика синтетичних високомолекулярних сполук

Матеріал параграфа допоможе вам:

- дізнатися про класифікацію синтетичних високомолекулярних сполук;
- з'ясувати властивості цих сполук.

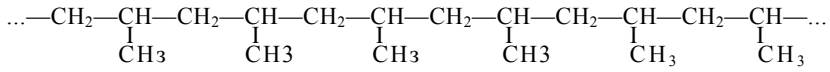
[1] Скорочена назва високомолекулярних сполук — ВМС.

Синтетичні високомолекулярні сполуки становлять основу пластмас, волокон, гуми. За деякими властивостями ці матеріали переважають традиційні — дерево, кераміку, скло, металічні сплави. Кожний із нас використовує синтетичні матеріали в повсякденному житті, на роботі, відпочинку (мал. 121).

Мал. 121. Матеріали на основі синтетичних високомолекулярних сполук

Серед синтетичних високомолекулярних сполук найуживанішими є поліетилен, поліпропілен, полістирол. Загальна назва цих та інших подібних речовин — *полімери.* (Часто полімерами називають усі високомолекулярні сполуки.)

Будова полімерів. Із поліетиленом і поліпропіленом ви ознайомились, вивчаючи хімічні властивості ненасичених вуглеводнів (с. 76). Ці сполуки складаються із дуже довгих молекул, які називають *макромолекулами.* Наводимо структурну формулу фрагмента макромолекули поліпропілену:



У ній багаторазово повторюється група атомів — *елементарна ланка:*

Кількість елементарних ланок у макромолекулі полімеру називають *ступенем полімеризації* і позначають літерою *n.* Формулу макромолекули поліпропілену, як і самого полімеру, записують так:

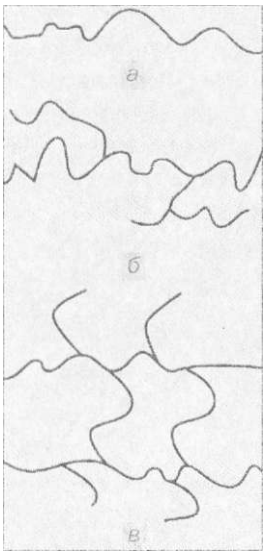
Сполука, від молекули якої походить елементарна ланка полімеру, називається *мономером.* Для поліпропілену мономером є пропен $CH_2=CH-CH_3$.

Р- Запишіть формули елементарної ланки поліетилену та його мономера.

У кожному полімері містяться макромолекули різної довжини, а отже, й різної маси. Тому для характеристики такої сполуки використовують *середню молекулярну масу.* Її позначають так само, як і відносну молекулярну масу, та обчислюють за формулою

МДполімеру) = $n \cdot M_г$(ел, ланки),

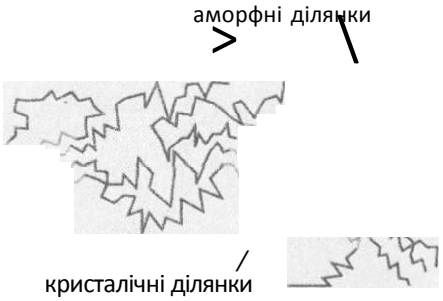
де n •— середньоарифметичне значення ступеня полімеризації для даного полімеру. Середня молекулярна маса не має розмірності. Для різних полімерів її значення здебільшого становить від кількох тисяч до десятків мільйонів.



Мал. 122.
Будова макромолекул:
а — лінійна:
б — розгалужена;
в — сітчаста

• Обчисліть середню молекулярну масу поліетилену, якщо ступінь полімеризації становить 5000.

Залежно від будови макромолекул (мал. 122) розрізняють *лінійні, розгалужені* та *сітчасті* (просторові) полімери. Елементарні ланки в макромолекулі лінійного полімеру сполучені в нерозгалужений ланцюг. Таку будову мають молекули природного полімеру — целюлози і синтетичних — поліетилену, поліпропілену. Розгалужені полімери (наприклад, амілопектин) характеризуються наявністю в макромолекулах бокових відгалужень, які складаються із багатьох елементарних ланок. Сітчасті полімери мають тривимірну будову. Ланцюги в них зшиті окремими атомами чи групами атомів за допомогою ковалентних зв'язків. Уся речовина є однією гігантською



Мал. 123. Кристалічні й аморфні ділянки в полімері

молекулою. Приклад такого полімеру — фенолоформальдегідні смоли (§ 40).

Полімери у твердому стані можуть мати впорядковане розміщення макромолекул на одних ділянках і безладне — на інших (мал. 123). Такі речовини характеризують, використовуючи поняття *ступінь кристалічності* (це — частка речовини з упорядкованим розміщенням макромолекул). Якщо значення ступеня кристалічності становить, наприклад, 90 % , то полімер називають кристалічним, а якщо 10 % — аморфним. Серед лінійних полімерів трапляються як кристалічні, так і аморфні, а полімери сітчастої будови здебільшого аморфні.

Фізичні властивості полімерів значною мірою визначаються масою макромолекул, їх довжиною, розгалуженістю, відносним розміщенням у просторі тощо.

Як правило, полімери нерозчинні у воді, а ті, що мають сітчасту будову, — ще й в органічних розчинниках. Полімери з лінійними макромолекулами повільно розчиняються в деяких органічних розчинниках з утворенням в'язких розчинів.

Полімери сітчастої будови мають більш/ міцність, ніж лінійні полімери.

Для більшості полімерів не існує певних температур плавлення і кипіння. Лінійні полімери при нагріванні спочатку розм'якшуються,

Мал. 124. Термічний розклад полімеру

потім плавляться в певному температурному інтервалі з утворенням в'язких рідин, а при подальшому нагріванні розкладаються. Полімери сітчастої будови починають розкладатися ще до плавлення (мал. 124).

Чимало полімерів після нагрівання й подальшого охолодження не зазнають хімічних перетворень і зберігають свої фізичні властивості. Ці речовини можна багато разів розплавляти і заливати у форми, де вони при охолодженні тверднуть. Полімери з такими властивостями називають *термопластичними.* До них зараховують поліетилен, поліпропілен та деякі інші. Із термопластичних полімерів за допомогою пресування, видавлювання, лиття виготовляють вироби різного призначення. *Термореактивні* полімери після нагрівання втрачають пластичність і здатність розчинятися в органічних розчинниках. Це — результат необоротних змін у макромолекулах, пов'язаних з утворенням додаткових ковалентних зв'язків і формуванням сітчастої будови. Термореактивними полімерами є фенолоформальдегідні смоли.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 21

Порівняння властивостей термопластичного і термореактивного полімерів

Помістіть невелику порцію термопластичного полімеру в маленьку порцелянову чашку, поставте її на кільце лабораторного штативу та обережно нагрійте речовину до плавлення. Після того як полімер розплавиться, візьміть чашку пробіркотримачем і перелийте розплав із неї на керамічну плитку (або в іншу порцелянову чашку) для охолодження. Що спостерігаєте? Чи змінився колір сполуки після нагрівання й охолодження?

Знову нагрійте полімер і охолодіть його.

Аналогічно дослідіть відношення термореактивного полімеру до нагрівання[1]. Що відбувається із цією речовиною при підвищенні температури? Чи плавиться вона?

Зробіть відповідні висновки.

Хімічні властивості полімерів залежать від наявності в їхніх макромолекулах кратних зв'язків, різних функціональних груп. Багато полімерів реагує з окисниками, концентрованими розчинами кислот і лугів. Значну хімічну інертність виявляють поліетилен і поліпропілен (поясніть чому).

Полімери — термічно нестійкі сполуки. Реакцію розкладу поліетилену

$$(-CH_2-CH_2-)_n \quad \text{г} c CH_2=CH_2 \text{Т}$$

використовують у лабораторії для добування етену і демонстрації його властивостей.

ВИСНОВКИ

Речовини, молекули яких побудовані з великої кількості однакових або різних груп атомів, називають високомолекулярними сполуками, або полімерами.

Макромолекула полімеру складається з елементарних ланок; їх кількість називають ступенем полімеризації. Мономер — сполука, від якої походить полімер. Однією з характеристик полімеру є його середня молекулярна маса.

За будовою макромолекул розрізняють лінійні, розгалужені й сітчасті полімери, за ступенем кристалічності — кристалічні й аморфні, а за відношенням до нагрівання — термопластичні й термореактивні.

Фізичні властивості полімерів залежать від маси, довжини, розгалуженості макромолекул,

[1] Цю операцію необхідно проводити в діючій витяжній шафі.

їх відносного розміщення у просторі, а хімічні — від наявності в них кратних зв'язків і різних функціональних груп.

№

325. Які сполуки називають високомолекулярними?
326. Як класифікують полімери і які ознаки використовують для цього?
327. Що спільного і відмінного між молекулою пропілену і структурною ланкою поліпропілену?
328. Яку властивість речовини називають пластичністю?
329. Чим різняться лінійний, розгалужений та сітчастий полімери, кристалічний і аморфний, термопластичний і термореактивний?
330. Чому молекулярну масу полімеру називають середньою?
331. Які переваги і недоліки виробів із металу і полімеру?
332. Середня молекулярна маса зразка поліпропілену становить 21000. Обчисліть значення ступеня полімеризації для цього полімеру

3 Добування високомолекулярних сполук

Матеріал параграфа допоможе вам:

пригадати суть реакції полімеризації;
дізнатися про реакцію поліконденсації.

Високомолєкулярні сполуки добувають, здійснюючи реакції *полімеризації* та *поліконденсації.*

Реакція полімеризації — реакція утворення полімеру в результаті послідовного сполучення молекул мономера за рахунок розриву тс-зв'язків[1].

[1] Або розкриття циклів.

Реакція полімеризації

$nA{-}B \rightarrow (-A-B-)_n$

мономер полімер

Загальні схеми реакцій полімеризації за участю вуглеводнів та їх иохідних) молекули яких містять подвійні зв'язки, —

$$CH_2{=}\underset{\underset{X}{|}}{CH} + CH_2{=}\underset{\underset{X}{|}}{CH} + CH_2{=}\underset{\underset{X}{|}}{CH} + CH_2{=}\underset{\underset{X}{|}}{CH} + \ldots \rightarrow$$

$$\ldots{-}CH_2{-}\underset{\underset{X}{|}}{CH}{-}CH_2{-}\underset{\underset{X}{|}}{CH}{-}CH_2{-}\underset{\underset{X}{|}}{CH}{-}CH_2{-}\underset{\underset{X}{|}}{CH}{-}\ldots,$$

або $CH_2{=}\underset{\underset{X}{|}}{CH} \rightarrow (-CH_2{-}\underset{\underset{X}{|}}{CH}-)_n$,

де X — Н (мономером є етилен, полімером — поліетилен), CI (вінілхлорид, полівінілхлорид), CH_3 (пропілен, поліпропілен), C_6H_5 (стирол, полістирол)[1].

Складіть схему перетворення вінілхлориду на полімер.

У реакції полімеризації можуть брати участь дві сполуки (два мономери). У цьому разі утворюється *співполімер.*

Реакція поліконденсації — реакція утворення полімеру в результаті взаємодії функціональних груп молекул мономера, яка відбувається із виділенням води, амоніаку або інших низькомолекулярних сполук,

Під час реакції поліконденсації одночасно взаємодіють функціональні групи різних молекул мономера Таких груп у кожній молекулі має бути принаймні дві. Для того щоб добути полімер сітчастої будови, беруть мономер з трьома чи більшою кількістю функціональних груп у молекулах.

Реакція поліконденсації

мономер $\rightarrow$ полімер

(або ін.)

Поліконденсація — ступінчастий процес. Спочатку взаємодіють дві молекули мономера з утворенням молекули димера, потім реагують димерні молекули І Т. Д.

[1] Для мономерів наведено традиційні назви.

Наводимо схему реакції поліконденсації етиленгліколю:

$$\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O[H T HO\}CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$$

$$\xrightarrow{} \underset{\text{димер}}{\text{H0-CH}_2\text{-CH}_2\text{-0-CH}_2\text{-CH}_2\text{-0H}};$$

$$\underset{\text{димер}}{\text{H0-CH}_2\text{-CH}_2\text{-0-CH}_2\text{-CH}_2\text{-дH}} + \underset{\text{димер}}{\text{HOi CH}_2\text{-CH}_2\text{-0-CH}_a\text{- CH}_2\text{-OH}}=\text{н}^{\wedge}$$

$$\xrightarrow{} \underset{\text{тетрамер}}{\text{H0-CH}_2\text{-CH}_2\text{-0-CH}_2\text{-CH}_2\text{-0-CH}_2\text{-CH}_2\text{-0-CH}_2\text{-CH}_2\text{-0H}} \text{ і т. д.};$$

$$\underset{\text{етиленгліколь}}{\text{геHO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}} \qquad \underset{\text{поліетиленгліколь}}{(\text{-0-CH}_2\text{-CH}_2\text{-})_{„}}.$$

Легко дійти висновку, що маса макромолекули полімеру — продукту реакції поліконденсації — менша сумарної маси молекул мономера.

У реакції поліконденсації можуть брати участь два мономери або навіть більше. Прикладом такої взаємодії є утворення поліпептиду з кількох амінокислот.

ВИСНОВКИ

Високомолекулярні сполуки добувають за реакціями полімеризації та поліконденсації.

Під час реакції полімеризації сполучення молекул мономера відбувається внаслідок розриву я-зв'язків, а в реакції поліконденсації — за рахунок взаємодії функціональних груп мономера.

9.

333. Назвіть і охарактеризуйте типи реакцій, за допомогою яких добувають синтетичні високомолекулярні сполуки.

334. Які особливості складу і будови молекули мономера зумовлюють можливість реакції:
   а) полімеризації;
   б) поліконденсації?

335. Назвіть мономери, із яких утворюються полімери з такими формулами:

а)$(-CH_2-CH_2-)_n$; б) $(-CH_2-\underset{Cl}{CH}-)_n$; в) $(-CH_2-\underset{C_6H_5}{CH}-)_n$.

336. Які сполуки можуть вступати в реакцію полімеризації, а які — в реакцію поліконденсації:

а) пропен;

б) аміноетанова кислота;

в) тетрафлуороетен?

Відповідь підтвердьте схемами відповідних реакцій.

337. Складіть схему реакції поліконденсації за участю етиленгліколю і адипінової кислоти $HOOC-(CH_2)_4-COOH$.

338. Яка кількість пептидних груп міститься в продукті поліконденсації амінокислоти, якщо утворилося: а) 3 моль води; б) 3 г води?

339. Молекула мономера складається із двох атомів Карбону й атомів двох галогенів. Масова частка Карбону в сполуці становить 20,6 %, а Хлору — 30,47 %. Знайдіть формулу мономера. Назвіть сполуку, яка утворюється під час його полімеризації.

40 Пластмаси. Полімери основа пластмас

Матеріал параграфа допоможе вам:

сформувати уявлення про пластмаси;

дізнатися про найважливіші полімери, з яких виробляють пластмаси;

з'ясувати переваги і недоліки використання пластмас.

Пластмаси. На певній стадії розвитку нашої цивілізації виявилося, що природні матеріали вже не задовольняють зростаючих потреб людей. Крім того, їх ресурси на планеті обмежені. Тому в другій половині XX ст. розгорнулися інтенсивні пошуки матеріалів на основі синтетичних полімерів. Хіміки

зайнялися синтезом нових високомолекулярних сполук, дослідженням їх властивостей, розробленням та впровадженням у промисловість технологій добування полімерних матеріалів.

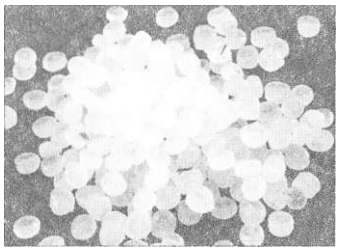
За своїми властивостями полімерні матеріали вигідно відрізняються від природних. Вони довговічкіші, не зазнають корозії, мають невелику густину, достатню міцність, їх легко формувати, обробляти, надавати їм потрібного забарвлення.

Велика кількість полімерів становить основу *пластичних мас,* або (скорочено) *пластмас.*

Пластмаси — матеріали на основі полімерів, що зберігають після нагрівання і наступного охолодження надану їм форму.

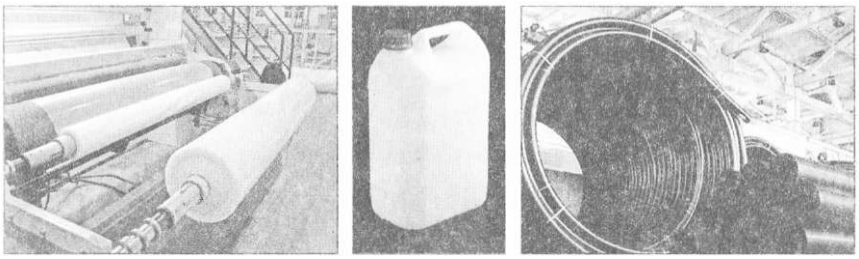
Крім полімерів, пластмаси містять різні добавки, які покращують їх властивості, підвищують стійкість до хімічно агресивних речовин і зміни зовнішніх умов. Добавками слугують розмелені деревина, крейда, графіт, подрібнений папір, а також сажа, різні волокна. Полімери у відповідних пластмасах є зв'язуючими компонентами. Якщо до мономера добавити сполуку, яка при нагріванні розкладається з виділенням газу, то добутий полімер має вигляд застиглої піни (його називають пінопластом). Добавки-пластифікатори надають полімерному матеріалу пластичності.

Полімери — основа пластмас. Розглянемо найважливіші полімери, які входять до складу пластмас. Деякі з них вам відомі з курсу хімії 9 класу, а також із повсякденного життя.



Мал. 125. Поліетилен

Поліетилен. Це безбарвний прозорий або білий напівпрозорий полімер, що зовні нагадує парафін (мал. 125). Механічні та фізичні властивості поліетилену залежать



Мал. 126. Використання поліетилену

від того, за яких умов здійснювали реакцію полімеризації[1]:

$$n CH_2=CH_2 \qquad (-CH_2-CH_2-)_n.$$

На поліетилен не діють вода, розчини кислот (крім концентрованої нітратної) і лугів, жири, масла. Однак цей полімер нестійкий щодо галогенів, при нагріванні розчиняється в рідких вуглеводнях та їх галогенопохідних, горить на повітрі.

Поліетилен — термопластичний полімер. Із нього виробляють водопровідні та каналізаційні труби, пакувальну плівку і плівку для теплиць, тару, предмети побуту, ємності для зберігання неорганічних кислот і лугів (мал. 126). Він також слугує тепло- й електроізоляційним матеріалом. Поліетиленові вироби є морозостійкими, але не витримують нагрівання вище 60—100 °С.

Мал. 127. Сковорідка з тефлоновим покриттям

Політетрафторетилен $(-CF_2-CF_2-)_n$, або тефлон, схожий на поліетилен. Він має високу хімічну стійкість, не руйнується навіть концентрованими кислотами, не розчиняється і не набгає в жодному розчиннику. На відміну від поліетилену тефлон — негорючий полімер; він витримує досить високу температуру (мал. 127).

[1] Розрізняють поліетилен, добутий за високого і низького тиску. Полімер низького тиску має трохи більшу густину, а ступінь його гристалічності сягає 90 %.

Поліпропілен нагадує поліетилен не лише зовні, а й за більшістю властивостей. Він також належить до термопластичних полімерів лінійної будови. Поліпропілен, як і поліетилен, добувають реакцією полімеризації:

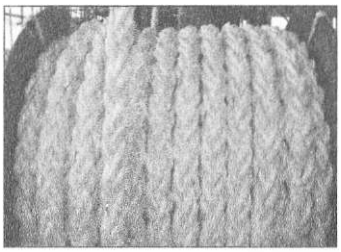
$$гсCH_2{=}CH \qquad (-CH_2\text{-}CH\text{-})_n.$$
$$\quad CH_3 \qquad\qquad\quad CH_3$$

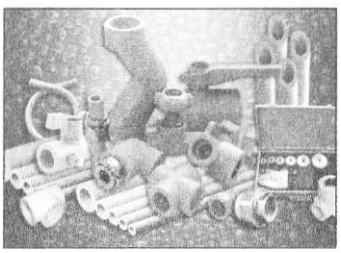
Елементарні ланки можуть розміщуватися в макромолекулі поліпропілену, орієнтуючись однаково (с. 267) або довільно:

...-CH$_9$-CH-CH~CHo--CHo-CH-CH?-CH-...
CH3 CH$_3$ CH3 CH3

Поліпропілен із упорядкованим розміщенням метильних залишків у молекулах — волокнисті кристали, які плавляться в інтервалі температур 160—176 °С, ***тоді як сполука із хаотичним розміщенням цих залишків — в'язка рідина.***

У промисловості добувають переважно полімери з упорядкованою будовою молекул.





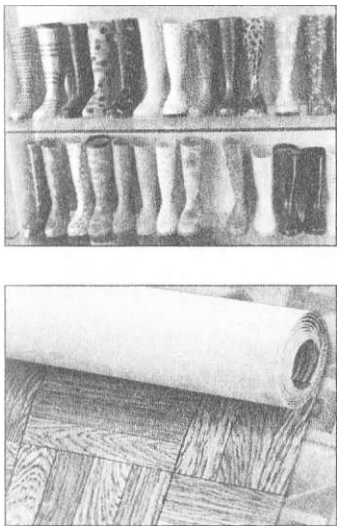
Мал. 128. Використання поліпропілену

Поліпропілен використовують для виробництва волокон, труб, пакувальної плівки, тари, деталей технічної апаратури, предметів побуту, іграшок, одноразового посуду, а також як ізоляційний матеріал (мал. 128). Вироби з поліпропілену мають підвищену твердість, стійкі до тертя.

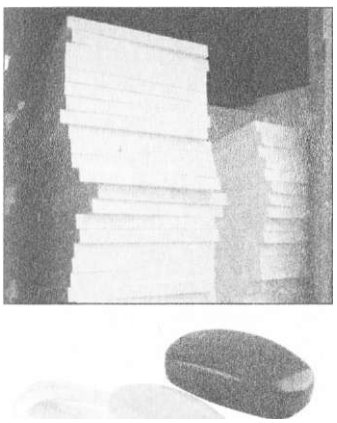
Полівінілхлорид $(-CH_2\text{-}CH\text{-})_n$ —
Cl

тверда речовина, стійка до розчинів лугів, кислот, більшості органічних розчинників. При нагріванні вище 110 °С сполука розкладається з виділенням хлороводню.

Полівінілхлорид є термопластичним полімером. Його використовують для виробництва штучної шкіри, лінолеуму,труб, волокон, тари,



Мал. 129.
Використання полівінілхлориду



Мал. 130.
Використання полістиролу

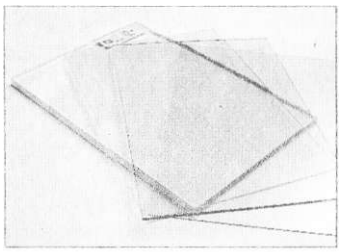
різних деталей, а також як електроізоляційний матеріал. Із полівінілхлориду виготовляють чоботи, захисні рукавички (мал. 129).

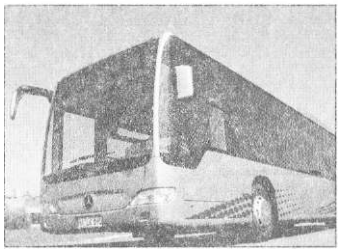
Полістирол $(-CH_2-CH-)_n$ — полімер лінійної будови, аморфний, термопластичний. Він не реагує з розбавленими розчинами лугів і кислот, розчиняється в деяких органічних розчинниках. Полістиролу можна надати будь-яких форми і кольору; він добре склеюється та обробляється. Недоліки цього полімеру — невисокі міцність і теплостійкість.

Вироби із полістиролу і пінополістиролу широко використовують у побутовій техніці, електроніці, будівництві, медицині. Із цього полімеру виготовляють звуко- і теплоізоляційні, облицювальні й декоративні плити, деталі для медичних приладів і систем переливання крові, одноразовий посуд, тару для харчових продуктів, дитячі іграшки, рятувальні круги, буйки, захисні шоломи тощо (мал. 130).

Недоліком пінополістиролу є горючість і крихкість. Плити із цього матеріалу повільно виділяють невеликі кількості стиролу (інша назва — стирен) $C_6H_5-CH=CH_2$ — токсичної речовини, здатної накопичуватися в організмі. Крім цього, пінополістирол легко спалахує і горить із виділенням чорного диму і шкідливих для організму речовин.

Поліметилметакрилат відомий як органічне скло, або плексиглас. Він прозорий, легкий, міцний, волого-, морозо- і світлостійкий.



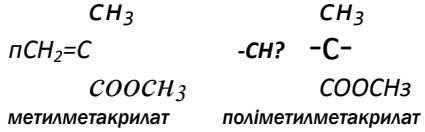


Мал. 131.
Полі метил мета крилат
і його використання

Цей полімер нерозчинний у спирті, але розчиняється в бензені, ацетоні, оцтовій кислоті. На нього не діють розбавлені розчини кислот і лугів. При нагріванні вище 120 °С поліметилметакрилат розм'якшується, а при підпалюванні легко загоряється, не утворюючи, на відміну від інших полімерів, токсичних речовин.

Поліметилметакрилат можна полірувати, піддавати механічній обробці, склеювати. При ударі полімер не розсипається на дрібні уламки. Тому його використовують замість скла в транспортних засобах (мал. 131), приладах, військовій техніці, застосовують для виготовлення декоративної плитки, акваріумів.

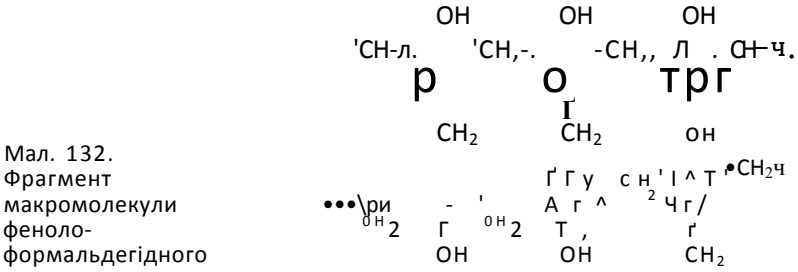
Поліметилметакрилат утворюється при полімеризації метилового естеру метакрилової кислоти $H_2C=C(CH_3)-C00H$:



Фенолоформальдегідні полімери (смоли) — перші синтетичні полімери, які набули широкого застосування в різних сферах. їх добувають поліконденсацією фенолу C_6H_50H із формальдегідом НОНО. Залежно від умов, співвідношення вихідних речовин і природи каталізатора утворюються термопластичні або термореактивні полімери (мал. 132).

Цікаво знати
Органічне скло майже в 2,5 раза легше за звичайне.

Фенолоформальдегідні полімери є основою ***фенопластів.*** Це — термостійкі матеріали, нерозчинні у воді та органічних розчинниках. Із них виготовляють деталі електрообладнання, предмети побуту. Суміші фенопластів .із



Мал. 132. Фрагмент макромолекули феноло-формальдегідного полімеру

відходами обробки деревини використовують у вигляді плит у будівництві, для виготовлення меблів. Наповнювачами у фенопластах слугують також бавовняне волокно, каолін тощо. Із фенолоформальдегідних полімерів виробляють склопластики — дуже міцні матеріали, які, крім полімеру, містять скловолокно або тканини з нього.

Недоліком деяких фенопластів є те, що вони виділяють невеликі кількості токсичних речовин.

Відходи полімерів і довкілля. Дедалі більше полімерної плівки, використаних пластмасових виробів потрапляє в навколишнє середовище (мал. 133). Природа «не вміє» розкладати такі відходи. їх утилізація є актуальним екологічним завданням.

У розвинутих країнах частину відпрацьованих полімерів і пластмас переплавляють та застосовують у виробництві плівки, тари, різного обладнання, а іншу частину піддають крекінгу з метою добування органічних сполук, горючих газових сумішей. Іноді залишки полімерних матеріалів подрібнюють і добавляють до будівельних сумішей. Спалюючи відходи деяких полімерів, отримують теплову енергію. В Україні з відпрацьованого поліетилену виготовляють плівку для сільського господарства. Полімерні пляшки все частіше замінюють

Мал. 133. Звалище

Цікаво знати
Більше ніж 10 % від маси всіх побутових відходів припадає на синтетичні полімери і пластмаси.

скляними, які можна повторно використовувати або утилізувати. На заміну поліетиленовим пакетам приходять паперові або зроблені з відходів целюлози (цей полімер порівняно швидко руйнується мікроорганізмами в природних умовах).

ВИСНОВКИ

Пластмаси — матеріали на основі полімерів, які зберігають після нагрівання і наступного охолодження надану їм форму. Пластмаси містять добавки, які покращують їхні властивості.

Поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, полістирол, поліметилметакрилат є термопластичними полімерами, а фенолоформальдегідні полімери бувають термопластичними і термореактивними.

Вироби з полімерів широко використовують у побуті, техніці, будівництві, медицині, інших сферах.

Зростаюче забруднення довкілля відходами штучних полімерів є серйозною екологічною проблемою.

9.

340. Які полімери є складовими пластмас? Наведіть їхні формули.
341. Як будова полімеру впливає на його властивості?
342. Назвіть переваги і недоліки використання пластмас.
343. Запропонуйте власне розв'язання проблеми утилізації старої поліетиленової плівки.
344. Напишіть рівняння реакцій полімеризації: а) хлороетену; б) стирену.
345. Склад полівінілацетату (основний компонент клею ПВА) відповідає формулі $(-CH2-CH-)_n$, де X — група CH_3COO^-. Напишіть схему реакції полімеризації з утворенням цього полімеру.
346. Обчисліть масові частки елементів у полівінілхлориді.

Каучуки. Гума

Матеріал параграфа допоможе вам:

- сформувати уявлення про каучуки і гуму;
- ознайомитись із технологією виробництва гуми;
- з'ясувати властивості та сфери використання каучуків;
- дізнатися про способи утилізації відходів гуми.

Каучуки — полімери рослинного або синтетичного походження, із яких виготовляють гуму.

Характерна властивість каучуків — висока еластичність, тобто здатність після деформації відновлювати свою форму. Однак при нагріванні або охолодженні нижче -50 °С вони втрачають цю властивість. Каучуки водонепроникні, зносостійкі, мають хороші електроізоляційні властивості.

Більшість каучуків є полімерами алкадієнів та їх похідних (у молекулах кожної такої сполуки є два подвійні зв'язки між атомами Карбону).

Схема утворення каучуків у загальному вигляді:

$$CH_2{=}C(У){-}CH{=}CH_2 + CH_2{=}C(У){-}CH{=}CH_2 + \ldots \rightarrow$$

$$\rightarrow \ldots -CH_2{-}C(У){=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}C(У){=}CH{-}CH_2{-}\ldots,$$

або $n\,CH_2{=}C(У){-}CH{=}CH_2 \rightarrow (-CH_2{-}C(У){=}CH{-}CH_2-)_n$,

де У — Н (мономером є бутадієн, полімером — бутадієновий каучук); CH_3 (мономер — ізопрен, полімер — ізопреновий каучук); Cl (мономер — хлоропрен, полімер — хлоропреновий каучук).[1]

[1] Систематичні назви відповідних мономерів — бута-1,3-дієн; 2-метилбута-1,3-дієн; 2-хлоробута-1,3-дієн.

Мал. 134.
Збирання соку гевеї

Розрізняють природний і синтетичні каучуки.

Природний {натуральний) каучук міститься в соку деяких рослин, який нагадує молоко (мал. 134) і є емульсією каучуку у воді. Основу цього каучуку становить *цис*-поліізопрен

$$\begin{matrix} Ho_3Cч \\ -н_2с/ \end{matrix} C=C \begin{matrix} /H \\ ч CH_2 \end{matrix}$$

Натуральний каучук має білий колір; він легший за воду, розчиняється в бензині, бензені, деяких інших органічних розчинниках. Маючи подвійні зв'язки в молекулах, цей полімер здатний приєднувати водень (за наявності каталізаторів), бром, бромоводень. При нагріванні без доступу повітря він перетворюється на мономер (ізопрен).

Цікаво знати
У деяких рослинах міститься *три*кс-ізомер поліізопрену — гутаперча.

^ Напишіть схему термічного розкладу натурального каучуку до мономера.

Натуральний каучук повільно окиснюється Киснем повітря, сполуками Феруму(III), калій перманганатом. Щоб запобігти окисненню каучуку, щойно добутого із соку рослини, і розмноженню в ньому бактерій, полімер обробляють розбавленими розчинами кислот (мурашиної, оцтової) або інших речовин, промивають водою і висушують. У результаті каучук набуває жовтуватого кольору (мал. 135).

Мал. 135.
На виробництві натурального каучуку

Серед усіх природних високомолекулярних сполук лише каучук виявляє високу еластичність. Така властивість каучуку зумовлена можливістю згортання його лінійних макромолекул у клубки (цьому «не заважають» невеликі відгалуження — CH_3-групи). Якщо пластинку із каучуку розтягувати, то макромолекули випрямляються,

а якщо після цього відпустити, то вони повертаються в попередній стан і пластинка набуває початкової довжини. Доклавши більшого зусилля, каучукову пластинку можна розірвати.

Синтетичні каучуки. Природний каучук добувають у значній кількості, проте цього недостатньо, щоб задовольнити зростаючі потреби. Тому вчені створили синтетичні каучуки, які успішно замінюють природний і широко застосовуються в різних сферах.

Залежно від мономера (мономерів) розрізняють *бутадієновий* каучук, *бутадієн-стирольний, ізопреновий* (аналог природного), *хлоропреновий* та ін.

• Напишіть схему утворення бутадієнового каучуку із мономера.

Більшість реакцій полімеризації, за допомогою яких добувають каучуки, відбувається за участю каталізаторів. Бутадієн-стирольний каучук виробляють, здійснюючи сумісну полімеризацію бутадієну і стиролу. Спрощена схема реакції:

$$\text{га}CH_2{=}CH\text{-}CH{=}CH_2 + \text{т}CH_2{=}CH \text{-»}$$

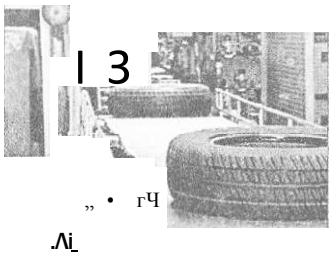
$$C_6H_5$$

бутадієн стирол

$$\text{-> } (\text{-}CH_2\text{~}CH{=}CH\text{-}CH_2\text{-})_{\text{П}}\text{-}\ (\text{~}CH_2\text{-}CH\text{-})_{\text{т}}.$$

$$C_6H_5$$

бутадієн-стирольний каучук

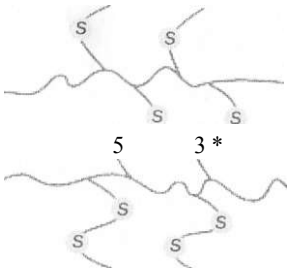


Мал. 136. **Найпоширеніше використання гуми**

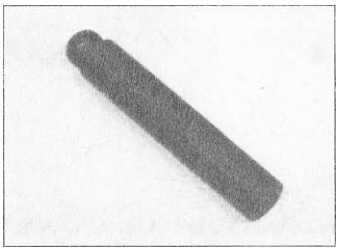
При нагріванні синтетичні каучуки, як і натуральний, розкладаються з утворенням відповідних мономерів.

Каучуки — сировина для виробництва гуми і гумових виробів.

Гума. НайеластичнІшим матеріалом серед природних і синтетичних матеріалів є гума. Її у великих кількостях використовують для виготовлення шин (мал. 136).



Мал. 137.
«Зшиті» карбонові ланцюги в гумі



Мал. 138.
Ебоніт

Основу технології виробництва гуми становить процес вулканізації, що полягає в нагріванні каучуку із сіркою. Спочатку каучук змішують із наповнювачами (глиною, сажею, крейдою, кремнеземом), барвниками і речовинами, які збільшують термін використання гуми. Потім до суміші добавляють сірку. У результаті взаємодії каучуку із сіркою за рахунок розриву л-зв'язків відбувається «зшивання» карбонових ланцюгів за допомогою «містків» 8—8 (мал. 137). При цьому частина подвійних зв'язків залишається в речовині.

Якщо взяти надлишок сірки, то всі подвійні зв'язки будуть «витрачені» на «зшивання» карбонових ланцюгів і утвориться твердий термореактивний матеріал — ебоніт (мал. 138). Його використовують для виготовлення електротехнічних деталей, хімічної апаратури.

Існують гуми різного призначення — для експлуатації за високих або низьких температур (тепло-, морозостійкі), для тривалого контакту з бензином і нафтою (шланги на автозаправних станціях), кислотами і лугами, стійкі до рентгенівського випромінювання тощо.

Порівняння властивостей каучуків і гуми. Каучук є еластичною речовиною, а гума — еластичним матеріалом.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 22

Порівняння механічних властивостей каучуку і гуми

Вам видано однакові стрічки каучуку і гуми. Чи можна відрізнити каучук від гуми за зовнішнім виглядом?

Перевірте зразки полімерів на еластичність, розтягнувши й відпустивши кожну стрічку. Що спостерігаєте? Спробуйте розірвати стрічки. Яка із них виявилася міцнішою?

Зробіть відповідні висновки.

Каучуки і гума не розчиняються у воді. Якщо ж помістити подрібнені шматочки каучуку і гуми в органічний розчинник (бензен), то через добу каучук розчиниться з утворенням колоїдного розчину, а гума лише збільшиться в об'ємі (набухне). Це свідчить про здатність гуми вбирати органічний розчинник.

Каучук і гума завдяки наявності в них подвійних зв'язків можуть приєднувати галогени. Так, колоїдний розчин каучуку в бензені знебарвлює бромну воду'. При нагріванні каучуки розкладаються з утворенням ненасичених сполук.

Наявність Сульфуру в гумі можна довести, нагріваючи її в пробірці. Одним із продуктів термічного розкладу гуми є сірководень, який спричиняє утворення в розчині купрум(II) нітрату або плюмбум(II) нітрату чорного осаду Cu5 або PbS.

Працюючи в хімічній лабораторії, потрібно враховувати, що гумові вироби (пробки, трубки) руйнуються нітратною і концентрованою сульфатною кислотами. Розбавлені хлоридна кислота і розчини лугів на гуму практично не діють.

Застосування каучуків і гуми. Синтетичний ізопреновий каучук за властивостями схожий на натуральний. Вироблена з нього гума вирізняється високою міцністю та еластичністю. Бутадієн-стирольний каучук поступається натуральному за еластичністю, проте більш зносостійкий. Ці каучуки використовують у виробництві шин, конвеєрних доріжок, взуття, медичних і спортивних виробів, ізоляційних матеріалів.

Хлоропреновий каучук є негорючим, термо- і світлостійким, не руйнується мастилами, не окиснюється на повітрі. Із нього виготовляють гуму для устаткування, іцо контактує з нафтою і нафтопродуктами. Каучуки, які містять Флуор, хімічно і термічно стійкі; їх використовують за температури понад 200 °С.

Основне застосування гуми — виробництво шин. Гумові вироби використовують у промисловості, техніці, медицині, побуті.

Відходи гуми і довкілля. Майже 90 % від маси гумових відходів припадає на зношені автомобільні шини, а решта — старе взуття, використані предмети технічного та побутового призначення. Відходи гуми, як і пластмас, не руйнуються в природних умовах. На жаль, більша частина їх потрапляє в навколишнє середовище.

Цікаво знати
У Європі утилізують менше, половини відпрацьованих автомобільних шин.

Утилізацію гумових відходів (звичайно після їх подрібнення) здійснюють такими способами:

* спалюванням для вироблення теплової енергії (теплота згоряння гуми приблизно така сама, що й вугілля);
* термічним розкладом із добуванням мономерів, що використовують для виробництва каучуку;
» застосуванням у ролі адсорбента при очищенні стічних вод;
* використанням у виробництві ізоляційних матеріалів, будівництві, шляховому господарстві тощо.

Каучуки — полімери рослинного або синтетичного походження, з яких виготовляють гуму. Характерна властивість каучуків — еластичність, тобто здатність після деформації відновлювати свою форму. Каучуки мають високу міцність і зносостійкість.

Більшість каучуків є полімерами алкадієнів та їх похідних. Розрізняють натуральний і синтетичні каучуки.

Гума — продукт вулканізації каучуку (нагрівання із сіркою). Це дуже еластичний матеріал, який широко використовують у багатьох сферах. Утилізація гумових відходів є одним із важливих екологічних завдань.

а

347. Охарактеризуйте практичне значення каучуку.
348. Якими є склад, будова і властивості натурального каучуку?
349. Як ви розумієте терміни «вулканізація», «еластичність»?
350. Чим різняться каучук і гума, гума та ебоніт?
351. Назвіть сфери використання каучуків.
352. За матеріалами Інтернету або інших джерел інформації підготуйте стислі повідомлення про походження назви «каучук», історію відкриття гуми, винайдення лінолеуму.
353. Назвіть найважливіші синтетичні каучуки і запишіть їхні хімічні формули.
354. Складіть схеми реакцій:
    а) полімеризації хлоропренового каучуку;
    б) приєднання брому до ізопренового каучуку.
355. Обчисліть масову частку Хлору в хлоропреновому каучуку.

42 Природні та хімічні волокна

Матеріал параграфа допоможе вам:

складти уявлення про природні та хімічні волокна;
розрізняти природні та хімічні волокна;
дізнатися про сфери використання волокон.

Волокна — це довгі гнучкі нитки, які виробляють із природних або синтетичних полімерів

і використовують для виготовлення пряжі та текстильних виробів.

Розрізняють природні (натуральні) та хімічні волокна (схема 10).

Схема 10

Класифікація волокон

ВОЛОКНА

Природні			**Хімічні**	
рослинного походження	тваринного походження	мінерального походження	ж штучні	Ж синтетичні
бавовняне, лляне	¥ вовняне, шовкове	азбестове	У віскозне, ацетатне	капрон, найлон, лавсан та ін.

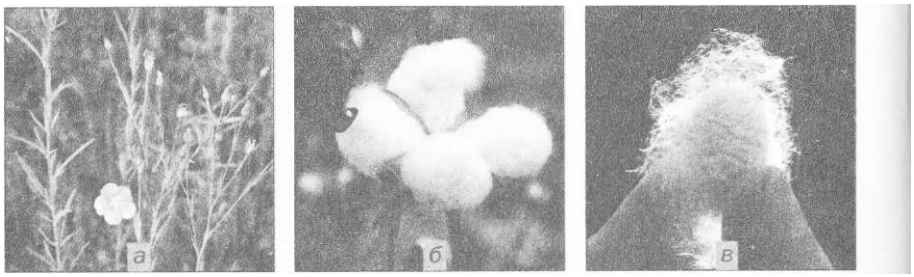
Природні волокна. Рослинні волокна можуть формуватись у стеблах і листі (конопля, льон), у насінні (бавовник) (мал. 139, *а, б).* їх основа — целюлоза.

Тваринні волокна є білковими полімерами. Більшу частину вовни дає вівчарство. Шовк — продукт виділення особливих залоз тутового шовкопряда (мал. 139, *в).*

Лляне і бавовняне волокна мають достатню термічну стійкість, хороші механічні властивості. Вовняне волокно вирізняється високою еластичністю, а шовкове — міцністю й характерним блиском (мал. 140).

Мал. 139. Льон (а), бавовник (б), кокон шовкопряда (в)

• Назвіть сфери використання названих природних волокон.



Мал. 140. Тканини із природних волокон: а — азбестова; б — лляна; в — шовкова

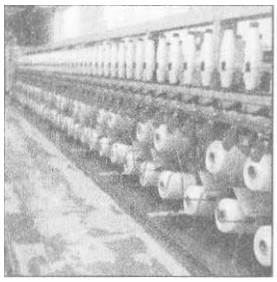
До мінеральних волокон належить азбестове. Із нього виготовляють фільтри, брезент, тканини для захисного одягу, шифер, спеціальні папір і картон, тепло- та електроізоляційні покриття.

Хімічні волокна виробляють із деяких полімерів лінійної будови. Ці полімери спочатку розплавляють або розчиняють в органічних розчинниках, а потім пропускають утворену рідину крізь дуже малі отвори. При цьому утворюються довгі й тонкі нитки (мал. 141).

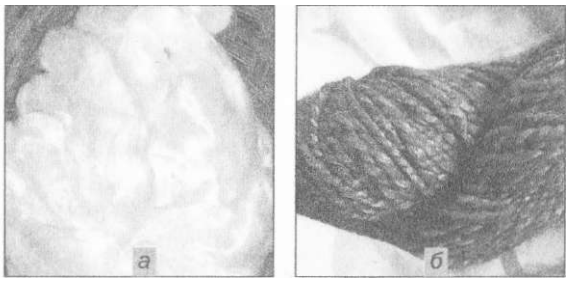
Розрізняють штучні й синтетичні хімічні волокна.

Штучні волокна добувають із природних полімерів, зазвичай целюлози. Вони мають деякі переваги, які стосуються технології та якості виробів із них.

Найважливішими штучними волокнами є ***віскозне*** й ***ацетатне*** (мал. 142). Основу віскозного волокна становить целюлоза, ацетатного — її ацетатні естери.



Мал. 141. Виробництво волокон



Мал. 142. Штучні волокна: а — віскозне; б — ацетатне

Віскозне волокно виробляють із деревної целюлози. Сировину очищують і обробляють лугом:

$$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + nNaOH \rightarrow$$

целюлоза

$$\rightarrow [C_6H_7O_2(OH)_2ONa]_n + nH_2O.$$

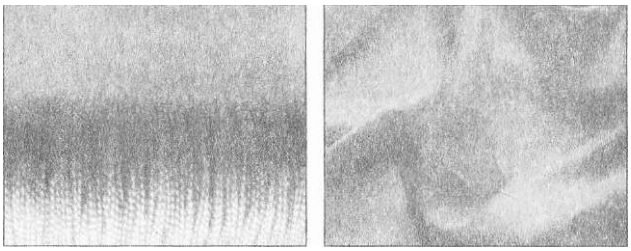
мононатрійцелюлоза

Потім у суміш добавляють рідкий карбон(IV) сульфід CS_2. Утворений в'язкий лужний розчин пропускають крізь тонкі отвори в розбавлену сульфатну кислоту. При цьому знову утворюється целюлоза, але вже у вигляді ниток.

Ацетатне волокно також добувають із целюлози (за реакцією естерифікації). Утворюються естери $[C_6H_7O_2(OH)(OCOCH_3)_2]_n$ ***і*** $(C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3)_n$, ***які розчиняють в ацетоні або спирті, а добутий розчин пропускають при нагріванні крізь тонкі отвори. Розчинник випаровується, й утворюється ацетатне волокно.***

Синтетичні волокна виробляють із органічних сполук, здійснюючи хімічні реакції. До цих волокон належать поліамідні, поліестерні, поліакрилонітрильне, поліпропіленове, полівінілхлоридне та ін. Вони переважають природні за міцністю, еластичністю, довговічністю, не руйнуються мікроорганізмами. Недоліки таких волокон — низька гігроскопічність, здатність до електризації. Із метою їх подолання до синтетичних волокон добавляють природні, а також речовини-антистатики.

Капрон (мал. 143) і *найлон — поліамідні волокна.* Вони міцні, витримують низькі температури, є хімічно стійкими (руйнуються лише концентрованими неорганічними кислотами), легко забарвлюються. Капронові нитки використовують для виготовлення канатів, риболовних сіток, різних тканин, трикотажних виробів. Найлонове волокно добавляють до інших волокон, використовують у виробництві килимового покриття.



Мал. 143. Нитки і тканина із капрону

Капрон і найлон добувають за реакціями полі-конденсації. Спрощені схеми реакцій:

$nH_2N\text{-}(CH_2)_5\text{-}COOH \rightarrow [\text{-}NH\text{-}(CH_2)_5\text{-}CO\text{-}]_n$,

є-амінокапронова кислота *капрон*

$nH_2N(CH_2)_6\text{-}NH_2 + nHOOC\text{-}(CH_2)_4\text{-}COOH \rightarrow$

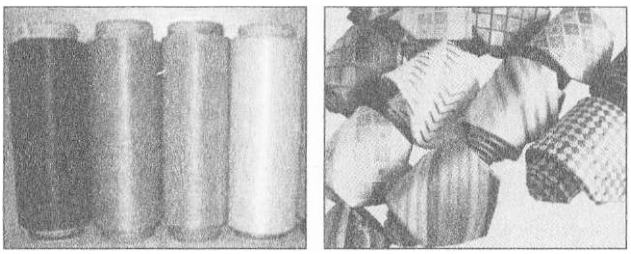
гексаметилендіамін *адипінова кислота*

$\rightarrow [\text{-}NH\text{-}(CH_2)_6\text{-}NH\text{-}CO\text{-}(CH_2)_4\text{-}CO\text{-}]_n$.

Лавсан — поліестерне волокно (мал. 144). Воно нагадує вовну, але є міцнішим. Вироби із цього волокна не потребують прасування.

Лавсан руйнується кислотами і лугами, стійкий до ацетону та інших органічних розчинників. Нитки із лавсану мають низьку гігроскопічність, тому їх використовують у сумішах із бавовною, льоном або вовною. Лавсан є термостійким, погано загоряється й не обвуглюється.

Поліестерне волокно застосовують для виготовлення бензино- і нафтостійких шлангів, канатів, риболовних тралів, електроізоляційних матеріалів, вітрил, декоративних тканин, трикотажу, штучного хутра, ковдр, а також у виробництві шин.



Мал. 144. Нитки і краватки з поліестеру

Лавсан добувають за реакцією поліконденсації:

пНООС-^^-СООН + пНОСН$_2$-СН$_2$ОН—-Що>

терефталева кислота етиленгліколь

О О

-> [-С-(()}~С-0-СН$_2$-СН$_2$-0-]$_n$.

поліетилентерефталат (лавсан)

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 23
Відношення синтетичних волокон до нагрівання, розчинів лугу і кислоти

Розгляньте видані вам зразки тканин із синтетичних волокон. Опишіть їх зовнішній вигляд.

Візьміть пінцетом шматочок кожної тканини і внесіть у полум'я. Які тканини горять, плавляться? У яких випадках з'являється запах?

Дослідіть дію розбавлених розчинів натрій гідроксиду і сульфатної кислоти на кожну тканину.

Результати всіх експериментів занесіть до таблиці:

Назва волокна	**Зовнішній вигляд тканини**	**Відношення волокна**		
		до нагрівання	**до розчину лугу**	**до розчину кислоти**

ВИСНОВКИ

Волокна — довгі гнучкі нитки, які мають полімерну основу й використовуються для виготовлення пряжі та текстильних виробів.

Розрізняють природні (натуральні) і хімічні волокна. Основою рослинних волокон є целюлоза, а тваринні волокна мають білкове походження. Хімічні волокна (штучні, синтетичні) виробляють із полімерів лінійної будови.

Волокна використовують у виробництві тканин різного призначення, канатів, технічних матеріалів.

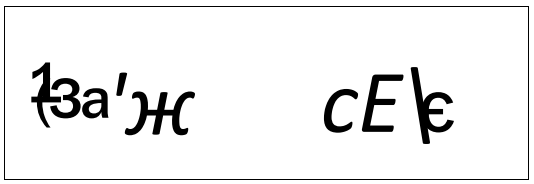
9 *я*

356. Назвіть найважливіші природні волокна. Яка хімічна основа кожного з них?

357. Які переваги і недоліки мають синтетичні волокна порівняно з натуральними?

358. Поліамідне волокно енант добувають, здійснюючи реакцію поліконденсації ш-аміноенантової кислоти H_2M-(CH_2)б-COOH. Складіть схему реакції та обчисліть масу волокна, яку можна добути зі 100 кг вихідної сполуки.

359. Розшифруйте позначки на ярлику до спортивної куртки (мал. 145). Використайте відомості, наведені в тексті підзаголовком «Прасування тканин», а також інформацію з Інтернету,



Мал. 145. Позначки з догляду за тканиною

Л

(для допитливих

! Прасування тканин

Вам відомо, що натуральні й синтетичні волокна мають різну термічну стійкість. Перед прасуванням тканини спеціальним регулятором встановлюють максимальну температуру праски, за якої волокно ще не руйнується (відповідна речовина не розкладається, не плавиться, і не загоряється). Синтетичні волокна не є термостійкими, тому тканини < з них або не прасують, або прасують за мінімальної температури пра- ; ски (до 120 °С). На такий режим прасування вказує крапка на прасці, • зображеній на ярлику до тканини. Шовк і вовна витримують температуру до 160 °С (дві крапки на зображенні праски). Найбільш термостій- | кими є лляне і бавовняне волокна. При прасуванні тканин із них температура може перевищувати 160 °С (три крапки на прасці).

Оптичні волокна

Серед новітніх матеріалів особливе місце посідають волокна з високою прозорістю, які здатні «транспортувати» світлові промені на великі відстані завдяки явищу повного внутрішнього відбиття. Це — оптичні волокна. їх виготовляють із кварцу, спеціального скла (фторидного, фосфатного), деяких органічних полімерів. Сфери застосування таких волокон різноманітні, Волоконно-оптичний зв'язок за швидкістю та обсягом інформації, що передається, має значні переваги порівняно з електронним зв'язком. Використання оптичних волокон у медицині дає змогу проникати в будь-які ділянки організму без хірургічного втручання, спостерігати на екрані монітора за процесами, що відбуваються у внутрішніх органах. Оптичні волокна слугують основою датчиків для вимірювання фізичних параметрів у різних середовищах. їх також застосовують для декоративного освітлення.

7ш розділ
Роль хімії в житті суспільства

Ми живемо у світі речовин. їх кількість невпинно зростає за рахунок тих, які добувають учені в лабораторіях за допомогою хімічних реакцій. Нові речовини та матеріали на їх основі, які виявляються кращими і корисніші за відомі, набувають широкого використання в різних сферах.

Із розвитком промисловості, енергетики, транспорту, покращенням добробуту людей у довкілля потрапляє все більше відходів виробництва і споживання. Вони порушують екологічну рівновагу, завдають шкоди живим організмам.

У цьому розділі з погляду хімії висвітлено позитивні та негативні тенденції сучасного розвитку цивілізації, указано важливі кроки, які має зробити людство, щоб зберегти природу та її багатства для наступних поколінь.

Хімія і розвиток цивілізації

Матеріал параграфа допоможе вам:

- зрозуміти значення хімії в розвитку суспільства;
- дізнатися про біо- і нанотехнології;

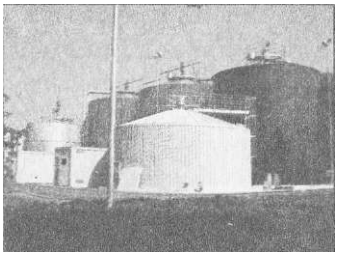
оцінити роль хімії в розв'язанні енергетичної та продовольчої проблем, створенні нових матеріалів.

Досягнення хімічної науки і технології — складові прогресу людства. Розвиток людства був би неможливим без використання досягнень хімічної науки, адже основу багатьох технологічних процесів становлять хімічні реакції. їх здійснюють у металургії, нафтопереробній промисловості, виробництві скла, мінеральних добрив, полімерів, цементу, коксу, вапна, соди, метанолу, інших неорганічних і органічних сполук. Перетворення речовин відбуваються на підприємствах легкої та харчової промисловості.

Хімія і проблеми сировини. У різних технологіях застосовують речовини, на які багата природа, — воду, повітря та його компоненти, гірські породи, руди, мінерали, нафту, природний газ, вугілля, целюлозу тощо. Більшість природних ресурсів обмежена. Тому їх потрібно витрачати економно і переробляти з найвищим виходом корисних речовин і мінімальною кількістю відходів. При цьому необхідно економити паливо, електроенергію, запроваджувати оптимальні релсими здійснення реакцій. Розроблення ефективних технологічних процесів є одним із основних завдань, які розв'язують хіміки разом з іншими спеціалістами.

Цікаво знати
Згідно з прогнозами, розвіданих запасів нафти та газу вистачить людству на 50 років.

Будь-яке виробництво неможливе без відходів. їх переробка має бути обов'язковою, комплексною і максимально повною, із залученням хімічних реакцій, насамперед для знешкодження токсичних речовин. Відходи, які використовуються чи переробляються, називають вторинними ресурсами. Промовистими є такі цифри: новий автомобіль містить у середньому 40 % регенерованого металу, літак — 60 % регенерованого алюмінію, а золота прикраса — 90 % регенерованого золота.



Мал. 146. Установка з виробництва біогазу

Біотехнології. Останнім часом у промисловість та інші сфери виробництва впроваджують технології, що істотно відрізняються від традиційних. Особливе місце серед них посідають ***біотехнології*** — процеси перетворення речовин за участю мікроорганізмів або продуктів їх життєдіяльності.

Однією з перших біотехнологій, яку застосувала людина, був процес виготовлення вина із соків винограду, інших ягід і фруктів. Як відомо, бродіння вуглеводів з утворенням етанолу спричиняють дріжджі, наявні на поверхні плодів. За участю інших мікроорганізмів скисає молоко внаслідок молочнокислого бродіння. Ці процеси нині широко використовують у харчовій промисловості, а також для добування горючого біогазу з рослинних решток (мал. 146).

Сфера застосування біотехнологій постійно розширюється. У сільському господарстві хімічні засоби захисту рослин замінюють біопрепаратами. Із біотехнологіями пов'язане виробництво медичних препаратів для профілактики і лікування інфекційних та інших хвороб. У галузі охорони довкілля використовують здатність певних бактерій та мікроорганізмів розкладати нафту і нафтопродукти, токсичні сполуки у промислових і побутових стічних водах. Досягнення біотехнологій ми застосовуємо і в побуті. Наприклад, сучасні пральні порошки містять біодобавки, здатні розкладати органічні забруднення на тканинах.

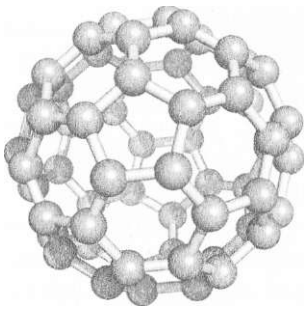
Термін «біотехнологія» використовують не тільки в промисловій сфері, а й у наукових дослідженнях, наприклад у галузі генної інженерії.

Біотехнології економічно вигідні й екологічно безпечні. Однак їх розроблення передбачає здійснення тривалих і складних експериментів, бо процеси, у яких беруть участь мікроорганізми, відбуваються повільно.

Найбільш перспективним для України є застосування біотехнологій у сільському господарстві та медицині, а також виробництво біопалива. Спеціалістів відповідної кваліфікації готують вищі навчальні заклади.

Нанотехнології. Крім біотехнологій, нині інтенсивно розвиваються *нанотехнології* — технології добування та використання речовин, розміри часточок яких вимірюються нанометрами (1 нм = $1СГ^{9}$ м)[1]. Матеріали, які складаються із таких часточок, називають *наноматеріалами.* Деякі з них є дуже міцними й водночас легкими і гнучкими. Із них виробляють тонкі монітори для комп'ютерів, мініатюрні електронні прилади, фільтри для очищення води і повітря від найдрібніших твердих домішок. Для надання наноматеріалу потрібних властивостей учені визначають оптимальні розміри часточок та їх розміщення в речовині.

Фармацевтичні препарати, створені із залученням нанотехнологій, є ефективними при лікуванні багатьох хвороб, оскільки здатні діяти на певні ділянки організму, не впливаючи на інші. Прикладом таких лікарських засобів може слугувати водна суспензія наночасточок срібла, що виявляє антимікробну дію.

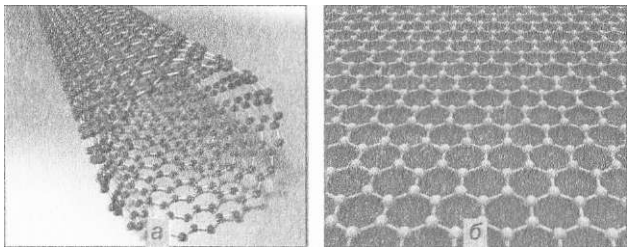


Мал. 147.
Модель молекули фулерену C_{60}

Після того як відкрили фулерени (мал. 147), ученим удалося створити вуглецевий матеріал -— *нанотрубки.* Це часточки циліндричної форми, порожні всередині; їх діаметр становить від кількох нанометрів до кількох десятків нанометрів. Вони мають вигляд згорнутих у трубки шарів атомів Карбону (мал. 148, *а),* сполучених один з одним так само, як і в графіті.

Одне із застосувань нанотрубок пов'язане з каталітичними реакція-

[1] Аналогічні розміри мають великі атоми, а також багато молекул.



Мал. 148. **Моделі нанотрубки (а) і графену (б)**

ми. Вуглець — хімічно пасивна речовина, а нанотрубки мають розвинуту поверхню. їх діаметр дає змогу під час проходження газів і рідин багатьом молекулам контактувати зі стінками матеріалу, на яких попередньо закріплюють молекули каталізатора, і підвищувати свою активність. На поверхні карбонової нанотрубки можна «прищеплювати» різні функціональні групи і змінювати властивості цього матеріалу як каталізатора.

Нещодавно стало відомо про надтонкий матеріал *графен.* Його основа — шар атомів Карбону (рис. 148, б), аналогічний існуючим у графіті. Графен було випадково виявлено на скотчі, який перед цим контактував із поверхнею графіту. За фізичними властивостями цей матеріал має багато переваг порівняно з кремнієм (силіцієм), на використанні якого ґрунтується сучасна мікроелектроніка. Відкривачі й дослідники графену А. Гейм і К. Новосьолов отримали Нобелівську премію з фізики в 2010 р.

Дослідження в галузі наноматеріалів і нанотехнологій потребують використання наукового обладнання із широкими можливостями, сучасних методів моделювання будови речовин, потужної обчислювальної техніки.

Хімія та енергетичні проблеми. Характерною ознакою прогресу людства є розвиток атомної енергетики. Добувати уран із руди, виробляти паливо для ядерних реакторів, переробляти радіоактивні відходи допомагає наука хімія.

У промисловості, техніці, транспортних засобах, повсякденному житті широко застосовують акумулятори, гальванічні та паливні елементи. їх роботу забезпечують окисно-відновні реакції. У наш час учені розробляють ефективні хімічні джерела струму, які не містять сполук Плюмбуму, Кадмію, інших токсичних речовин.

Сонячні промені — невичерпне джерело енергії. Використовувати їх допомагають сполуки, які перетворюють енергію світла на електричну. Учені ведуть постійний пошук таких сполук, розробляють методи їх добування.

Хімія і створення нових матеріалів. Розвиток сучасної техніки, виробництво комп'ютерів, засобів зв'язку і запису інформації, створення космічних апаратів неможливі без використання нових матеріалів із необхідними електричними, магнітними, оптичними властивостями, високою термо- і морозостійкістю. Винайдені хіміками пластмаси дедалі частіше замінюють скло, метали, кераміку. Будучи легкими, міцними, вони не зазнають корозії; їх легко обробляти й надавати їм певної форми. Такі матеріали використовують в експериментальних зразках комп'ютерів, які нагадують лист картону, половина якого є монітором, а друга — сенсорною клавіатурою.

Хімія і продовольча проблема. Зростання чисельності населення на планеті потребує збільшення виробництва харчових продуктів. Однак багато країн, переважно малорозвинуті, відчувають їх нестачу. Ґрунти із часом втрачають родючість, сільськогосподарські рослини все більше потерпають **від** хвороб і шкідників.

Мал. 149,
Хімічні засоби захисту рослин

Розв'язати продовольчу проблему допомагають мінеральні добрива, засоби захисту рослин (мал. 149). Для підвищення продуктивності тваринництва використовують білкові кормові добавки.

Харчові продукти недостатньо виробляти в необхідній кількості. Потрібно забезпечити їх зберігання. Учені займаються пошуком ефективних і водночас безпечних консервантів, стабілізаторів, емульгаторів.

Викладений у параграфі матеріал доводить, що *розвиток нашої цивілізації без впровадження досягнень хімічної науки та технології неможливий.*

ж г а ш

Основу багатьох промислових технологій становлять хімічні реакції. Розширюється сфера використання біотехнологій — процесів перетворення речовин за участю мікроорганізмів. Пріоритетними напрямами розвитку хімії є дослідження наноматеріалів і розроблення способів їх добування (за допомогою нанотехнологій).

Хімічна наука досягла значних успіхів у створенні матеріалів із заданими властивостями, які поступово замінюють традиційні, допомагають у розв'язанні енергетичної проблеми.

Хімія забезпечує сільське господарство необхідними добривами, засобами захисту рослин, сприяючи збільшенню виробництва продуктів харчування.

О ш

360. Назвіть кілька видів природної сировини, з якої добувають органічні речовини.

361. Які вимоги, на вашу думку, мають висуватися до матеріалів, що використовують: а) у космічній техніці; б) на морських суднах?

362. Уявімо ситуацію, коли запаси нафти на Землі майже вичерпалися. Якими можуть бути дії розвинутих країн із наближенням такої кризи?

363. Запитайте у своїх рідних, як вони готують тісто для пирога, млинців, інших борошняних виробів. Який рецепт можна вважати біотехнологією?

364. Знайдіть на маркуванні батарейок інформацію про елементи та сполуки, які містяться в цих джерелах струму.

365. Які хімічні елементи є головними складовими тих чи інших мінеральних добрив? Запишіть формули і назви відомих вам добрив різних видів.

366. Метод переробки відходів гіпсу полягає у пропусканні суміші двох об'ємів амоніаку й одного об'єму вуглекислого газу в суспензію гіпсу у воді. Напишіть рівняння відповідної реакції та укажіть сфери використання її продуктів. Яка маса кожної сполуки утвориться з 1 т відходів, якщо масова частка гіпсу $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ В них становить 43 %, а відносний вихід продуктів реакції — 90 %?

44 Хімія і людина

Матеріал параграфа допоможе вам:

усвідомити важливість «хімічної» безпеки в нашому житті;

отримати інформацію про взаємозв'язки хімії та медицини;

зрозуміти, якої шкоди завдає людині вживання алкоголю і тютюнопаління.

Мал. 150.
Товари побутової хімії

Хімія і повсякденне життя. Із досягненнями хімії ми стикаємося щодня. Важко уявити життя без мийних засобів, засобів для чищення, фарб, лаків, будівельних сумішей, органічних розчинників, інших побутових хімікатів (мал. 150), речовин, які застосовують для ведення домашнього господарства.

Слід пам'ятати, що майже всі речовини можуть завдавати шкоди нашому організму. Тому перед використанням хімікату потрібно уважно ознайомитися з поданими на упаковці рекомендаціями щодо поводження з ним. У більшості випадків вони аналогічні правилам техніки безпеки в шкільному хімічному кабінеті. Згідно із цими рекомендаціями необхідно:

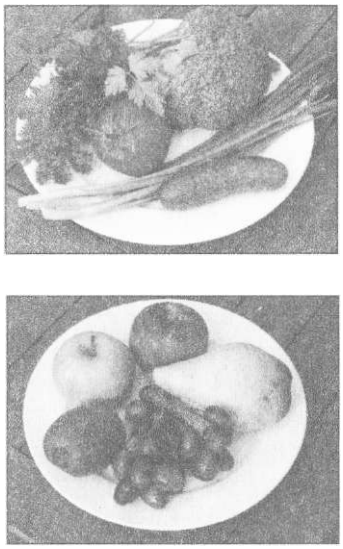
- використовувати побутовий хімічний засіб лише за призначенням;
- працювати з ним в одязі, який максимально закриває шкіру;
- запобігати вдиханню пари або пилу речовини, потраплянню її в очі;
- не тримати засіб поблизу харчових продуктів і питної води;
- після роботи вимити руки з милом, а за потреби також обличчя, прополоскати рот і горло водою;
- герметично закривати упаковку із залишками засобу.

Велике значення для нашого здоров'я мають чистота повітря, яким ми дихаємо, і якість води, яку п'ємо.

Якщо в сільській місцевості повітря достатньо чисте, то в місті воно забруднене техногенним пилом, продуктами неповного згоряння пального, іншими шкідливими речовинами. Одним із основних завдань міської влади є контролювання ступеня забруднення повітря і вживання заходів щодо його зменшення.

Якісна питна вода — не менш важлива умова збереження здоров'я людини. На жаль, іноді із кранів тече вода з неприємним запахом і присмаком, а у відрах, скляних ємностях із водою з часом утворюється осад. Тому дедалі популярнішими стають побутові пристрої для додаткового очищення питної води (мал. 151).

Мал. 151. Побутовий фільтр для очищення води



Мал. 152. Овочі та фрукти — джерело вітамінів

Люди надають перевагу використанню води з перевірених підземних джерел, колодязів. Мешканці деяких міст України беруть воду із бюветів, у які вона надходить із глибини у сотні метрів. Достатньо якісною є бутильована вода.

Велике значення для нашого здоров'я мають повноцінне харчування, оптимальне співвідношення білків, жирів і вуглеводів у раціоні, наявність достатньої кількості вітамінів (мал. 152), деяких інших речовин, а також мікроелементів.

Із метою надання харчовим продуктам привабливого зовнішнього вигляду, поліпшення смакових якостей, збільшення терміну зберігання у них вводять так звані харчові добавки — барвники, приправи, емульгатори, стабілізатори, консерванти. Не всі вони є корисними. Деякі речовини, постійно потрапляючи в організм людини, негативно впливають на шлунок і печінку, загострюють хронічні хвороби, спричиняють алергію, вражають імунну систему. Це особливо небезпечно для молодого організму. Слід надавати перевагу харчовим продуктам без синтетичних добавок, виготовленим із натуральної, екологічно чистої сировини.

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 24
Аналіз складу харчових продуктів, косметичних засобів, побутових хімікатів за їх маркуванням

Розгляньте етикетки на пакетах майонезу, соусу, гірчиці. Чи містять ці харчові продукти білки, жири, вуглеводи, карбонові кислоти, а також неорганічні сполуки, генетично модифіковані організми (ГМО)? Чи є в них барвники, емуль-

гатори, інші харчові добавки, що позначають літерою Е і цифрами? Удома, скориставшись Інтернетом, з'ясуйте, штучною чи природною є кожна добавка, чи не шкодить вона організму.

За описом косметичних засобів і побутових хімікатів (мийних засобів, засобів для чищення), вміщеним на упаковках або етикетках, охарактеризуйте їх склад. Прочитайте правила поводження з косметичними засобами, побутовими хімікатами та обґрунтуйте їх.

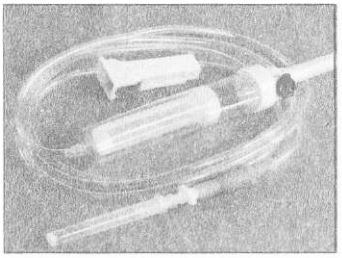
ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 25
Виявлення деяких неорганічних і органічних речовин у харчових продуктах, косметичних засобах і побутових хімікатах

У цьому досліді вам може бути запропоновано виявити:

- луги і кислоти в мийних засобах, засобах для чищення;
- карбонати в зубній пасті, розпушувачі тіста;
- гліцерин у кремі для рук, шампуні;
- глюкозу в меді, виноградному соку, солодощах;
- крохмаль у вареній ковбасі, соусі, твердому концентраті киселю або крему;
- білок і амінокислоти у вареній ковбасі, яєчному порошку.

Визначте, які реактиви вам знадобляться для виконання поставлених завдань і за яких умов потрібно здійснювати кожний експеримент. Які зовнішні ефекти вкажуть на наявність певної сполуки в досліджуваному зразку?

Хімія і медицина. У наш час помітно зростає кількість лікарських засобів. Нові медичні препарати дають змогу успішно боротися з хворобами, які раніше вважалися невиліковними. Багато речовин, що входять до складу лікарських засобів, добувають хіміки. До цих речовин висувають жорсткі вимоги; вони мають бути дуже чистими, оскільки домішки можуть завдати серйозної шкоди організму.



Мал. 153.
Система переливання крові

Мал. 154.
Алкоголь — небезпека

Фармацевтичні препарати, вироблені різними фірмами, часто мають різні назви, хоча містять одну й ту саму речовину. Про це свідчать інструкції до них. Не можна вживати одночасно кілька препаратів без дозволу лікаря: вони здатні взаємодіяти один з одним, втрачаючи при цьому лікувальні властивості, а продукти реакції — зашкодити хворому.

Медицина отримує від хіміків і технологів різні матеріали. Серед них — пластмасові оболонки для шприців, системи переливання крові (мал. 153), деталі із хімічно інертного і сумісного з організмом танталу, які використовують для з'єднання кісток.

Про шкоду від зловживання алкоголем і тютюнонаління. Загальновідомо, що алкоголь небезпечний для організму (мал. 154). Невелика кількість етилового спирту спричиняє сп'яніння (він швидко всмоктується в кров). Людина в такому стані поводиться неприродно, не контролює своїх дій, у неї порушуються пам'ять і координація рухів, нерідко настає втрата свідомості.

Значні дози алкоголю призводять до отруєння. У людей, які постійно вживають спиртні напої, виникає хронічне захворювання — алкоголізм. Його наслідками є підвищений тиск, ураження нервової та серцево-судинної систем, печінки, підшлункової залози. Крім того, людина поступово деградує як особистість.

Тютюнопаління також небезпечне для здоров'я. На жаль, курці становлять значну частину людства, хоча добре відомо, що в тютюновому димі міститься багато токсичних речовин (мал. 155).

ацетон |
толуол
метанол
амоніак
нафталін
ціановодень
нікотин
чадний газ
фенол
бензопірен I
Ссі, Аз, ^{210}Po |

Мал. 155. Деякі токсичні елементи і речовини, що потрапляють в організм курця

Появу цієї шкідливої звички спричиняє нікотин. Його масова частка в сухому листі тютюну[1] становить 2—3 %.

Нікотин — летка оліїста рідина зі специфічним запахом, яка розчиняється у воді й органічних розчинниках. Сполука руйнує нервову систему, звужує кровоносні судини. Це — сильна отрута; смертельна доза становить 50—100 мг.

Крім нікотину, тютюновий дим містить токсичний карбон(II) оксид (чадний газ). Потрапляючи в легені, він блокує здатність гемоглобіну переносити кисень до клітин організму. Температура всередині цигарки сягає 850 °С. За цих умов відбуваються різні реакції та утворюється понад 3600 сполук, у т. ч. речовини-канцерогени. Смола від тютюнового диму накопичується в легенях, а фермент еластаза, розщеплюючи смолу, одночасно руйнує живу тканину, У курців виникають тяжкі захворювання легенів, зокрема онкологічні.

Тютюновий дим шкодить не тільки курцям, а й тим, хто перебуває поряд із ними. їх називають «пасивними курцями». Особливо небезпечне паління для молодого і жіночого організмів.

Нікотин зараховують до наркотичних речовин. *Наркотики* — речовини (переважно отруйні) рослинного і штучного походження, які сильно впливають на центральну нервову систему. Людина легко звикає до цих речовин, потрапляє в психічну і фізичну залежність від них, втрачає інтерес до життя, а потім гине. Це трагедія не лише для самого наркомана, а й для його рідних і друзів.

Якщо ви дбаєте про своє здоров'я і здоров'я близьких людей, то маєте відмовитись від зловживання алкоголем, тютюнопаління й переконати друзів і знайомих наслідувати ваш приклад.

[1] Насправді рослина містить солі нікотину, утворені ним як органічною основою та кислотами — оцтовою, лимонною, яблучною.

У побуті ми використовуємо різні хімікати. Вони можуть зашкодити нашому здоров'ю, тому необхідно дотримуватися правил поводження із цими речовинами.

Хімічне забруднення повітря, питної води, багато харчових добавок негативно впливають на організм людини.

Досягнення хімічної науки успішно впроваджуються в медицину. Зростає кількість ефективних фармацевтичних препаратів, нових полімерних матеріалів, які широко застосовують у лікувальній практиці.

Серйозної шкоди здоров'ю завдає зловживання алкоголем і тютюнопаління. Для того щоб прожити довге і повноцінне життя, необхідно позбутися цих шкідливих звичок.

Мал. 156. Позначки на упаковці засобу для чищення

367. Скориставшись Інтернетом, з'ясуйте зміст позначок на упаковці засобу для чищення (мал. 156).

368. Прочитайте етикетки на упаковках кількох харчових продуктів і з'ясуйте, чи містять вони харчові добавки.

369. Іноді з водопровідної або колодязної води із часом випадає трохи жовтуватого або бурого осаду. Які речовини, на вашу думку, можуть у ньому міститись?

370. За матеріалами Інтернету підготуйте стисле повідомлення про хімічні перетворення етанолу в організмі людини і токсичність утворюваних сполук.

371. Розкажіть про шкідливість тютюнопаління. Хто з ваших знайомих подолав цю звичку і що він зробив для цього?

372. Згідно з вимогами, що висуваються до питної води, концентрація сульфат-іонів у ній не має перевищувати 500 мг/л. Чи задовольняє ці вимоги вода, в і л якої розчинився в природних умовах 1 г гіпсу $Ca50_4 \cdot 2H_20$?

45 ХІМІЯ і довкілля

Матеріал параграфа допоможе вам:

дізнатися про основні джерела хімічного забруднення атмосфери, гідросфери, літосфери;
оцінити роль хімії в скороченні викидів шкідливих речовин у довкілля.

Хімічне забруднення **довкілля.** До середини XIX ст. у навколишнє середовище потрапляла невелика кількість техногенних забруднень. Природа, як гігантська хімічна лабораторія, встигала розкладати шкідливі речовини і відновлювала екологічну рівновагу. Пізніше негативний вплив людини на довкілля став швидко зростати. Збільшувалось забруднення повітря, гідросфери, поверхні Землі, зникло багато видів рослин і тварин. Нині вчені вважають, що прийшов час «лікувати» нашу планету. Вони закликають змінити споживацьке ставлення до її ресурсів, берегти природу, її багатства для наступних поколінь.

Мал. 157.
Смог у Москві влітку 2010 р

На уроках хімії в 10 класі ви обговорювали екологічні проблеми, пов'язані з викидами в довкілля неорганічних сполук промисловими підприємствами, автотранспортом, теплоелектростанціями. Вам відомі такі явища, як смог (мал. 157) і кислотні дощі. Вони значною мірою

зумовлені підвищенням вмісту газів CO, 80_2, N0, N02 [в] повітрі над промисловими регіонами і мегаполісами. На уроках також ішлося про руйнування озонового шару в атмосфері, його причини й негативні наслідки. Із матеріалу цього параграфа ви дізнаєтесь і про забруднення навколишнього середовища органічними речовинами.

В Україні щороку в атмосферу потрапляє 6—7 млн т шкідливих речовин. Міста, найбільш забруднені техногенними викидами, розташовані переважно в Донецькій, Луганській і Дніпропетровській областях. Екологічну ситуацію в Маріуполі та Кривому Розі **ВВсІЖВ"** ють вкрай незадовільною. Дуже забруднюють довкілля теплоенергетичні підприємства і металургійні заводи, а у великих містах — автотранспорт (у Києві на нього припадає приблизно 90 % усіх забруднень). Від промислових стоків найбільше потерпають річки Дніпро і Сіверський Донець.

В атмосферу потрапляють продукти неповного згоряння пального в автомобільних двигунах, газові викиди хімічних підприємств. Концентрації в повітрі вуглеводнів, фенолу, формальдегіду, аніліну, інших шкідливих органічних речовин над промисловими центрами нерідко перевищують дозволені законодавством у 10 і більше разів. Фреони ССІдБ[1], СНС1$Г_2$, $С_2С1_2Р_4$ та інші, які виділяються із несправної холодильної техніки, аерозольних упаковок, руйнують озоновий шар.

Цікаво знати
Хімічно пасивні органічні сполуки, які становлять особливу небезпеку для живих організмів, називають стійкими органічними забрудниками (скорочено — СОЗ).

Істотного забруднення зазнає й гідросфера. Морська фауна, жителі приморських районів потерпають від катастроф танкерів, які перевозять нафту і нафтопродукти, аварій на нафтових платформах. Щороку у Світовий океан виливається в середньому 10 млн т нафти. Кожна тонна її розтікається на поверхні води площею понад 12 км^2 і створює плівку, яка ізолює воду від атмосфери і порушує екологічну рівновагу. Річки дуже забруднюються

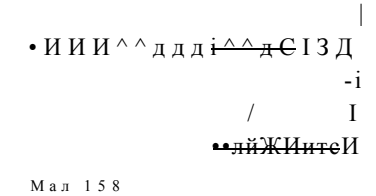
стічними водами нафтопереробних заводів, підприємств органічного синтезу, які виробляють галогенопохідні вуглеводнів, органічні кислоти, альдегіди, фенол та його похідні, ароматичні сполуки, барвники. На окиснення органічних речовин, що потрапили у воду, витрачається розчинений у ній кисень. Від його нестачі гинуть риба та інші живі істоти. Останнім часом різко зростають масштаби засмічення природних водойм відходами полімерних матеріалів і пластмас, зокрема використаними пластиковими пляшками, поліетиленовими пакетами. Негативно впливають на мешканців річок і озер залишки синтетичних мийних засобів.

Цікаво знати

Щороку в ґрунт, річки й озера потрапляє 4 млн т пестицидів.

Земна поверхня також забруднюється відпрацьованими полімерними матеріалами та виробами з них, залишками мінеральних добрив, засобів захисту рослин від хвороб і шкідників, будівельних матеріалів, побутовим сміттям (мал. 133).

Хімія й охорона довкілля. Хіміки не лишаються осторонь проблем, пов'язаних із забрудненням довкілля, що постійно зростає. Вони розробляють ефективні методи очищення промислових газів, рідких стоків підприємств (мал. 158), переробки твердих відходів. Більшість цих методів передбачає здійснення хімічних реакцій із перетворенням шкідливих речовин на безпечні для живої природи.



Мал 158
Споруда для очищення промислових стоків

Якщо речовина-забрудник, що міститься у стічній воді підприємства, має кислотні властивості, то її звичайно нейтралізують вапном або вапняком (крейдою). У лужні стоки добавляють розчин сульфатної кислоти. Це найдешевша кислота, а продукти реакцій за її участю — сульфати — як правило, безпечні для довкілля. Дуже ефективним і економічно вигідним є знешкодження кислих і лужних промислових

стоків шляхом їх змішування. У цьому разі хімічні реагенти не потрібні. Іноді для очищення води після її використання в промисловості здійснюють реакції обміну з утворенням нерозчинних сполук токсичних елементів, які відокремлюють фільтруванням. Домішки речовин-окисників видаляють за допомогою таких відновників, як сульфур(IУ) оксид, ферум(II) сульфат, а речовини-відновники окиснюють киснем повітря, озоном, іншими речовинами.

Запропонуйте метод видалення йонів Купруму зі стічних вод електрохімічного виробництва.

У наш час хіміки розробляють матеріали, які не завдають шкоди природі (мал. 159). Деякі матеріали довговічні, стійкі щодо речовин довкілля, а інші поступово розкладаються в природних умовах з утворенням безпечних речовин. Учені також беруть участь у розв'язанні завдань, пов'язаних із переробкою різних відходів (мал. 160).

Екологічні проблеми виникають не лише через інтенсивний розвиток промисловості, транспортної сфери, енергетики, а й через

Мал. 159.
Кошик із екологічного матеріалу

Мал. 160.
Контейнер у школі для пластикових відходів

нестачу екологічних знань у людей, які проектують підприємства, дозволяють їх будувати, керують ними.

Сучасні хімічна наука і технологія покликані створити таку індустрію, яка б ґрунтувалася на виробничих процесах, безпечних для людей і довкілля. Хіміки разом з іншими спеціалістами мають зробити вагомий внесок в оздоровлення природи, призупинити негативний вплив цивілізації на неї.

Людство виходить на шлях стійкого розвитку. Серед стратегічних завдань кожної держави на цьому шляху:

- раціональне використання природних ресурсів;
- комплексна переробка сировини;
- впровадження енергозберігальних технологій, використання нетрадиційних джерел енергії;
- зменшення викидів парникових газів;
- збереження родючості ґрунтів і охорона природних водойм від забруднень;
- ефективна переробка відходів виробництва і споживання.

ВИСНОВКИ

Хімічне забруднення довкілля постійно зростає. Його основними джерелами є промисловість, енергетика й автотранспорт. Серйозної шкоди природі завдають побутові відходи.

Учені-хіміки розробляють методи очищення промислових газових викидів, рідких стоків від шкідливих речовин за допомогою хімічних реакцій, розв'язують проблеми переробки різноманітних відходів.

Серед головних завдань, що стоять перед людством, — забезпечення стійкого розвитку цивілізації й охорона природи.

9 в

373. Нерідко можна почути про забруднення водойм «важкими металами». Як ви розумієте такий вираз? Які частинки забруднюють воду?

374. Як хімічним способом можна видалити домішку фенолу з газових викидів хімічного підприємства?

375. Запропонуйте ідею переробки старих автомобільних шин.

376. Перед утилізацією побутових відходів зазвичай здійснюють їх сортування. Які речовини і матеріали доцільно вилучати при цьому? Як їх можна переробити чи використати?

377. Запропонуйте спосіб видалення із промислового газу, схожого за складом на повітря, домішки: а) амоніаку; б) сірководню. Напишіть відповідні хімічні рівняння.

378. Масова частка Сульфуру в зразку мазуту становить 1,28 %. Яку масу концентрованої сульфатної кислоти з масовою часткою H_2SO_4 96 % можна добути із оксидів Сульфуру, що утворюються на теплоелектростанції при спалюванні 100 т мазуту?

Післямова

Завершується ваше навчання у школі. Багато одинадцятикласників вступатимуть до університетів, інші розпочнуть трудове життя. Хімічні знання допоможуть кожному з вас розуміти явища, які відбуваються з різними речовинами в природі. Знаючи властивості речовин, що трапляються в повсякденному житті, ви правильно їх використовуватимете, не завдаючи шкоди собі, іншим людям, довкіллю.

Вивчаючи хімію, ви переконалися, наскільки цікава ця наука. Її невід'ємними складовими є неорганічна й органічна хімії. Кожного дня вчені-хіміки добувають сотні нових речовин, визначають їх склад, досліджують будову і властивості, допомагають застосувати їх на практиці.

Хімія — одна із природничих наук. Разом із фізикою, біологією, геологією, екологією, іншими науками про природу вона розкриває таємниці, пов'язані з виникненням нашої планети і життя на ній, створює наукову картину світу. Без розуміння природи людина не може стати особистістю.

Деякі випускники шкіл у майбутньому стануть хіміками. Будемо раді, якщо зробити такий вибір молодим людям допомогли наші підручники.

Бажаємо вам щасливого життєвого шляху, багатьох звершень і добрих справ.

Автори

Додаток

Хімічні властивості і способи добування насичених вуглеводнів

НАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ

АЛКАНИ
C_nH_{2n+2}

ЦИКЛОАЛКАНИ
C_nH_{2n}

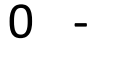
Хімічні властивості

1. Реакції заміщення

$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{hv\ або\ t°} CH_3Cl + HCl.$ + Cl, + ней.

2. Термічний розклад (реакції дегідрування)

$CH_3—CH_3 \quad CH_2=CH_2 + H_2;$

$2CH_4 \xrightarrow{} CH\equiv CH + 3H_2;$  + $3H_2$.

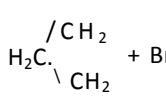
+ H_2;

$C_7H_{16} \xrightarrow{t°,\ кат.}$ + $4H_2$

3. Реакції ізомеризації

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{AlCl_3,\ t°}$
$CH_3-CH(CH_3)-CH_3$.

3. Реакції приєднання
(для сполук із n = 3 і 4)



4. Реакції окиснення[1]

$2CH_4 + 3O_2 \xrightarrow{} 2HCOOH + 2H_2O;$ і

[1] Алкани, циклоалкани та інші вуглеводні згоряють з утворенням вуглекислого газу і води.

$2CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 + 4CH_3COOH + 2H_2O.$

Добування

У промисловості із нафти і газу;

$nC + (n + 1)H_2 \xrightarrow{t,\ p,\ к} C_nH$, : (рідкі);

$nCO + (2n + 1)H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2} + nH_2O.$

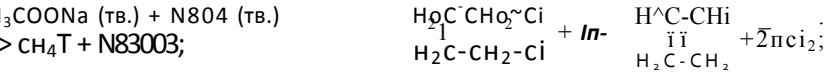
У лабораторії —

CH_3COONa (тв.) + NaOH (тв.) —> CH_4 + Na_2CO_3;

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \rightarrow CH_4 + C_3H_6$

У промисловості із нафти і газу.

У лабораторії —



Хімічні властивості і способи добування ненасичених вуглеводнів

НЕНАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ

АЛКЕНИ C_nH_{2n}

АГЇКІНИ C_nH_{2n-2}

Хімічні властивості

1. Реакції приєднання

$CH_2=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_3$;

$CH_2=CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br-CH_2Br$; (якісна реакція)

$CH_3-CH=CH_2 + HBr \rightarrow CH_3-CHBr-CH_3$;

$CH_3-CH=CH_2 + HOH \xrightarrow[t]{H_2SO_4} CH_3-CHOH-CH_3$.

$CH\equiv CH + H_2 \rightarrow CH_2=CH_2$

$CH_2=CH_2$

$\rightarrow CH_3-CH_3$;

$CH\equiv CH \xrightarrow{+Br_2} CHBr=CHBr \xrightarrow{+Br_2} CHBr_2-CHBr_2$ (якісна реакція);

$CH\equiv CH \xrightarrow{+HCl,\ t,\ к} CH_2=CHCl \xrightarrow{+HCl} CH_3-CHCl_2$;

$CH\equiv CH +$ CH_3-C?

2. Реакції полімеризації

$пCH_2=CH_2$-^> $[-CH_2-CH_2-]_п$;

$пCH_2=CH$ P'к> $[-CH_2-CH-$
CH_3 CH,

3. Реакції заміщення

$CH_2=CH-CH_3 + Ci_2$ -и
-> $CH_2=CH-CH_2CI$ + неї.

№C=C№ + H_2;

HC=CH + $Си_20$^-(£-н4
-> CиC=CCи| + H_20;
цегляно-червоний

HC=CH + A&O
->A£C=CA§ + H_20.
білий

4. Реакції окиснення

$сн_2$=$сн_2$і[^^2^> $сн_2$-$сн_2$.
OH OH

CH_3-C=C-CHз 3[01.H2o> $2CH_3COOH$.

Добування

У промисловості —

із нафти та інших
природних джерел;

$CH_3-CH_2-CH_3$-£^> $CH_3-CH=CH_2 + H_2$.

У лабораторії —

CHз-CHOH-CH_3 '' H250д (т т \
$CH_3-CH=CH_2 + H_20$;

$CH_3-CH_2-CH_2CI$ +
+ NaOH (спирт, р-н) -»
->• $CH_3-CH=CH_2$ + IMaCl + H_20.

У промисловості —

$2CH_4$ $C_2H_2 + 3H_2$;

$CaC_2 + 2H_20$ -> CH^CHT + Ca(0H}$_2$.

У лабораторії —

$CaC_2 + 2H_20$ $C_2H_2T + Ca(OH)_2$;

$CH_3-CHCI-CH_2CI$ +
+ 2KOH (спирт, р-н)
CH_3-CЬCH + 2KCI + $2H_20$.

Хімічні властивості і способи добування ароматичних вуглеводнів

АРОМАТИЧНІ ВУГЛЕВОДНІ

АРЕНИ

СпНпп-б

(бензен C_6H_6)

Хімічні властивості

1. Реакції заміщення

$C_6H_6 + Cl_2$ $C_6H_5Cl + HCl$;

$C_6H_6 + HI\backslash Ю_3$ (конц.) $\xrightarrow{Hr5_o4\ КОНЦ}$ $C_6H_5M0_2 + H_20$.

нітробензен

2. Реакції приєднання

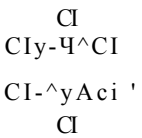
+ 3Н, '

CI

CIy-Ч^CI

CI-^yAci '

CI



3. Реакції окиснення

$C_6H_5CH_3 + 3[0]$ $C_6H_5C00H + H_20$;

$C_6H_5C_2H_5 + 6[0]$ $C_eH_5COOH + C0_2T + 2H_20$.

(Для бензену таких реакцій не вивчали.)

Добування

У промисловості —

із нафти та інших природних джерел;

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3-$^ $C_6H_6 + 4H_2$;

O O + 3H2'

3CH^CH ~~акт.вуг,ляя,~~ c_6H_6.

У лабораторії •

СкНс + СНоСІ $^{I, aici_3,}$ C_6H_5-CH_3 + неї;

C_6H_6 + CH_2=CH_2-^Ч C_6H_5-CH_2-CH_3;

$C_к$Н=- Cl + 2Na + Cl -CH, $C_я$Н.-СН, + 2MaCl.

Хімічні властивості і способи добування оксигеновмісних органічних сполук

ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

СПИРТИ	ФЕНОЛ
$C_nH_{2?+1}$0Н	$C_в$Н.ОН
(одноатомні)	

Хімічні властивості

1. Реакції з активними металами

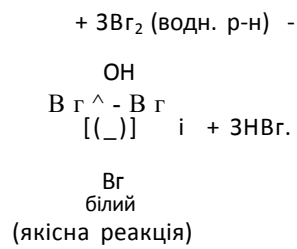
2С,Н.ОН + 2І\Іа -> 2С,Н=0ІЧа + НЛ. $2C_йHcOH$ + 2Ма -> $2C_кH$=0№ + Н,Т.

2. Реакції з лугами

$C_6H_5$0Н + №0Н C_6H_5ONa + $H_2$0.

3. Реакції з галогенами

(Реакції не вивчали)



(якісна реакція)

4. Реакції з галогеноводнями

C_2H_5OH + НВг C_2H_5Br + $H_2$0.

5. Реакції з альдегідами

СДНДОН + НСНО_:І^>

–> фенолоформальдегідні полімери.

6. Реакції з кислотами

$C_2H_5OH + CH_3COOH <^{H_2 3O_4 (конц Л}$ і

< > СН ОООС И + H_2O;

C_2H_5OH + НОМО,{конц.)^^^4

-> C_2H_5O[\IO_2 + H_2O.

(реакції естерифікації)

О + ЗНОМО2(конц.) -Нг50^конц і

ОН

ОН

[ОТ + $3H_2O$.

NO,

7. Реакції дегідратації

міжмолекулярної:

2СИ3ОН ь-н-ж т щ ^

-•> СН3-о-СН3 + H_2o;

внутрішньомолекулярної:

C_2H_5OH

—> СНО=СН„ + НОО.

8. Реакції окиснення[1]

первинних спиртів: (Реакції не вивчали)

C_2H_5OH + [0] -> CH_3-<$^{0}_{н}$ + H_2O;

вторинних спиртів:

CH_3-СН-СН3 + [о]

ОН

СН3-С-СН3 + H_2o,

ІІ

0

ацетон

9, Якісні реакції

Реакція в п. 3;

$3C_6H_5oH + PeCl_3$ $(C_6H_5o)_3Pe$ + 3HCl.

(р-н фіалкового кольору)

Спирти згоряють з утворенням вуглекислого газу і води.

Якісна реакція на багатоатомні спирти, молекули яких містять дві сусідні ОН-групи: 2СЇІ,0Н СН/Ш + $Си(OH)_2$ > $(CH_20H-CH_20)_2Си$ (темно-син.) + $2H_20$.

Добування

У промисловості —

$C0 + 2H_2I$^I»CH_30H;

$C_2H_4 + H_20$ і е Л> C_2H_5OH;

$C_6H_{12}0_6$ Ф-Р^ме"тм) $2C_2H_5OH + 2C0_2T$.

У лабораторії —

$C_6H_{13}Ci$ + IMaOH (водн. р-н) ->
-> $C_6H_{13}0H$ + N801.

У промисловості

із кам яновугільної смоли;
при крекінгу нафти;

C_6H_6 СвН.Сі C_6H_5OH.

У лабораторії —

C_6H_60№ + HC! -> C_6H_50H + N301.

ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

АЛЬДЕГІДИ

$C_{п}H_{2п+1}$ -с//0

КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

$C_{,,}H_{2п+1}$ $C^{-O}_{хон}$

(одноосновні)

Хімічні властивості[1]

1. Реакції приєднання

CH_3-<° + H_2-^> C_2H_5OH.

2. Реакції окиснення

$сн_3$-<°+[0]-> CH_3-C^н

3. Якісні реакції

CH_3-с'(оО н + А&о + мн3 ї, H_20

-> 2 А^+ CH_3-C^н4

(реакція «срібного дзеркала»)

CH_3CH0 + 20и(0H)$_2$ -4
CH_3C00H + $Си_20$ + $2H_20$.
оранж.-черв.

1. Реакції з металами

$2CH_3C00H$ + 2п
$(CH_3C00)_22п$ + H_2T.

2. Реакції з основними оксидами

$2CH_3C00H$ + BaO
-> $(CH_3C00)_2Ba$ + H_20.

3. Реакції з основами

$2CH_3C00H$ + M£(OH), ->
-» $(CH_3COO)_2M$§ + $2H_20$;

CH_3C00H + MH_3 • H_20.....»
-> $CH_3COOИH_4$ + H_20.

[1] Альдегіди і пари кислот згоряють з утворенням вуглекислого газу і води.

4. Реакції із солями

$2CH_3COOH + CaC0_3$ ->
$(CH_3C00)_2Ca + C0_2T + H_20$.

5. Реакції зі спиртами (естерифікації)

$CH_3COOH + C_2H_5OH$ ^ ^ >
$CH_3COOC_2H_5 + H_20$.

Специфічні реакції за участю мурашиної кислоти:

HCOOH + A£$_20$ +
-> 2A£I + (NN4)2003;
(реакція «срібного дзеркала»)

HCOOH + [O] -> $C0_2T + H_20$;

HCOOH $^{I,\ H23O4\ (КОНЦ.)}$> coT + н,о.

Добування

У промисловості —

$CH_2=CH_2$ + [O] CH_3CHO;

C_2H_50H $CH_3CHO + H_2$;

C_2H_5OH + [O] $CH_3CHO + H_20$;

CH=CH + H_20-! CHяCHO.

У лабораторії —

C_2H_5OH + [O] $CH_3CHO + H_20$;

CH_3-CH $\frac{\text{^сГГРП-он}}{\text{сГ+нЛ-он}}$ -2HCl

-> CH_3-CH /0н|1 CH_3-C?

У промисловості —

$2CH_3$-CH_2-CH_2-CH_3 + 50_2 і ^ >
$4CH_3C00H + 2H_20$;

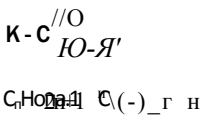
CH_3CHO + [0]ч* CH_3COOH;

CO + №OH-^> HC00№4*%.
> HCOOH.

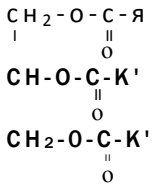
У лабораторії —

$CH_3COO№ + H_230_4$ CHoCOOH +
+ I\laH50$_л$.

ЕСТЕРИ

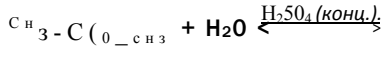


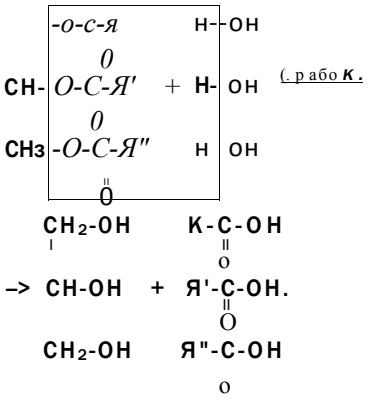
ЖИРИ



Хімічні властивості

Реакції гідролізу





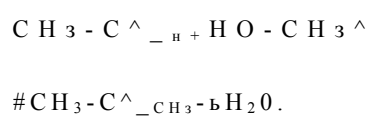
Добування

У промисловості —

виділяють із природної сировини;

оксигеновмісна кислота + спирт <± естер + вода.

У лабораторії —



У промисловості —

виділяють із природної сировини.

ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

У

ВУГЛЕВОДИ

МОНОСАХАРИДИ

глюкоза фруктоза

$C_6H_{12}0_6$

ДИСАХАРИДИ

сахароза

$C_{12}H_{22}O_{11}$

Хімічні властивості

1. Реакції гідролізу

$C_{12}H_{22}0_{1:1} + H_20$ $C_6H_{12}0_6 + C_6H_{12}0_6$.

глюкоза фруктоза

2. Реакції з деякими основами

$2C_6H_{12}0_6 + Си(OH)_2$

блакитний осад

-> $[C_6H_п0_6]_2Си + 2H_20$.

синій розчин

СігНггОц + $Си(0H)_2$

блакитний осад

$[Ci_2H_{20}O_{іг}]Си + 2H_20$.

синій розчин

3. Реакції окиснення

$CH_2OH\text{-}(CHOH)_4\text{-}C^{*\circ} + A§_20+MH_3$—>

$CH_2OH\text{-}(CHOH)_4\text{-}C^{/}(^{\circ}{}_{МНл}$ +

+ 2A6I;

$CH_2OH\text{-}(CHOH)_4\text{-}C':'^{\circ} + 2Си(0H)_2$ 4

$CH_20H\text{-}(CH0H)_4\text{-}C^{\wedge}{}_{н}$ +

+ $Си_20 + 2H_20$.

оранж-черв.

4. Реакції відновлення

$CH_20H\text{-}(CH0H)_4\text{-}C^{*\circ} + H_2$

$CH_20H\text{-}(CH0H)_4\text{-}CH_20H$.

сорбіт

5. Реакції бродіння

спиртове бродіння

(за участю ферментів):

$C_6H_{12}0_6$ -> $2C_2H_50H + 2C0_2T$;

молочнокисле бродіння
(за участю
молочнокислих бактерій):
$C_6H_{12}0_6$-> $2CH_3$-CH-COOH.
OH

Добування

У промисловості —
гідроліз природних сполук
крохмалю, сахарози.

У промисловості —
вилучення із рослин
цукрового буряку,
цукрової тростини.

Хімічні властивості і способи добування нітрогеновмісних органічних сполук

НІТРОГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

АМІНИ

(насичені первинні)
C_6H_5-MH_2
(анілін)

АМІНОКИСЛОТИ
К-СН(І\ІН$_2$)-СООН («а-

Хімічні властивості

1. Реакції з водою

CH_3MH, + H_20 <± СН.,\Н + ОН".
У водних розчинах насичених
амінів — слабколужне середовище.

У водних розчинах а-амінокислот -
майже нейтральне середовище.

2 Реакції з кислотами

CH_3HH_2 + HCl -> [CH_3І\Ж$_3$]Cl;
C_6H_5І\ІH_2 + HCl $C_вH_5MH_3$]Cl.

І\ІH_2CH_2C00H + HCl ->
-> [|\ІH_3CH_2COOH]Cl.

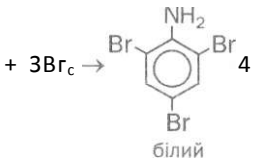
3. Реакції з основами

|\ІH_2CH_2COOH + №ОН ->
І\ІН;,СН,СООЛ + Н,0.

4. Реакції окиснення

$4CH_3IMH_2 + 90_2$ - • $4C0_2 + 10H_20$ +
+ 2I\I$_2$ (реакція горіння).
Анілін легко окиснюється на повітрі.

5. Якісні реакції



+ $3Br_c \rightarrow$ 4+3HBr. білий

а-Амінокислота взаємодіє з купрум(II) гідроксидом; утворюється розчин синього кольору.

6. Реакції полімеризації

Утворення ди-, три-, поліпептидів, білків.

Добування

У промисловості —

$C_йH_чI\IO$, + 6H CвH^H, + 2H,0
CH,OH + CH^H, + H,0.

У промисловості та лабораторії - гідроліз білків, мікробіологічний синтез, синтетичні методи.

Відповіді до задач і вправ

Розділ 1.
Теорія будови органічних сполук

8. В етиловому спирті (м'(С) = 0,52). 20. Внесок становить 483 кДж/моль.

Розділ 2.
Вуглеводні

35. *16, 2в, 3г, 4а.* 37. Кількість ізомерів — 5. 38. Кількість ізомерів — 7. 39. Ізомери — сполуки з формулою C_8H_{18}. 40. р(C_4H_{10}) = = 2,59 г/л; $В_{H2}$(C_4H_{10}) = 29. 45. ^(пов.) = 86 $м^3$. 46. л(C_2H_2) = 40 %. 47. Виділиться 9,95 • 10^5 кДж теплоти. 50. *їв, 2а, 3б.* 54. У(пов.) = = 972 л. 55. Утворилася кисла сіль. 56. Зверніть увагу на хімічний зв'язок в органічній сполуці та її фізичні властивості. 60. C_6H_{14}. 62. C_7H_{16}. 63. C_3H_6. 66. C_3H_6. 67. $C_2H_4Br_2$; C_2H_6. 70. *їв, 2а, 3б.* 76. Структурних ізомерів — 5. 77. Для пент-2-ену. 78. а) один; б) дев'ять. 86. т(C_2H_4) = 14 г. 87. C_3H_6. 88. C_6H_{12}. 92. Всього — 3 ізомери. 98. *а, б, в* — C_5H_8. 102. Таких сполук — три. 103. *їв, 2а, 3б.* 104. *а)* три сполуки; б) одна сполука. 106. Всього ізомерів — чотири. 108. Таких сполук — дев'ять. 115. г|($C_6H_5Ж_2$) = 75 %. 116. C_6H_6. 117. <р(C_2H_2) = 60 %; ср(C_6H_6) = = 40 %. 120. *а)* 1-бромопропан; *б)* 2-бромопропан; *в)* 2-бромометилпропан. 121. *а)* алкан — 2,2,3,3-тетраметилбутан; *б)* алкан 1 — 2,3,3,4,4,5-гексаметилгексан; алкан 2 — 2,2,3,4,5,5-гексаметилгексан. 123. Метилциклобутан. 125. г|(C_6H_6) = 60 %. 126. ф(C_3H_6) = ср(H_2) = 44,4 %. 127. У(C_2H_2) : У(C_6H_6) = 1 : 1. 133. C_3H_4. 136. Метилбутин. 137. $В_{H2}$(суміші) = 42,5.

Розділ 3.
Природні джерела вуглеводнів та їх переробка

141. У(пов.) = 10,25 $м^3$, якщо ср(0_2) у повітрі становить 20 %. 142. и'(С) = 96,4 %. 143. Можна добути 31,4 кДж теплоти. 150. /г(C_8Hi_8) : п(C_7H_{16}) = 2,81 : 1. 151. Дві молекули. 155. т(C_6H_6) = 37,5 кг. 156. т(осаду) = 800 г.

Розділ 4.
Оксигеновмісні органічні сполуки

165. Кількість атомів Карбону в молекулі спирту — 6.167. Метанол. 174. и-'(етанолу) = 6 %. 175. К(етену) = 1170 $м^3$.176. р(хлорометану) = 63,4 %. 177. ЛЯ = -1316 кДж. 178. Метилпропан-2-ол. 179. C_3H_7OH. Із натрієм не взаємодіє етер. 185. У(H_2) = 0,672 л. 186. $C_3H_6(OH)_2$. 188. ^(спирту) = 25,6 %. 194. /п(C_6H_5C1) = = 299,2 кг. 195. C_6H_5OH. 204. Диметилпропаналь. 205. Ні. 210. Таких сполук — 4. 211. Формула кислоти — $C_5H_{10}O_2$. 212. 2,3-Диметилбутанова кислота. 217. *а)* т^(кислоти) = 40 %; *б)* Цкислоти) = 44,5 %; в) і^(кислоти) = 49,6 %. 218. тп(р-ну) = = 100 г. 219. У(води) = 2086,5 мл. 220. >г(HCOOH) = 27,7 %. 228. Кількість атомів Карбону у вуглеводневому залишку молекули кислоти — 11. 229. т(солі) = 15,3 г. 233. Естер має нижчу температуру кипіння. 240. /п(CH_3OH) = 8г. 241. т(р-ну) = 2,7 т. 242. /п(гліцеролу) = 1,02 кг. 248. ***m.(***5 %-го р-ну) = 150 г; т(25 %-го р-ну) = 50 г. 251. р(кислоти) = ЗО %. 256. ЦС) = = 40 %. 257. т(сахарози) = 50 г. 258. т(цукру) = 22,2 г; т(р-ну) = = 177,8 г. 259. р(глюкози) = 95 %. 264. т(етанолу) = 113,6 кг. 265. /п(кисню) = 19,2 т. 266. *16, 2а, 3г, 4в.* 274. т(кислоти) = = 106 г. 275. и'($K_2C_20_4$) = 46,37 %; ЦКНС$_20_4$) = 53,63 %.

Розділ 5.
Нітрогеновмісні органічні сполуки

282. Таких сполук — 8. 284. м/(КГ) = 13,86 %. 285. $(CH_3)_2$]ЧН. 286. Идом.) = 12,4 %. 292. Метиламін. 298. т($C_6H_5M0_2$) = = 305,6 кг. 307. м'(гліцину) = 45,6 %. 308. т(солі) = 6,35 г. 315. /п(1М) » 2 г. 322. Зіставте склад молекул і їх просторову будову, функції та властивості сполук. 324. и^(Р) = 9,43 % .

Розділ 6.
Синтетичні високомолекулярні органічні сполуки

338. *б)* ЛГ(-ІШ-СО-) = 1 • $ю^{23}$. 339. СС1Г=$СГ_2$. 358. т(енанту) = = 87,6 кг.

Розділ 7.
Роль хімії в житті суспільства

366. то($CaCO_3$) = 225 кг; т((ї<$Щ_4)_2$80$_4$) = 247 кг. 372. Не задовольняє. 378. т(96 %-ї $H_2$80$_4$) = 4,08 т.

Словник термінів

Алкадієни — вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг із двома подвійними зв'язками.

Алкани — насичені вуглеводні з відкритим карбоновим ланцюгом у молекулах.

Алкени — вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг з подвійним зв'язком.

Алкіни — вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг з потрійним зв'язком.

Альдегіди — похідні вуглеводнів, у молекулах яких карбонільна група сполучена з вуглеводневим залишком і атомом Гідрогену.

Альдегідна група — група атомів .

Аміни — продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулі амоніаку на вуглеводневі залишки.

Аміногрупа — група атомів -ШІ$_2$.

Амінокислоти — 1) похідні вуглеводнів, у молекулах яких містяться аміно- і карбоксильні групи; 2) похідні карбонових кислот, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену вуглеводневого залишку заміщені на аміногрупи.

а-*Амінокислоти* — амінокислоти, в молекулах яких аміногрупа сполучена з найближчим до карбоксильної групи атомом Карбону.

Арени, або *ароматичні вуглеводні,* — вуглеводні, в молекулах яких є одне або кілька бензенових кілець.

Багатоатомний спирт — спирт, у молекулі якого міститься кілька гідроксильних груп.

Бензил — вуглеводневий залишок C_6H_5-CH_2—.

Білки — поліпептиди, які складаються із фрагментів молекул а-амінокислот і виконують специфічні функції в живих організмах.

Біотехнологія — технологія, яка ґрунтується на перетворенні речовин за участю мікроорганізмів або продуктів їх життєдіяльності.

Біполярний йон — йон, який має на двох атомах однакові протилежні заряди.

Біуретова реакція — якісна реакція на пептидні групи.

Високомолекулярні сполуки — сполуки, молекули яких складаються з великої кількості сполучених груп атомів.

Вищі карбонові кислоти — карбонові кислоти, молекули яких містять 10 і більше атомів Карбону.

Вищі спирти — спирти, молекули яких містять 10 і більше атомів Карбону.

Вініл — вуглеводневий залишок CH_2=CH—.

Вітаміни — органічні сполуки, які потрібні організму в незначних кількостях для перебігу важливих біохімічних процесів.

Внутрішньомолекулярна дегідратація — відщеплення молекули води від молекули сполуки.

Водневий зв'язок — електростатична взаємодія між молекулами за участю атомів Гідрогену, сполучених з атомами найбільш електронегативних елементів (Флуору, Оксигену, Нітрогену).

Волокна — довгі гнучкі нитки із природних або синтетичних полімерів.

Вторинна структура білка — певна просторова форма (здебільшого спіраль), якої набуває поліпептидний ланцюг.

Вторинна структура молекули ДНК — подвійна спіраль, утворена двома однаковими полінуклеотидними ланцюгами, протилежно направленими і скрученими навколо спільної осі.

Вуглеводи — органічні сполуки із загальною формулою $C_n(H_20)_т$.

Вуглеводневий залишок — замісник або частина молекули органічної сполуки, що складається з атомів Карбону і Гідрогену.

Вуглеводні — сполуки Карбону з Гідрогеном.

Газифікація — перетворення вугілля або іншого твердого палива на горючі гази за допомогою хімічних реакцій.

Геометрична, або *цис-транс ізомерія* — ізомерія, зумовлена різним розміщенням у молекулах деяких атомів і груп атомів щодо карбонового циклу або подвійного зв'язку.

Гібридизація — процес вирівнювання електронів атома за енергією, а їхніх орбіталей — за формою і розміщенням у просторі.

Гібридні орбіталі — орбіталі атома, змінені внаслідок гібридизації.

Гідроксильна група — група атомів -ОН.

Гідроліз — реакція обміну між сполукою і водою.

Гомологи — органічні сполуки, які належать до певного гомологічного ряду.

Гомологічна різниця — група атомів CH_2.

Гомологічний ряд — ряд органічних сполук, молекули яких подібні за будовою і різняться за складом на одну чи кілька груп атомів CH_2.

Декстрини — продукти часткового розщеплення крохмалю.

Денатурація білка — втрата білком біологічних функцій унаслідок руйнування його просторової структури (четвертинної, третинної та вторинної).

Детонація — явище дуже швидкого, вибухового згоряння парів речовини в суміші з повітрям при стисненні.

Дисахариди — вуглеводи, молекули яких складаються із двох залишків молекул одного або різних моносахаридів.

Довжина зв'язку — відстань між центрами сполучених атомів.

Еластичність — здатність матеріалу після деформації відновлювати свою форму.

Електронегативність — властивість атома елемента зміщувати у свій бік електронну густину від атома іншого елемента.

Елементарна ланка — група сполучених атомів, яка багаторазово повторюється в макромолекулі полімеру.

Емульсія — струшена суміш двох рідин, нерозчинних одна в одній.

Енергія ковалентного зв'язку — енергія, яку потрібно витратити, щоб розірвати $6 \cdot 10^{23}$ (тобто 1 моль) відповідних зв'язків.

Естери — похідні карбонових кислот, у молекулах яких атом Гідрогену карбоксильної групи заміщений на вуглеводневий залишок.

Етери — органічні сполуки, в молекулах яких атом Оксигену сполучений із двома вуглеводневими залишками.

Жири — естери гліцеролу і вищих карбонових кислот.

Загальмована конформація — форма молекули з найменшою енергією.

Замісник — атом або група атомів, що є відгалуженням у карбоновому ланцюзі.

Затінена конформація — форма молекули з найбільшою енергією.

Збудження атома — процес переходу електрона з однієї орбіталі в іншу в межах одного енергетичного рівня, що супроводжується поглинанням енергії.

л-Зв'язок — ковалентний зв'язок, утворений унаслідок перекривання орбіталей із неспареними електронами двох атомів на двох ділянках, розміщених поза лінією, що з'єднує центри атомів.

(у-Зв'язок — ковалентний зв'язок, утворений унаслідок перекривання орбіталей із неспареними електронами двох атомів на ділянці, розміщеній на лінії, що з'єднує центри атомів.

Ізомери — сполуки, які мають однаковий склад, але різну будову молекул.

Ізомерія — явище існування сполук з однаковим складом, але різною будовою молекул.

Істинна формула формула, яка відповідає реальному складу молекули.

Карбоксильна група група атомів •

Карбонільна група — група атомів)C=0.

Карбонові кислоти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп.

Каучуки — еластичні полімери рослинного або синтетичного походження, з яких виготовляють гуму.

Коксування — процес розкладу вугілля за високої температури і відсутності повітря.

Конформація — просторова форма, якої набуває молекула при обертанні групи атомів навколо ст зв'язку.

Кратність ковалентного зв'язку — величина, яка визначається кількістю спільних електронних пар між атомами.

Крекінг — процес вторинної переробки нафти, під час якого вуглеводні за сильного нагрівання розкладаються внаслідок розриву і перебудови карбонових ланцюгів у молекулах.

Ксантопротеїнова реакція — якісна реакція на фрагменти молекул ароматичних амінокислот у молекулі білка.

Ланцюгова реакція — реакція, у якій виникнення активної частинки (радикала) спричиняє велику кількість послідовних перетворень частинок вихідної речовини.

Мила — солі лужних елементів і карбонових кислот із кількістю атомів Карбону в аніоні від 10 до 20.

Міжкласова ізомерія — явище існування ізомерів, які належать до різних класів сполук.

Міжмолекулярна дегідратація — відщеплення молекули води від двох молекул сполуки.

Мономер — 1) вихідна речовина в реакції полімеризації; 2) сполука, від молекули якої походить елементарна ланка полімеру.

Найпростіша формула — формула, яка відповідає співвідношенню кількостей атомів елементів у молекулі.

Наноматеріали — матеріали, розмір часточок яких вимірюють нанометрами (10^{-9} м).

Нанотехнології — технології добування і використання речовин, розміри часточок яких вимірюють нанометрами.

Нанотрубки — вуглецевий матеріал, часточки якого мають вигляд трубок, утворених шарами зі сполучених атомів Карбону.

Насичені вуглеводні — вуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону сполучені лише простими ковалентними зв'язками.

Незамінні α-амінокислоти — необхідні для синтезу білків амінокислоти, які не утворюються в організмах людини і тварин та надходять із їжею.

Ненасичені вуглеводні — вуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону сполучені не лише простими ковалентними зв'язками, а й одним або кількома кратними зв'язками.

Низькомолекулярні органічні сполуки — органічні сполуки з невеликими молекулярними масами.

Номенклатура — система назв речовин.

Нуклеїнові кислоти — високомолекулярні природні органічні сполуки, які зберігають і відтворюють в організмах спадкову (генетичну) інформацію, а також беруть участь у синтезі білків.

Нуклеотид — частина молекули нуклеїнової кислоти, яка складається зі сполучених залишків молекул ортофосфатної кислоти, моносахариду і нітрогеновмісної сполуки.

Одноатомний спирт — спирт, молекула якого містить одну гідроксильну групу.

Октанове число — показник, яким характеризують стійкість пального щодо детонації.

Органічна хімія — 1) галузь хімії, яка вивчає органічні сполуки та їх перетворення; 2) хімія вуглеводнів та їх похідних.

Органічні основи — органічні сполуки, молекули яких здатні приєднувати катіони H^+.

Органічні речовини — сполуки Карбону (за деякими винятками).

Пептид — 1) продукт взаємодії молекул амінокислот; 2) сполука, молекули якої складаються із фрагментів молекул амінокислот, сполучених пептидними групами.

Пептидна група — група атомів -СО-1ЧН-.

Первинна структура білка — поліпептидний ланцюг із чіткою послідовністю амінокислотних залишків.

Первинна структура нуклеїнової кислоти — полінуклеотидний ланцюг із чіткою послідовністю нуклеотидів.

Пластмаси — матеріали на основі полімерів, що зберігають після розплавляння і подальшого охолодження надану їм форму.

Поверхнево активні речовини (ПАР) — органічні сполуки, молекули або йони яких містять полярні групи атомів і неполярні довгі карбонові ланцюги.

Полімер — сполука, молекули якої складаються з великої кількості сполучених груп атомів.

Полісахариди — вуглеводи, молекули яких складаються із багатьох залишків молекул моносахаридів.

Похідні вуглеводнів — продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулах вуглеводнів на атоми інших елементів або групи атомів.

Просторова ізомерія — ізомерія, зумовлена різним розміщенням у просторі атомів або груп атомів, що входять до складу молекул.

Радикал — частинка, що має неспарений електрон і здатна до самостійного існування.

Реакція галогенування — реакція приєднання галогену до органічної сполуки або заміщення атомів у її молекулі на атоми галогену.

Реакція гідратації — реакція приєднання води до сполуки.

Реакція гідрування — реакція приєднання водню до сполуки.

Реакція дегідратації — реакція відщеплення води від сполуки.

Реакція дегідрування — реакція відщеплення водню від сполуки.

Реакція естерифікації — реакція між спиртом і кислотою з утворенням естеру і води.

Реакція заміщення (в органічній хімії) — реакція, у якій атоми в молекулах органічної сполуки заміщуються на інші атоми або групи атомів.

Реакція ізомеризації — реакція, під час якої утворюється ізомер вихідної сполуки внаслідок перегрупування атомів або кратних зв'язків у молекулах.

Реакція нітрування — реакція заміщення атомів Гідрогену в молекулі органічної сполуки на нітрогрупи $-NO_2$.

Реакція поліконденсації — реакція утворення полімеру в результаті взаємодії функціональних груп молекул мономера, яка відбувається з виділенням води, амоніаку або інших низькомолекулярних сполук.

Реакція полімеризації — реакція утворення полімеру в результаті послідовного сполучення молекул мономера за рахунок розриву л-зв'язків.

Реакція приєднання — те саме, що й реакція сполучення (в неорганічній хімії).

Реакція хлорування — реакція приєднання хлору до органічної сполуки або заміщення атомів у її молекулі на атоми Хлору.

Систематична номенклатура — система назв речовин, які вказують на їхній склад і будову.

Спирти — похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні групи.

Співполімер — речовина, яка утворюється в реакції полімеризації за участю двох сполук (мономерів).

Структурна ізомерія — ізомерія, зумовлена різною послідовністю сполучення атомів у молекулах, а також різним положенням у них кратних зв'язків, функціональних груп.

Ступінь кристалічності — частка полімеру з упорядкованим розміїценням макромолекул.

Ступінь полімеризації — кількість елементарних ланок у макромолекулі полімеру.

Суспензія — струшена суміш рідини і нерозчинної в ній добре подрібненої твердої речовини.

Теорія — сукупність узагальнювальних положень у науці, які відображають відношення і зв'язки між фактами, об'єктами, явищами.

Термопластичні полімери — полімери, які після нагрівання і подальшого охолодження зберігають свої властивості.

Термореактивні полімери — полімери, які після нагрівання і подальшого охолодження втрачають пластичність та деякі інші властивості.

Транс-ізомер — сполука, в молекулі якої два замісники або дві певні групи атомів перебувають по різні боки від подвійного зв'язку або поверхні циклу.

Третинна структура білка — форма молекули білка, яка утворюється внаслідок згортання або закручування спіралі поліпептидного ланцюга в клубок (глобулу).

Феніл — вуглеводневий залишок C_6H_5-.

Ферменти — білки, які є каталізаторами хімічних реакцій.

Фракції — суміші речовин із близькими температурами кипіння.

Функціональна (характеристична) група — група атомів у молекулах сполук певного класу, яка зумовлює їхні характерні хімічні властивості.

Цикл — замкнений ланцюг зі сполучених атомів.

Циклоалкани — насичені вуглеводні, молекули яких мають циклічну будову.

Цис-ізомер — сполука, в молекулі якої два замісники або дві певні групи атомів перебувають по один бік від подвійного зв'язку або поверхні циклу.

Четвертинна структура білка — єдиний комплекс із кількох глобул молекул білка, який виконує певну функцію в живому організмі.

Предметний покажчик

А

Аденін 259
Алкадієни 78
Алкани 36
  добування 98,99
  ізомерія 36
  назви 37
  фізичні властивості 44
  хімічні властивості 45
Алкени 66
  властивості 72
  добування 98
  ізомерія 68
  назви 67
Алкіни 80
  властивості 81
  добування 99
  ізомерія 81
  назви 80
Альдегіди 156
  властивості 158
  добування 161
  ізомерія 157
  назви 157
Альдегідна група 156
Амілоза 211
Амілопектин 211
Аміни 232
  ізомерія 233
  класифікація 232
  назви 233
  фізичні властивості 237
  хімічні властивості 238
Аміногрупа 232
Амінокислоти 244
  ізомерія 246
  класифікація 245
  назви 245
  фізичні властивості 247
  хімічні
  властивості 248
Анілін 241
  будова молекули 241
  добування 243
  хімічні властивості 241
Антидетонатори 122
Арени *див.* Ароматичні вуглеводні
Ароматичні вуглеводні 86, 89
  ізомерія 91
  назви 90
Ацетилен *див.* Етин
Ацетон 164

Б

Бензен (бензол) 87
  будова молекули 88
  добування 99
  фізичні властивості 93
  хімічні властивості 93
Бензин 118
Білки 251
  будова молекул 252
  властивості 254
  класифікація 252
Біотехнологія 241
Біполярний йон 247
Бродіння
  метанове 214
  молочнокисле 200
  оцтовокисле 175
  спиртове 140, 200

I

В

Високомолекулярні сполуки
див. Полімери
Водневий зв'язок 24
Волокна 289
  класифікація 290
  природні 290
  синтетичні 292
  хімічні 291
  штучні 291
Волокно
  ацетатне 215, 291
  віскозне 291
  поліамідне 292
  поліестерне 293
Вугілля 115
  газифікація 126
  гідрування 127
  коксування 125
Вуглеводи 196
  класифікація 196
Вуглеводневий залишок 38
Вуглеводні 7, 26
  ароматичні 27, 89
  ациклічні 26
  застосування 101
  класифікація 26
  насичені 27, 35
  ненасичені 27, 65
  циклічні 26

Г

Газойль 118
Галогенопохідні
вуглеводнів 101
Гас 118
Гібридизація орбіталей 29
  sp- 31
  sp^2- 30
  sp^3- 29
Глікоген 218
Гліцерин 132, 143
Глюкоза 197
  будова молекули 197
  властивості 198
  застосування 201
Гомологічна різниця 36
Гомологічний ряд 36
Гомологи 36
Горючі сланці 115
Гуанін 259
Гума 285

Д

Дезоксирибоза 203, 259
Дезоксирибонуклеїнова
кислота (ДНК) 259
Декстрини 212
Денатурація білків 255
Детонація 120
Дисахариди 204

Е

Еластичність 283
Електронна густина 21
Елементарна ланка 267
Естери (складні ефіри)186
Етен
  будова молекули ЗО
Етери (прості ефіри) 133
Етиленгліколь 132, 143
Етин
  будова молекули 31
  добування 99

Ж

Жири 188
  гідроліз 191
  гідрування 191
  добування 192
  застосування 193
  класифікація 189
  окиснення 192
  омилення 191

фізичні властивості 189
хімічні властивості 190

З

Замісник 38
л-Зв'язок 20
ст-Зв'язок 20

Ізомери 15
Ізомерія 15
геометрична
(цис-транс-) 52, 69
міжкласова 70
просторова 15
структурна 15
Ізопрен 283, 284

Кам'яновугільна смола 126
Капрон 292
Карбоксильна група 166
Карбонільна група 156
Карбонові кислоти 166
вищі 167
дисоціація 172
добування 175
жирні 181
застосування 176
ізомерія 169
класифікація 166
назви 167
одноосновні 166
фізичні властивості 171
хімічні властивості 172
Каучуки 283
Кетони 164
Кислота
мурашина 167, 174
олеїнова 167, 180
оцтова 167, 171
пальмітинова 168, 180
стеаринова 168, 180
Ковалентний зв'язок 19
довжина 21
енергія 22
кратність 20
полярність 23
Кокс 125
Коксовий газ 125
Коксування 125
Конформація 32, 52
Крохмаль 210

Л

Лавсан 293
Лактоза 204, 208

М

Мазут 118
Макромолекула 267
Мальтоза 204, 208
Меркаптани 103
Метан
будова молекули 28
Мила 181
Мономер 268

Н

Ніадсмольна вода 126
Найлон 292
Наноматеріали 300
Нанотехнологія 300
Нафта 113
крекінг 120
перегонка 118
риформінг 122
Нікотин 309
Нітрогліцерин 195
Номенклатура
систематична 7, 37
Нуклеїнові кислоти 258

будова молекул 260
властивості 264
Нуклеотид 258

О

Октанове число 120
Органічна хімія 5, 26
Органічне скло
див. Поліметилметакрилат
Органічні сполуки 5, 6
класифікація 7
назви 7
Оцтовий альдегід 157

П

Парафін 44
Пептид 248
Пептидна група 249
Пластмаси 276
Поверхнево-активні речовини (ПАР) 183
Полівінілхлорид 278
Поліетилен 276
Полімери 267
лінійні 268
розгалужені 268
сітчасті (просторові) 268
термопластичні 270
термореактивні 270
фізичні властивості 269
хімічні властивості 271
Поліметилметакрилат 279
Поліпропілен 76, 278
Полісахариди 210
Полістирол 279
Політетрафлуоретен 277
Правило
Зайцева 138
Марковникова 73
Природний газ 114
Протеїди 252
Протеїни 252

Р

Радикал 47
Реакція
біуретова 255, 256
бромування 72
Вюрца 100
галогенування 45
гідрування 72
дегідратації 138
дегідрування 98
естерифікації 174
ізомеризації 48
ксантопротеїнова 255, 256
Кучерова 162
ланцюгова 47
нітрування 95
поліконденсації 273
полімеризації 272
«срібного дзеркала» 159
хлорування 45
Рибоза 203, 259
Рибонуклеїнова кислота (РНК) 259

С

Сахароза 204
будова молекули 205
добування 207
застосування 207
хімічні властивості 205
Середня молекулярна маса полімеру 268
Синтетичні мийні засоби (СМЗ) 183
Співполімер 273
Спирти 130
багатоатомні 143
вторинні 130
добування 139, 146
застосування 140, 147
ізомерія 132
класифікація 130

назви 131
одноатомні 135
первинні 130
третинні 130
фізичні властивості 136, 144
хімічні властивості 137, 144
Стирол 273
Ступінь кристалічності полімеру 269
Ступінь полімеризації 267
Супутній нафтовий газ 114
у

Теорія 12
будови органічних сполук 13
Тефлон
див. Політетрафлуоретен
Тимін 259
Толуен 90

У

Урацил 259

Ф

Фенол 149
будова молекули 150
властивості 151
добування 154
Фенолоформальдегідні полімери 280
Фенопласти 280
Формальдегід 157
Фракції 118
Фреони 101
Фруктоза 201
Функціональна група 9

Характеристична група
див. Функціональна група
Хімічна формула
» істинна 60
найпростіша 60

Ц

Целюлоза 213
Циклоалкани 50
будова молекул 51
властивості 53
добування 98, 100
ізомерія 52
назви 51
Цитозин 259

Література для учнів

Навчальна

Ардашникова Е. И. Курс органической химии для старшеклассников и поступающих в вузы / Е. И. Ардашникова, Н. Б. Казеннова, М. Е. Тамм. — М. : Аквариум, 1998. — 272 с.

Березан О. В. Органічна хімія / О. В. Березан. — К. : Абрис, 2004. — 324 с.

Березан О. В. Хімія. Збірник задач / О. В. Березан. — Т. : Підручники і посібники, 2011. — 351 с.

Березан О. В. Хімія. Тестові завдання для підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання / О. В. Березан. — Т. : Підручники і посібники, 2010. — 272 с.

Кузьменко М. Є. Хімія. 2400 задач для школярів та абітурієнтів : пер. з рос. / М. Є. Кузьменко, В. В. Єрьомін. — Т. : Навчальна книга : Богдан, 2001. — 560 с.

Кукса С. П. 600 задач з хімії / С. П. Кукса. — 'Г. : Мандрівець, 1999. — 144 с.

Слободяник М. С. Хімія : навч. посіб. / М. С. Слободяник. та ін. — К. : Либідь, 2003. — 352 с.

Сучасна термінологія та номенклатура органічних сполук : навч.-метод, посіб. для вчителів та учнів загальноосвітніх навчальних закладів / [В. С. Толмачова, О. М. Ковтун, М. Ю. Корнілов, О. В. Гордієнко, С. В. Василенко]. — Т. : Навчальна книга : Богдан, 2008. — 176 с.

Толмачова В. С. Номенклатура органічних сполук : навч. посіб. / В. С. Толмачова, О. М. Ковтун, О. А. Дубовик, С. С. Фіцайло. — Т. : Мандрівець, 2011. — 12 с.

Хімія : довід, з прикладами розв'язання задач / [А. Д. Бочеваров, О. А. Жикол, М. В. Красовська, Д. А. Свєчкарьов]. — Х. : Веста : Ранок, 2008. — 416 с.

Хімія : завдання та тести / [В. М. Амірханов, О. І. Білодід, М. М. Верховод та ін.] ; за ред. М. Ю. Корнілова. — К. : Школяр, 2000. 512 с.

Хімія. Тести. 8—11 класи : посібник / авт.-уклад. : І. М. Курмакова, Т. С. Куратова, С. В. Грузнова та ін. — К. : ВЦ «Академія», 2007. — 280 с.

Пізнавальна та науково-популярна

Аликберова Л. Ю. Занимательная химия : книга для учащихся, учителей и родителей / Л. Ю. Аликберова. — М. : АСТ-ПРЕСС, 2002. — 560 с.

Базелюк І. І. Довідкові матеріали з хімії / І. І. Базелюк, Л. П. Величко, Н. В. Титаренко. — К. ; Ірпінь : Перун, 1998. — 224 с.

Бердоносов С. С. Химия. Новейший справочник / С. С. Бердоносов, Е. А. Менделеева. — М. : Махаон, 2006. — 368 с.

Большая детская знциклопедия: Химия / сост. К. Люцис. — М. : Русское знциклопедическое товариіцество, 2001. — 640 с.

Василега М. Д. Цікава хімія / М. Д. Василега. — К. : Рад. пік., 1989. — 188 с.

Гроссе З. Химия для любознательньїх. Основи химии и занимательньїе опитьі : пер. с нем. / З. Гроссе, Х. Вайсмантель. — Л. : Химия, 1978. — 392 с.

Егоров А. С. Химия внутри нас: Введение в бионеорганическую и биоорганическую химию / А. С. Егоров, Н. М. Иванченко, К. П. Шацкая. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. — 192 с. — (Серия «Библиотека школьника»).

Зоммер К. Аккумулятор знаний по химии : пер. с нем. / К. Зоммер. — М. : Мир, 1985. — 294 с.

Левицкий М. М. Увлекательная химия. Просто о сложном, забавно о серьезном / М. М. Левицкий. — М. : АСТ : Астрель, 2008. — 448 с.

Леенсон И. А. 100 вопросов и ответов по химии : учеб. пособ. / И. А. Леенсон. — М. : Астрель, 2002. — 347 с.

Степан Б. Д. Книга по химии для домашнего чтения / Б. Д. Степин, Л. Ю. Аликберова. — М. : Химия, 1995. — 400 с.

Химия. (Иллюстрированная знциклопедия школьника.) — М. : Мир знциклопедий, 2006. — 96 с.

Знциклопедический словарь юного химика / сост. В. А. Крицман, В. В. Станцо. — М. : Педагогика, 1990. — 319 с.

Знциклопедия для детей. Том 17. Химия / глав. ред. В. А. Володин. — М. : Аванта+, 2000. — 640 с.

Яковішин Л. О. Цікаві досліди з хімії: у школі та вдома / Л. О. Яковішин. — Севастополь : Біблекс, 2006. — 176 с.

Сайти Інтернату,

.які містять цікавий матеріал з хімії

Мір://лгиплг.аШітік.ги

Мір://сЬетІ8І;гу-сЬетІ8І;8.сот

Мір://сІїетшогМ.пагосІ.ги

Мір://ауалпу.Ьеті.пай.ги

Мір://тототу.М].ги

Зміст

Шановні одинадцятикласники! 3

Основи органічної хімії

1 розділ
Теорія будови органічних сполук

§ 1. Органічні сполуки —6
§ 2. Теорія будови органічних сполук 11
Для допитливих. Життя і діяльність О. М. Бутлерова 17
§ 3. Хімічний зв'язок в органічних сполуках 19

розділ
Вуглеводні

§ 4. Просторова будова молекул вуглеводнів 27

Насичені вуглеводні

§ 5. Алкани —.— — 35
§ 6. Властивості алканів 43
§ 7. Циклоалкани ..50
Практична робота № 1. Виявлення Карбону, Гідрогену і Хлору в органічних речовинах 55
§ 8. Розв'язування задач на виведення формул органічних сполук 58

Ненасичені вуглеводні

§ 9. Алкени 65
§ 10. Властивості алкенів 72
Для допитливих. Аякадієни 78
§ 11. Алкіни 79

Ароматичні вуглеводні (арени)

§ 12. Бензен. Арени 87
§ 13. Властивості бензену 93
§ 14. Добування і застосування вуглеводнів 98
§ 15. Узагальнення знань про вуглеводні 105

О розділ

Природні джерела вуглеводнів та їх переробка

§ 16. Природні джерела вуглеводнів 112
§ 17. Переробка нафти 117
§ 18. Хімічна переробка вугілля 124

Нг розділ

Оксигеновмісні органічні сполуки

§ 19. Спирти 129
§ 20. Насичені одноатомні спирти 134
§ 21. Багатоатомні спирти 143
§ 22. Фенол 149
§ 23. Альдегіди 156
Для допитливих. Ацетон 164
§ 24. Карбонові кислоти 165
§ 25. Насичені одноосновні карбонові кислоти 170
Практична робота № 2.
Властивості етанової (оцтової) кислоти 178
§ 26. Вищі карбонові кислоти.
Мила і синтетичні мийні засоби 180

§27. Естери. Жири 186
Для допитливих. Нітрогліцерин 195
§ 28. Вуглеводи. Моносахариди 196
Для допитливих. Рибоза і дезоксирибоза 203
§ 29. Дисахариди. Сахароза 203
Для допитливих. Мальтоза і лактоза 208
§ ЗО. Полісахариди. Крохмаль і целюлоза 209
Для допитливих. Будова молекул амілози, амілопектину та целюлози 217
Для допитливих. Глікоген 218
§31. Узагальнення знань про оксигеновмісні органічні сполуки 219
Для допитливих. Встановлення будови молекул органічних сполук спектральними методами 226
Практична робота № 3. Виконання експериментальних завдань 227

5 розділ
Нітрогеновмісні органічні сполуки

§ 32. Аміни 231
§ 33. Насичені аміни. Метиламін 235
§34. Анілін 240
§ 35. Амінокислоти 244
§ 36. Білки 251
§ 37. Нуклеїнові кислоти 258

б розділ
Синтетичні високомолекулярні органічні сполуки

§ 38. Загальна характеристика синтетичних високомолекулярних сполук 266
§ 39. Добування високомолекулярних сполук 272

§ 40. Пластмаси. Полімери — основа пластмас 275
§ 41. Каучуки. Гума 283
§ 42. Природні та хімічні волокна 289
Для допитливих. Прасування тканин 295
Для допитливих. Оптичні волокна 296

розділ

Роль хімії в житті суспільства

§ 43. Хімія і розвиток цивілізації 297
§ 44. Хімія і людина 304
§ 45. Хімія і довкілля 311

Післямова 317
Додаток 318
Відповіді до задач і вправ 330
Словник термінів 332
Предметний покажчик 340
Література для учнів 345

Навчальне видання

ПОПЕЛЬ Павло Петрович
КРИКЛЯ Людмила Сергіївна

ХІМІЯ

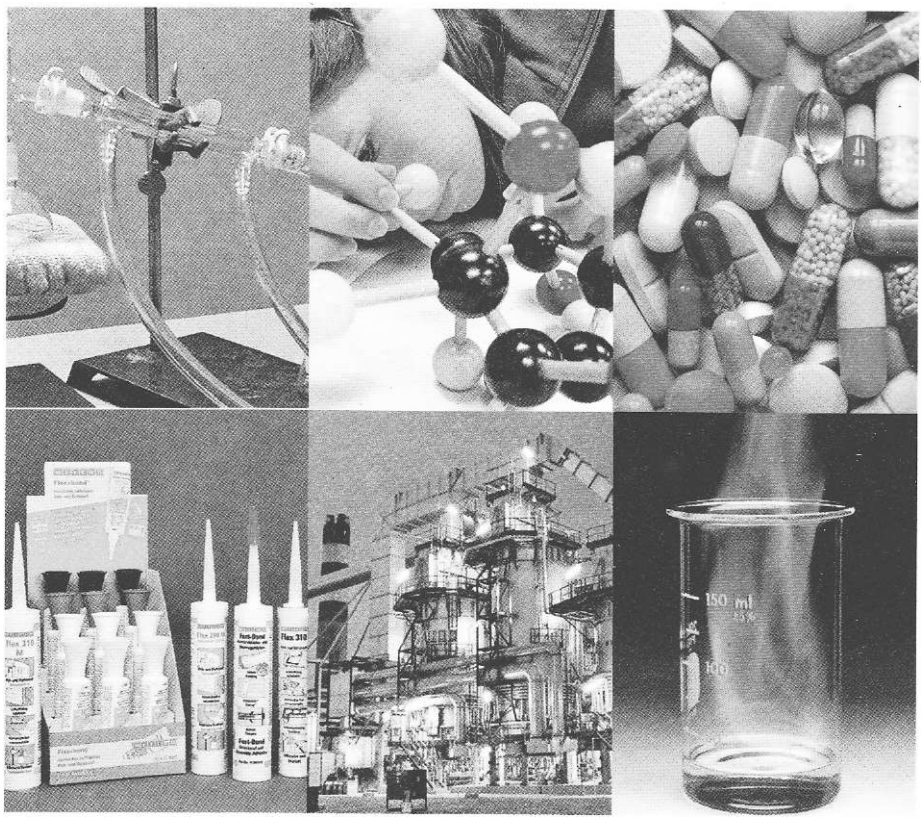
Підручник для 11 класу
загальноосвітніх навчальних закладів
(академічний рівень]

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Редактор Т. А. Дічевська
Коректор В. П. Мусійченко
Художнє оформлення В. М. Штогрина
Комп'ютерна верстка Є. М. Байдюка

Формат 60х90/16. Ум. друк. арк. 22. Зам. 11-209

Видавничий центр «Академія»,
м. Київ, вул. Дегтярівська, 38—44.
Тел./факс: (044) 483-12-11; 456-84-63.
Е-таіІ: аса<1етіа-рс@зуНоп1іпе.сот; асагїетіа.Ьоок@£таіІ.сот
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 555 від 03.08.2001 р.

Видрукувано у ПрАТ «Поліграфкнига»
корпоративне підприємство ДАК «Укрвидавполіграфія»,
вул. Довженка, 3, м. Київ, 03680.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3089 від 23.01.2008 р.

Видавничий центр «Академія»