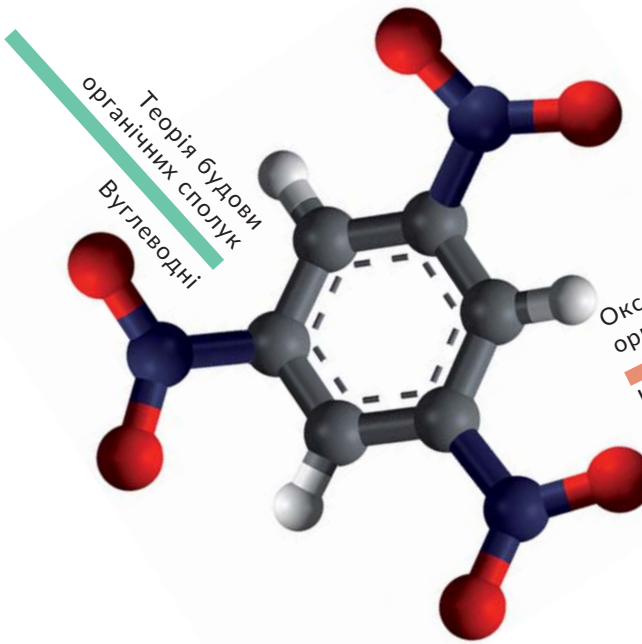
П. П. Попель, Л. С. Крикля

ХІМІЯ

Рівень стандарту

Підручник

10 клас



Синтетичні високомолекулярні органічні сполуки і матеріали на їх основі

Взаємоперетворення органічних речовин. Органічні сполуки в житті людини і суспільства

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Періодична система хімічних елементів (короткий варіант)

Періоди	Групи																	
	a I b	a II b	a III b	a IV b	a V b	a VI b	a VII b	a VIII b										
1	**H** 1 Гідроген *Водень* 1,0079 $1s^1$						(H)	**He** 2 Гелій 4,0026 $1s^2$										
2	**Li** 3 Літій 6,941 $[He]2s^1$	**Be** 4 Берилій 9,012 $[He]2s^2$	**B** 5 Бор 10,81 $[He]2s^2 2p^1$	**C** 6 Карбон *Вуглець* 12,011 $[He]2s^2 2p^2$	**N** 7 Нітроген *Азот* 14,0067 $[He]2s^2 2p^3$	**O** 8 Оксиген *Кисень* 15,999 $[He]2s^2 2p^4$	**F** 9 Флуор *Фтор* 18,998 $[He]2s^2 2p^5$	**Ne** 10 Неон 20,180 $[He]2s^2 2p^6$										
3	**Na** 11 Натрій 22,990 $[Ne]3s^1$	**Mg** 12 Магній 24,305 $[Ne]3s^2$	**Al** 13 Алюміній 26,982 $[Ne]3s^2 3p^1$	**Si** 14 Силіцій 28,086 $[Ne]3s^2 3p^2$	**P** 15 Фосфор 30,974 $[Ne]3s^2 3p^3$	**S** 16 Сульфур *Сірка* 32,06 $[Ne]3s^2 3p^4$	**Cl** 17 Хлор 35,453 $[Ne]3s^2 3p^5$	**Ar** 18 Аргон 39,948 $[Ne]3s^2 3p^6$										
4	**K** 19 Калій 39,098 $[Ar]4s^1$	**Ca** 20 Кальцій 40,08 $[Ar]4s^2$	**Sc** 21 44,956 Скандій $[Ar]3d^1 4s^2$	**Ti** 22 47,87 Титан $[Ar]3d^2 4s^2$	**V** 23 50,941 Ванадій $[Ar]3d^3 4s^2$	**Cr** 24 51,996 Хром $[Ar]3d^5 4s^1$	**Mn** 25 54,938 Манган $[Ar]3d^5 4s^2$	**Fe** 26 55,845 Ферум *Залізо* $[Ar]3d^6 4s^2$	**Co** 27 58,933 Кобальт $[Ar]3d^7 4s^2$	**Ni** 28 58,69 Нікель $[Ar]3d^8 4s^2$								
	Cu 29 63,546 Купрум *Мідь* $[Ar]3d^{10} 4s^1$	**Zn** 30 65,41 Цинк $[Ar]3d^{10} 4s^2$	**Ga** 31 Галій 69,72 $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^1$	**Ge** 32 Германій 72,64 $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^2$	**As** 33 Арсен 74,922 $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^3$	**Se** 34 Селен 78,96 $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^4$	**Br** 35 Бром 79,904 $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^5$	**Kr** 36 Криптон 83,80 $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^6$										
5	**Rb** 37 Рубідій 85,468 $[Kr]5s^1$	**Sr** 38 Стронцій 87,62 $[Kr]5s^2$	**Y** 39 88,906 Ітрій $[Kr]4d^1 5s^2$	**Zr** 40 91,22 Цирконій $[Kr]4d^2 5s^2$	**Nb** 41 92,906 Ніобій $[Kr]4d^4 5s^1$	**Mo** 42 95,94 Молібден $[Kr]4d^5 5s^1$	**Tc** 43 [98] Технецій $[Kr]4d^5 5s^2$	**Ru** 44 101,07 Рутеній $[Kr]4d^7 5s^1$	**Rh** 45 102,905 Родій $[Kr]4d^8 5s^1$	**Pd** 46 106,4 Паладій $[Kr]4d^{10} 5s^0$								
	Ag 47 107,868 Аргентум *Срібло* $[Kr]4d^{10} 5s^1$	**Cd** 48 112,41 Кадмій $[Kr]4d^{10} 5s^2$	**In** 49 Індій 114,82 $[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^1$	**Sn** 50 Станум *Олово* 118,71 $[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^2$	**Sb** 51 Стибій 121,76 $[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^3$	**Te** 52 Телур 127,60 $[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^4$	**I** 53 Йод 126,904 $[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^5$	**Xe** 54 Ксенон 131,29 $[Kr]4d^{10} 5s^2 5p^6$										
6	**Cs** 55 Цезій 132,91 $[Xe]6s^1$	**Ba** 56 Барій 137,33 $[Xe]6s^2$	**57 La*** 138,905 Лантан $[Xe]5d^1 6s^2$	**Hf** 72 178,49 Гафній $[Xe]4f^{14} 5d^2 6s^2$	**Ta** 73 180,948 Тантал $[Xe]4f^{14} 5d^3 6s^2$	**W** 74 183,84 Вольфрам $[Xe]4f^{14} 5d^4 6s^2$	**Re** 75 186,207 Реній $[Xe]4f^{14} 5d^5 6s^2$	**Os** 76 190,2 Осмій $[Xe]4f^{14} 5d^6 6s^2$	**Ir** 77 192,22 Іридій $[Xe]4f^{14} 5d^7 6s^2$	**Pt** 78 195,09 Платина $[Xe]4f^{14} 5d^9 6s^1$								
	Au 79 196,967 Аурум *Золото* $[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^1$	**Hg** 80 200,59 Меркурій *Ртуть* $[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2$	**Tl** 81 Талій 204,38 $[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^1$	**Pb** 82 Плюмбум *Свинець* 207,2 $...6s^2 6p^2$	**Bi** 83 Бісмут 208,980 $[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^3$	**Po** 84 Полоній [210] $[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^4$	**At** 85 Астат [210] $[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^5$	**Rn** 86 Радон [222] $[Xe]4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^6$										
7	**Fr** 87 Францій [223] $[Rn]7s^1$	**Ra** 88 Радій [226] $[Rn]7s^2$	**89 Ac**** [227] Актиній $[Rn]6d^1 7s^2$	**104 Rf** [267] Резерфордій $[Rn]5f^{14} 6d^2 7s^2$	**105 Db** [268] Дубній $[Rn]5f^{14} 6d^3 7s^2$	**106 Sg** [271] Сіборгій $[Rn]5f^{14} 6d^4 7s^2$	**107 Bh** [270] Борій $[Rn]5f^{14} 6d^5 7s^2$	**108 Hs** [269] Гасій $[Rn]5f^{14} 6d^6 7s^2$	**109 Mt** [278] Майтнерій $[Rn]5f^{14} 6d^7 7s^2$	**110 Ds** Дармштадтій [281]								
	111 Rg [282] Рентгеній	**112 Cn** [285] Коперниций	**113**	**Fl** 114 Флеровій [289]	**115**	**Lv** 116 Ліверморій [293]	**117**	**Uuo** 118 Унуноктій [294]										
Вищі оксиди	E_2O	EO	E_2O_3	EO_2	E_2O_5	EO_3	E_2O_7	EO_4										
Леткі сполуки з Гідрогеном				EH_4	EH_3	H_2E	HE											
*Лантаноїди	**58 Ce** 140,12 $4f^1 5d^1$ Церій	**59 Pr** 140,908 $4f^3 5d^0$ Празеодим	**60 Nd** 144,24 $4f^4 5d^0$ Неодим	**61 Pm** [145] $4f^5 5d^0$ Прометій	**62 Sm** 150,4 $4f^6 5d^0$ Самарій	**63 Eu** 151,96 $4f^7 5d^0$ Європій	**64 Gd** 157,25 $4f^7 5d^1$ Гадоліній	**65 Tb** 158,925 $4f^9 5d^0$ Тербій	**66 Dy** 162,50 $4f^{10} 5d^0$ Диспрозій	**67 Ho** 164,93 $4f^{11} 5d^0$ Гольмій	**68 Er** 167,26 $4f^{12} 5d^0$ Ербій	**69 Tm** 168,93 $4f^{13} 5d^0$ Тулій	**70 Yb** 173,04 $4f^{14} 5d^0$ Ітербій	**71 Lu** 174,97 $4f^{14} 5d^1$ Лютецій			
**Актиноїди	**90 Th** 232,038 $5f^0 6d^2$ Торій	**91 Pa** 231,036 $5f^2 6d^1$ Протактиній	**92 U** 238,029 $5f^3 6d^1$ Уран	**93 Np** [237] $5f^4 6d^1$ Нептуній	**94 Pu** [244] $5f^6 6d^0$ Плутоній	**95 Am** [243] $5f^7 6d^0$ Америцій	**96 Cm** [247] $5f^7 6d^1$ Кюрій	**97 Bk** [247] $5f^8 6d^1$ Берклій	**98 Cf** [251] $5f^{10} 6d^0$ Каліфорній	**99 Es** [252] $5f^{11} 6d^0$ Ейнштейній	**100 Fm** [257] $5f^{12} 6d^0$ Фермій	**101 Md** [258] $5f^{13} 6d^0$ Менделевій	**102 No** [259] $5f^{14} 6d^0$ Нобелій	**103 Lr** [266] $5f^{14} 6d^1$ Лоуренсій			

s-елементи *p*-елементи *d*-елементи *f*-елементи

Для *f*-елементів наведено лише змінювані частини електронних формул

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

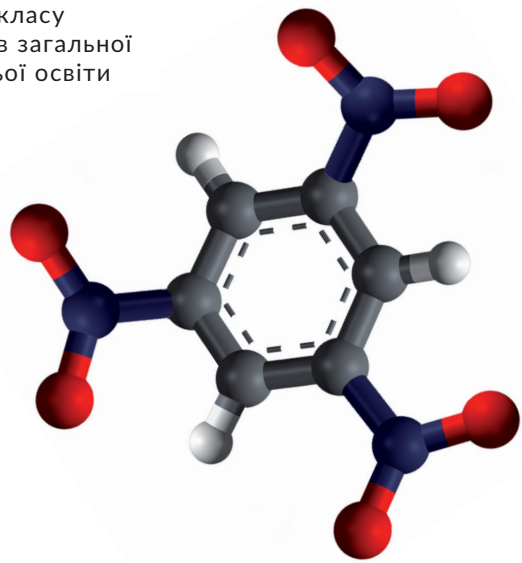
П. П. Попель, Л. С. Крикля

ХІМІЯ

Рівень стандарту

Підручник

для 10 класу
закладів загальної
середньої освіти



Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України

Київ
Видавничий центр «Академія»
2018

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

УДК 547(075.3)
П57

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Лист № 1/11-8194 від 02.08.2018 р.)

Попель П. П.
П57 Хімія (рівень стандарту) : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / П. П. Попель, Л. С. Крикля. — Київ : ВЦ «Академія», 2018. — 256 с. : іл.

ISBN 978-966-580-552-6

Підручник підготовлено за навчальною програмою з хімії для 10 класу закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту). У ньому розглянуто класифікацію, склад, будову, властивості та застосування найважливіших органічних сполук. Містить практичну роботу, лабораторні досліди, запитання, вправи, задачі, додатковий матеріал для допитливих, а також словник хімічних термінів, предметний покажчик, список літератури для учнів та інтернет-сайтів із цікавим матеріалом з хімії.

Експерти, які здійснили експертизу цього підручника під час конкурсного відбору проектів підручників для 10 класу закладів загальної середньої освіти:

Сікорська С. В., учитель Одеської гімназії № 9 м. Одеси;

Перит В. В., викладач ВП НУБіП України «Заліщицький аграрний коледж ім. Є. Храпливого»;

Юзбашева Г. С., завідувачка кафедри теорії й методики викладання навчальних дисциплін КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти»;

Профатило І. В., завідувачка бібліотеки Лозівського НВК № 10 «ЗНЗ-ДНЗ» Лозівської міської ради Харківської області

ISBN 978-966-580-552-6

© Попель П. П., Крикля Л. С., 2018
© ВЦ «Академія», оригінал-макет, 2018

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Шановні десятикласники!

У цьому навчальному році ви продовжуватимете вивчати органічні речовини — сполуки, утворені елементом Карбоном. Вуглеводні (сполуки Карбону з Гідрогеном) є складниками нафти, природного газу. У живих організмах містяться органічні речовини, молекули яких складаються з атомів трьох або більше елементів, — жири, вуглеводи, карбонові кислоти, амінокислоти, білки, вітаміни, ферменти та ін. Багато різних сполук Карбону добувають хіміки в лабораторіях, інженери й технологи — на заводах. Ознайомитесь також із органічними полімерами, пластмасами, синтетичними волокнами, які поступово замінюють природні й традиційні матеріали.

Ви поглибите свої знання про ковалентний зв'язок і усвідомите, що розуміння особливостей хімічного зв'язку в органічних сполуках дає змогу прогнозувати властивості речовин, визначати продукти реакцій за їх участю. Крім цього, дізнаєтеся про систематичну номенклатуру — систему назв, за якою кожній речовині надають назву, що вказує на склад і будову її молекули, й навчитеся називати органічні сполуки.

На багатьох фактах ви переконаєтесь, що склад і будова органічних речовин зумовлюють їхні властивості. Це сприятиме формуванню цілісного уявлення про органічну хімію — розділ хімічної науки, тісно пов'язаний із живими організмами і довкіллям.

Як і раніше, ви виконуватимете досліди — окремі й об'єднані в практичну роботу. Під час їх здійснення вивчатимете властивості органічних сполук, розпізнаватимете речовини та їх розчини, виявлятимете деякі з них у харчових продуктах. Усе це сприятиме вдосконаленню практичних навичок, умінь аналізувати результати експериментів, стисло й змістовно формулювати висновки. Безперечно, під час проведення дослідів ви повинні дотримуватися правил роботи і безпеки.

У нашому 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

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

хімічного експерименту (лабораторні досліди, практична робота) подано на кольоровому тлі. Допоміжний матеріал виокремлено зліва кольоровою лінією, а деякі цікаві факти й відомості винесено на поля. Кожний параграф містить запитання, вправи, задачі різної складності. Деякий більш розширений матеріал винесено в рубрику «Для допитливих». Хімічні властивості органічних сполук, способи їх добування, а також якісні реакції узагальнено в Додатках. Для зручності роботи з підручником запропоновано предметний покажчик.

Намагайтеся вдумливо й наполегливо працювати з навчальним матеріалом, поданим у підручнику, давати ґрунтовні відповіді на запитання в кінці параграфів, самостійно розв'язувати задачі.

Сподіваємося, що вивчати хімію за цією книгою вам буде легко і цікаво.

Автори

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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 з основними положеннями теорії будови органічних сполук, явищем ізомерії, що є одним із чинників, які зумовлюють багатоманітність органічних речовин, навчитеся розв'язувати задачі на виведення їх хімічних формул.

1 Органічні сполуки

Матеріал параграфа допоможе вам:

- пригадати основні відомості про органічні сполуки;
- зрозуміти причини численності органічних речовин;
- дізнатися про існування систематичної номенклатури речовин;
- доповнити свої знання про класифікацію органічних сполук.

Органічні сполуки. Вам відомо, що органічні речовини — це сполуки Карбону. Крім атомів цього елемента, в молекулах органічних речовин є атоми Гідрогену. Молекули

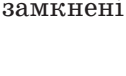
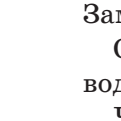
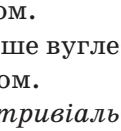
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

багатьох органічних сполук містять ще й атоми Оксигену, Нітрогену, галогенів, а деяких — атоми Сульфуру, Фосфору та ін.

Майже всі органічні речовини мають молекулярну будову. Тому для них характерні невисокі температури плавлення і кипіння. Більшість органічних сполук має запах, погано розчиняється або не розчиняється у воді; при нагріванні вони загоряються або розкладаються.

Нині відомо понад 20 мільйонів органічних речовин. Їх добувають із горючих копалин, виділяють із рослин, синтезують у хімічних лабораторіях, виробляють на заводах. Розмаїття органічних сполук значною мірою зумовлене здатністю атомів Карбону

Цікаво знати
Карбон є чотиривалентним в усіх сполуках, крім оксиду CO.

- виявляти досить високу валентність (її значення дорівнює чотирьом);
- утворювати прості, подвійні та потрійні ковалентні зв'язки (, ,);
- сполучатися один з одним у ланцюги різної будови — нерозгалужені (), розгалужені (), замкнені ().

Замкнений ланцюг називають циклом.

Серед органічних речовин найбільше вуглеводнів — сполук Карбону з Гідрогеном.

Частина органічних речовин має *тривіальні назви*, наприклад етилен, ацетилен, лимонна кислота, оцтова кислота, етиловий спирт, ацетон, гліцерин. За такою назвою не можна записати хімічну формулу сполуки. У XX ст. було запропоновано кілька варіантів складання *хімічних назв* органічних речовин. Найширшого використання набула *систематична номенклатура*[1]. Її розроблено Міжнародним

[1] Термін походить від латинського слова nomenclatura — система назв.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

союзом чистої та прикладної хімії IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). Згідно з нею, кожній органічній сполуці надають назву (систематичну), яка вказує на склад і будову її молекули.

Із правилами та рекомендаціями щодо складання систематичних назв органічних речовин ви ознайомитесь на уроках хімії та під час роботи з підручником. За систематичною назвою сполуки кожен із вас зможе скласти її хімічну формулу, зобразити структурну формулу молекули.

Класифікація органічних сполук. Орієнтуватися у світі органічних речовин допомагає їх класифікація. Два способи класифікації проілюстровано схемами 1 і 2.

Схема 1

Класифікація сполук за якісним (елементним) складом

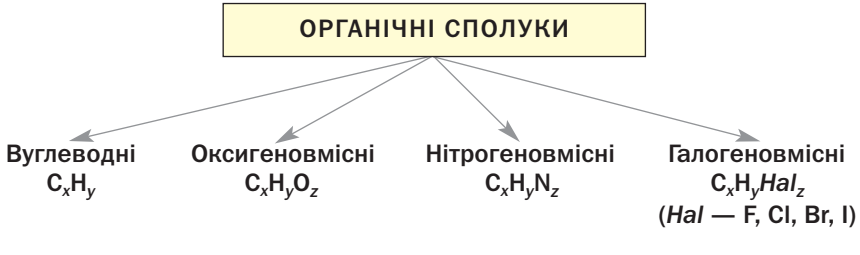
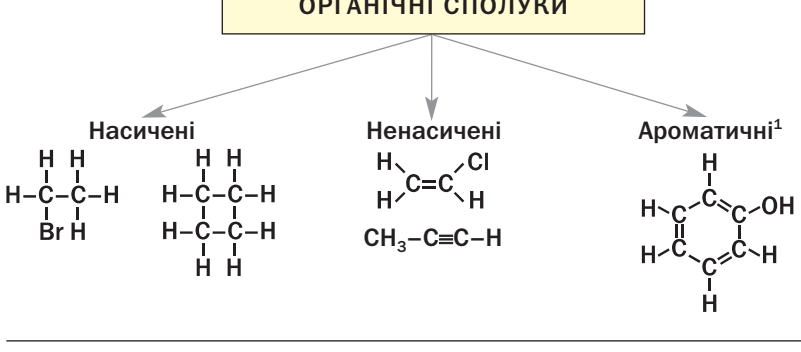


Схема 2

Класифікація сполук за особливостями зв'язку між атомами Карбону



[1] Термін походить від грецького слова arōmatos — пахуча речовина.

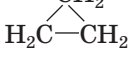
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Молекули *насичених* сполук містять лише прості зв'язки між атомами Карбону, а *ненасичених* — ще й подвійні, потрійні зв'язки. У молекулах *ароматичних* сполук є карбонові цикли, в яких унаслідок чергування простих і подвійних зв'язків утворюється замкнена електронна система з рівномірно розподіленою електронною густиною[1].

Органічні речовини також класифікують за *будовою карбонового ланцюга*. Молекули сполук одного типу мають відкритий карбоновий ланцюг — нерозгалужений або розгалужений. Сполуки іншого типу складаються з молекул циклічної будови.

Цікаво знати

Найпростішим циклічним вуглеводнем є циклопропан



Ще одним критерієм для класифікації органічних сполук (за винятком вуглеводнів) є наявність у молекулах певних груп атомів, які називають *характеристичними*, або *функціональними*, групами. Така група атомів зумовлює хімічні властивості, притаманні сполукам даного класу. Серед оксигеновмісних органічних сполук виокремлюють, наприклад, клас спиртів, клас карбонових кислот. У молекулах спиртів містяться, крім вуглеводневих залишків, гідроксильні групи (–OH), а карбонових кислот — карбоксильні групи (–COOH). Молекули деяких сполук мають кілька різних характеристичних груп. Так, у молекулі амінооцтової кислоти $H_2N–CH_2–COOH$ є аміногрупа ($–NH_2$) і карбоксильна група (–COOH).

Органічні сполуки, молекули яких містять сотні й тисячі атомів Карбону, називають *високомолекулярними*. Крохмаль, целюлоза, білки є природними високомолекулярними сполуками, а поліетилен належить до синтетичних високомолекулярних сполук.

▶ До яких типів (класів) органічних речовин зараховують сполуку з формулою C_2H_5OH?

[1] Про це йтиметься в § 11.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

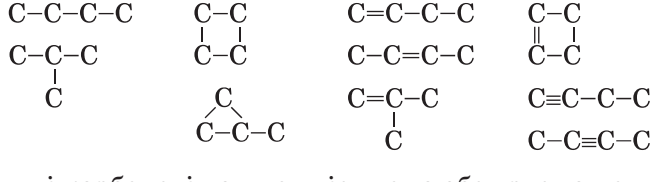
Розглянемо вправу, яка підтверджує здатність кількох атомів Карбону разом з атомами інших елементів утворювати багато різних молекул, а отже, й органічних речовин.

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

Розв'язання

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

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



Можливі карбонові ланцюги із двома або трьома подвійними зв'язками, двома потрійними зв'язками чи двома різними зв'язками — подвійним і потрійним. Крім того, атоми Карбону в молекулах органічних сполук можуть бути сполучені не лише з атомами Гідрогену, а й з атомами інших елементів.

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

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

Виконавши останнє завдання, ви отримали структурні формули молекул вуглеводнів.

ВИСНОВКИ

Органічні речовини — це сполуки Карбону. Їх численність зумовлена здатністю атомів Карбону утворювати прості, подвійні, потрійні ковалентні зв'язки і сполучатися в ланцюги різної будови.

Чимало органічних сполук мають тривіальні назви, але для кожної існує систематична

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

назва, яка вказує на склад і будову молекули сполуки.

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

?

1. Назвіть кілька відмінностей органічних сполук від неорганічних.
2. Поясніть, чому органічних речовин набагато більше, ніж неорганічних.
3. Які ознаки використовують для класифікації органічних сполук?
4. До яких типів (класів) належать органічні речовини, що мають такі формули:
   а) C_3H_8;
   б) C_2H_3Br;
   в) C_6H_6;
   г) CH_3NH_2;
   ґ) $(C_6H_{10}O_5)_n$;
   д) $(-CH_2-CH_2-)_n$?
5. Наведіть приклад насиченої оксигеновмісної органічної сполуки, молекула якої містить один атом Карбону. Запишіть її хімічну формулу та зобразіть структурну й електронну формули молекули.
6. У якій речовині — глюкозі, етиловому спирті чи амінооцтовій кислоті — масова частка Карбону найбільша?
7. Обчисліть густину (н. у.) і відносну густину за воднем газуватої сполуки, молекула якої має скорочену структурну формулу CHF_2-CH_3.

2 Теорія будови органічних сполук

Матеріал параграфа допоможе вам:

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

Теорія будови органічних сполук. Розширення наукових досліджень із хімії, систематизація й теоретичне обґрунтування накопиче-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Олександр Михайлович Бутлеров (1828—1886)

Видатний російський хімік, професор Казанського і Петербурзького університетів, академік Петербурзької академії наук. Зробив значний внесок у розвиток органічної хімії, її теоретичних основ. Пояснив явище ізомерії та експериментально довів існування ізомерів. Написав класичний підручник з органічної хімії. Уперше синтезував цукристу речовину (глюкозу) в лабораторії.

ного експериментального матеріалу, виявлення суттєвих відмінностей між органічними і неорганічними речовинами сприяли тому, що на початку XIX ст. хімія органічних сполук виокремилась у самостійну галузь хімічної науки — органічну хімію.

Цікаво знати
Термін «органічна хімія» запропонував у 1827 р. шведський учений Й.-Я. Берцеліус.

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

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

Наводимо основні положення теорії в сучасному тлумаченні:

- у молекулах органічних речовин атоми сполучені в певному порядку відповідно до валентності елементів;

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

- властивості органічних речовин залежать не лише від їхнього складу, а й від будови молекул;
- атоми і групи атомів, що містяться в молекулі, зазнають взаємного впливу, який позначається на фізичних і хімічних властивостях речовин.

Згідно із цією теорією, за будовою 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 невідомих речовин. Успішні синтези таких речовин у хімічних лабораторіях підтверджували правильність створеної теорії.

Подальший розвиток теорія будови органічних сполук отримала в працях голландського хіміка Я. Вант-Гоффа і французького хіміка Ж.-А. Ле Беля. Цих учених вважають основоположниками вчення про просторову будову молекул органічних речовин, залежність 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 направлені від центра тетраедра, де перебуває цей атом, до вершин.

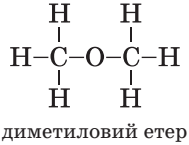
Багато відкриттів у галузі органічної хімії пов'язано з іменами українських учених — О. П. Ельтекова, В. П. Яворського, С. М. Реформатського, І. Я. Горбачевського, О. В. Богатського, І. К. Мацуревича, Л. М. Литвиненка, А. І. Кіпріанова та ін.

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*.

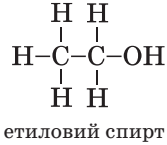
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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 й пояснили причину існування таких речовин.

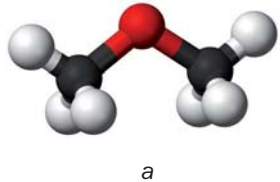
Відомо, що диметиловий етер і етиловий спирт мають однаковий склад; хімічна формула кожної сполуки — C_2H_6O. Проте атоми в молекулах цих речовин сполучені в різній послідовності (мал. 1):



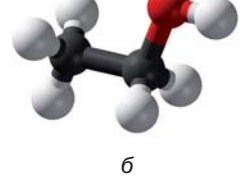
диметиловий етер



етиловий спирт



а



б

Мал. 1. Кулестержневі моделі молекул диметилового етеру (*а*) й етилового спирту (*б*)

Це зумовлює відмінності у фізичних і хімічних властивостях сполук. Диметиловий етер за звичайних умов є газом; температура кипіння сполуки становить −23,7 °С. Етиловий спирт — рідина з температурою кипіння +78,3 °С. Етер не взаємодіє з натрієм, а спирт реагує із цим металом (§ 14).

Сполуки, які мають однаковий склад, але різну будову молекул, називають *ізомерами*[1], а явище існування таких сполук — *ізомерією*.

Ізомерію, зумовлену різною послідовністю сполучення атомів у молекулах, а також різним розміщенням кратних[2] зв'язків у них,

[1] Термін походить від грецьких слів isos — однаковий, meros — частина.

[2] Тобто подвійних, потрійних зв'язків.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

називають *структурною*. Диметиловий етер і етиловий спирт — структурні ізомери.

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

Невдовзі ви навчитеся передбачати існування ізомерів, визначати їх кількість, складати структурні формули їхніх молекул і називати ці сполуки.

ВИСНОВКИ

Створення теорії будови органічних сполук стало важливим етапом у розвитку хімії. Згідно із цією теорією, атоми сполучені в молекулах у певній послідовності й 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, які мають однаковий склад, але різняться за будовою молекул, називають ізомерами, а явище існування таких сполук — ізомерією.

?

8. Сформулюйте основні положення теорії будови органічних сполук.
9. За матеріалами з інтернету або іншими джерелами інформації підготуйте повідомлення про одного з вітчизняних учених, імена яких згадано в параграфі.
10. 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.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

11. Які сполуки називають ізомерами? Чи є ізомерами сполуки з такими формулами:
    а) C_2H_4 і C_2H_6;
    б) CH_3Cl і $CHCl_3$;
    в) $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ і $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$?
12. Охарактеризуйте хімічні зв'язки в молекулах ізомерів — диметилового етеру та етилового спирту. Зв'язок між якими атомами в кожній молекулі є найбільш полярним?

3 Хімічний зв'язок в органічних сполуках

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, які типи хімічного зв'язку реалізуються в органічних сполуках;
- поглибити свої знання про ковалентний зв'язок;
- зрозуміти особливості ковалентних зв'язків між атомами Карбону.

Вивчаючи хімію, ви ознайомилися з йонним, ковалентним, водневим зв'язком. В органічних сполуках реалізуються всі ці типи зв'язку. Найбільш поширеним є ковалентний зв'язок, оскільки майже всі органічні сполуки складаються з молекул, а в них атоми сполучені саме таким зв'язком.

Ковалентний зв'язок. Вам відомо, що ковалентний зв'язок виникає між двома атомами внаслідок утворення однієї або кількох спільних електронних пар за рахунок неспарених електронів[1]. Формуванню таких пар передує перекривання відповідних орбіталей. Орбіталі можуть перекриватися з утворенням:

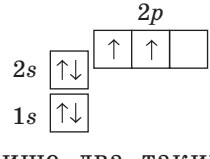
- *однієї спільної ділянки*, яку перетинає лінія, що з'єднує центри атомів;

[1] Існує інший механізм утворення ковалентного зв'язку (с. 158).

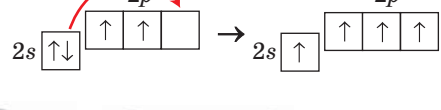
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

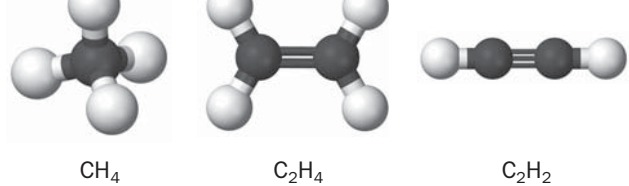
- *двох спільних ділянок*, розміщених з протилежних боків від указаної лінії.

Утворення ковалентних зв'язків за участю атомів Карбону. В органічних речовинах атоми Карбону можуть сполучатися з іншими атомами простими, подвійними, потрійними зв'язками (мал. 2). У цих речовинах Карбон чотиривалентний. Таке значення валентності можливе, якщо атом має чотири неспарені електрони. Згідно з графічним варіантом електронної формули атома Карбону



у ньому є лише два таких електрони. У 9 класі ви дізналися, що при поглинанні атомом Карбону певної порції енергії один із 2*s*-електронів переходить у вільну *p*-орбіталь, і кількість неспарених електронів зростає до чотирьох:

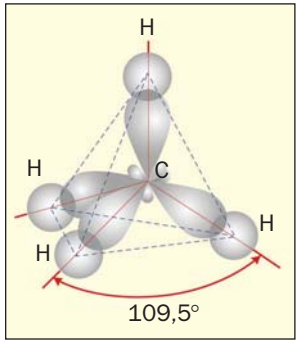




Мал. 2. Кулестержневі моделі молекул вуглеводнів

У молекулах насичених вуглеводнів — метану CH_4 та його гомологів — кожний атом Карбону утворює з іншими атомами чотири прості ковалентні зв'язки. При утворенні такого зв'язку енергії 2*s*- і трьох 2*p*-електронів атома Карбону вирівнюються, а їхні орбіталі набувають однакової форми — несиметричної вісімки. Нові орбіталі орієнтуються одна відносно одної під кутами 109,5° (мал. 3)

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

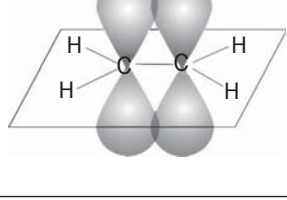


Мал. 3. Перекривання орбіталей у молекулі метану

й перекриваються з такими самими орбіталями іншого атома Карбону та/або із *s*-орбіталями атомів Гідрогену. Утворюються прості зв'язки[1] C–C і C–H.

Молекули етену C_2H_4 та його гомологів містять один подвійний зв'язок C=C. При утворенні такого зв'язку 2*s*-орбіталь і дві 2*p*-орбіталі кожного атома Карбону змінюють свої форми на однакову (теж несиметричної вісімки) й розміщуються під кутами 120°. Одна зі змінених орбіталей перекривається з аналогічною орбіталлю іншого атома Карбону:

Треті *p*-орбіталі обох атомів Карбону зберігають форму, орієнтацію в просторі. Їх взаємне перекривання відбувається на двох ділянках — над і під лінією, яка з'єднує центри атомів Карбону:



[1] Простий зв'язок називають σ-зв'язком (σ читається «сигма»).

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Отже, подвійний зв'язок C=C має два неоднакові складники, один із яких є простим зв'язком. Другий складник[1] може легко руйнуватися під час хімічних реакцій (§ 9).

Подібні зміни орбіталей атома Карбону, але лише двох (2*s* і 2*p*), відбуваються при утворенні потрійного зв'язку C≡C, який наявний у молекулах етину C_2H_2 і його гомологів. Ці орбіталі, змінивши свої форми на однакову (несиметричної вісімки), орієнтуються під кутом 180°. Два електрони кожного атома Карбону перебувають у змінених орбіталях і беруть участь в утворенні двох простих зв'язків; один із них реалізується між атомами Карбону:

Два інших електрони кожного атома Карбону залишаються у двох *p*-орбіталях і зумовлюють другий і третій складники потрійного зв'язку C≡C:

Кожний із цих складників поступається за міцністю простому зв'язку. Тому етин C_2H_2 (HC≡CH) у відповідних хімічних реакціях перетворюється на насичені органічні сполуки (§ 10).

Таким чином, зв'язки C=C і C≡C утворені різними складниками[2].

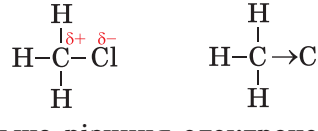
Полярність зв'язку. Ця характеристика ковалентного зв'язку пов'язана з електронегативністю атомів. Ви знаєте, що зв'язок між однаковими атомами є неполярним, а між різ-

[1] Його назва — π-зв'язок.

[2] Подвійний зв'язок складається із σ- і π-зв'язку, а потрійний — із σ-зв'язку і двох π-зв'язків.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ними — як правило, полярним. У другому випадку одна чи кілька спільних електронних пар зміщені до атома більш електронегативного елемента. Цей атом набуває часткового негативного заряду (δ−), а інший атом — часткового позитивного заряду (δ+). Напрямок зміщення електронної пари (або електронної густини) показують стрілкою:

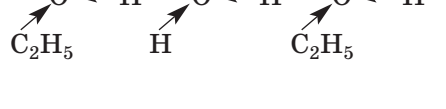


Чим більша різниця електронегативностей атомів, тим більш полярним є зв'язок між ними. Значна полярність зв'язку O–H у молекулі оцтової кислоти CH_3COOH зумовлює її електролітичну дисоціацію у водному розчині.

Йонний зв'язок. Вам відомо, що йони із протилежними зарядами сполучаються один з одним. Так виникає йонний зв'язок. Він досить міцний.

Органічних сполук, які складаються з йонів, дуже мало. Майже всі вони є солями. Серед них — солі карбонових кислот (§ 19), амінокислот (§ 28). Органічні сполуки, що мають йонну будову, — тверді речовини. Більшість їх розчиняється у воді.

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 у водному розчині між молекулами води та молекулами будь-якої з названих сполук. Цей зв'язок позначають трьома крапками між відповідними атомами:



Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Хоча водневий зв'язок значно слабкіший за ковалентний і йонний, він істотно впливає на фізичні властивості речовин. Крім того, зв'язок цього типу бере участь у формуванні особливої будови молекул білків.

ВИСНОВКИ

Характерним для органічних сполук є ковалентний зв'язок. Він утворюється внаслідок об'єднання неспарених електронів двох однакових або різних атомів у спільні електронні пари.

Атоми Карбону можуть сполучатися з іншими атомами простим, подвійним, потрійним ковалентними зв'язками. У молекулах органічних сполук існують як полярні, так і неполярні ковалентні зв'язки.

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

?

13. Які типи хімічного зв'язку існують в органічних сполуках? Зв'язки яких типів є досить міцними?
14. Поясніть, як утворюється між атомами Карбону:
    а) простий ковалентний зв'язок;
    б) подвійний ковалентний зв'язок;
    в) потрійний ковалентний зв'язок.
15. Охарактеризуйте ковалентні зв'язки в молекулі пропену C_3H_6.
16. Полярність якого зв'язку найбільша, а якого — найменша: C–Cl, C–O, C–F, C–S?
17. У наведеному переліку вкажіть сполуки з йонним зв'язком: бромометан, гідроген хлорид, кальцій хлорид, оцтова кислота, натрій ацетат, етанол.
18. Чим відрізняється водневий зв'язок від ковалентного? Зобразіть два варіанти сполучення молекули води з молекулою метанолу CH_3OH водневим зв'язком.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

4 Розв'язування задач на виведення хімічної формули речовини (І)

Матеріал параграфа допоможе вам:

- вивести формулу сполуки за масовими частками елементів;
- з'ясувати відмінність істинної формули речовини від найпростішої.

У параграфі розглянуто кілька типових задач на виведення формул органічних сполук за масовими частками елементів. Способи їх розв'язання можна застосовувати і для неорганічних речовин.

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. Вивести формулу оксигеновмісної органічної сполуки, якщо масова частка Карбону в ній становить 37,5 %, а Гідрогену — 12,5 %.

Дано:

$C_xH_yO_z$
$w(C) = 37{,}5\ \%$
$w(H) = 12{,}5\ \%$

$C_xH_yO_z$ — ?

Розв'язання

1. Обчислюємо масову частку Оксигену в сполуці:

$$w(O) = 100\ \% - w(C) - w(H) = 100\ \% - 37{,}5\ \% - 12{,}5\ \% = 50{,}0\ \%.$$

2. Розраховуємо співвідношення кількостей речовини елементів у сполуці, а отже, і співвідношення значень відповідних індексів у її формулі.

Нехай маса оксигеновмісної органічної сполуки становить 100 г. Тоді маса Карбону в ній дорівнює 37,5 г, Гідрогену — 12,5 г, а Оксигену — 50,0 г.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

$$x : y : z = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) =$$

$$= \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} : \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} =$$

$$= \frac{37{,}5}{12} : \frac{12{,}5}{1} : \frac{50{,}0}{16} = 3{,}125 : 12{,}5 : 3{,}125.$$

3. Знаходимо формулу сполуки.

Індекси в хімічній формулі мають бути цілими числами, часто — найменшими з усіх можливих. Зваживши на це, ділимо всі числа в добутому співвідношенні на найменше (3,125). Отримуємо:

$$x : y : z = 1 : 4 : 1.$$

Формула сполуки — CH_4O. Таку формулу має метанол CH_3OH.

Відповідь: CH_3OH.

Якщо при розв'язанні аналогічних задач ви отримаєте, наприклад, співвідношення індексів у хімічній формулі 1,0 : 1,5, то кожне число потрібно помножити на 2 (індекси дорівнюватимуть 2 і 3), а якщо — співвідношення 1,00 : 1,33 або 1,00 : 2,66, помножте числа на 3 (індекси становитимуть 3 і 4 або 3 і 8).

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

Дано:

C_xH_y

$w(\text{H}) = 18{,}2\ \%$

C_xH_y — ?

Розв'язання

1. Обчислюємо масову частку Карбону в сполуці:

$$w(\text{C}) = 100\ \% - w(\text{H}) =$$

$$= 100\ \% - 18{,}2\ \% = 81{,}8\ \%.$$

Отже, у кожних 100 г речовини міститься 81,8 г Карбону і 18,2 г Гідрогену.

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

$$x : y = n(\text{C}) : n(\text{H}) =$$

$$= \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{81{,}8}{12} : \frac{18{,}2}{1} =$$

$$= 6{,}82 : 18{,}2.$$

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

3. Знаходимо формулу сполуки.
Ділимо обидва числа в добутому співвідношенні на найменше (6,82). Отримуємо:

$$x : y = 1 : 2{,}67.$$

Для того щоб у співвідношенні були найменші цілі числа, помножимо обидва числа на 3:

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

Формула вуглеводню — C_3H_8. Таку формулу має пропан.

Відповідь: C_3H_8.

За масовими частками елементів у сполуці знаходять її *найпростішу* хімічну формулу, в якій індекси найменші з усіх можливих. Для таких сполук, як, наприклад, метан CH_4, ця формула водночас є справжньою, або *істинною*. Для етину найпростіша формула — CH, а істинна — C_2H_2. Для виведення істинної формули речовини необхідно додатково знати її молярну масу або мати інші дані (§ 7).

ЗАДАЧА 3. Знайти формулу вуглеводню, якщо масова частка Карбону в ньому становить 85,7 %, а молярна маса — 56 г/моль.

Дано:

C_xH_y
$w(C) = 85{,}7\ \%$
$M(C_xH_y) =$
$= 56$ г/моль

C_xH_y — ?

Розв'язання

1-й спосіб

1. Обчислюємо масову частку Гідрогену в сполуці:

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

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

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

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

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Вуглеводню з формулою CH_2 не існує; отримана формула є найпростішою, але не істинною.

3. Знаходимо істинну формулу сполуки C_xH_y. Вона кратна найпростішій: $C_xH_y \Rightarrow (CH_2)_z$.

$M(C_xH_y) = M[(CH_2)_z] = zM(CH_2) = 56$ г/моль.

Звідси

$$z = \frac{M(C_xH_y)}{M(CH_2)} = \frac{56}{14} = 4.$$

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

2-й спосіб

1. Обчислюємо масу Карбону в 1 моль вуглеводню, тобто в 56 г сполуки, за масовою часткою елемента:

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

2. Знаходимо кількість речовини Карбону в 1 моль вуглеводню:

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

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

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

$$n(H) = \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{8}{1} = 8 \text{ (моль)}.$$

Формула вуглеводню — C_4H_8.

Відповідь: C_4H_8.

ВИСНОВКИ

Формулу органічної сполуки можна вивести за масовими частками елементів. Знайдена в такий спосіб формула є найпростішою. Для перетворення її на істинну формулу використовують додаткові дані про сполуку, зокрема її молярну масу.

?

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

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

20. За результатами хімічного аналізу вуглеводню отримано формулу CH_3. Яка істинна формула цієї сполуки?
21. Виведіть формулу найпростішої за складом нітрогеновмісної органічної сполуки, якщо масова частка Карбону в ній становить 38,71 %, а Гідрогену — 16,13 %. Зобразіть структурну формулу молекули сполуки.
22. Яка формула вуглеводню, якщо масова частка Карбону в ньому 84 %?
23. Знайдіть формулу вуглеводню, в якому співвідношення мас Карбону і Гідрогену становить: а) 3 : 1; б) 4 : 1. (Усно.)
24. Виконайте розрахунки для вуглеводню і заповніть таблицю:

E	*w*(*E*), %, або *m*(*E*) у 100 г сполуки, г	*M*(*E*), г/моль	$\frac{m(E)}{M(E)}$, або *n*(*E*), моль	*n*(C) : *n*(H)	Множник	Індекси в хімічній формулі	Найпростіша формула сполуки
C	83,7			1 : ...	3		
H							

Чи існує речовина з виведеною найпростішою формулою? Якщо ні, то якою є істинна формула речовини?

25. Виведіть формулу сполуки, якщо її молекула містить атом Карбону, атом елемента VI групи й атоми Гідрогену, а масові частки перших двох елементів становлять відповідно: а) 3/8 і 1/2; б) 1/4 і 2/3. Зобразіть структурні формули молекул сполук.
26. Складіть задачу на виведення формули оцтової кислоти за масовими частками елементів. Чи потрібно додати в умову задачі значення молярної маси сполуки? Відповідь обґрунтуйте.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

2 розділ
Вуглеводні

Цей розділ присвячений вуглеводням — сполукам Карбону з Гідрогеном. Такі сполуки містяться в природному газі, нафті. Вони слугують паливом, пальним, сировиною в різних виробництвах.

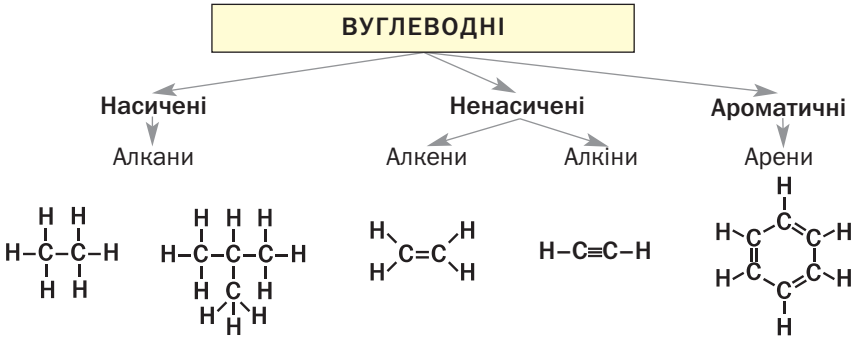
Вуглеводні становлять основу органічної хімії. Одне з означень цієї галузі хімічної науки таке: *органічна хімія — хімія вуглеводнів та їх похідних*. Похідними називають продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулах вуглеводнів на атоми інших елементів або групи сполучених атомів (–OH, –COOH, $–NH_2$ та ін.).

Вуглеводні C_nH_m

Загальна формула вуглеводнів — $\mathbf{C_nH_m}$. Ці сполуки поділяють на дві групи — з відкритим і замкненим карбоновим ланцюгом у молекулах. Існує також їх поділ за особливостями зв'язку між атомами Карбону (схема 3).

Схема 3

Класифікація вуглеводнів за особливостями зв'язку між атомами Карбону



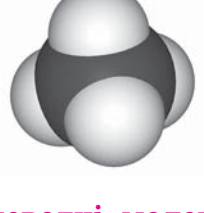
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

5 Алкани

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, які вуглеводні називають алканами;
- 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. 2, 4). Він започатковує гомологічний ряд, до якого зараховують сполуки з формулами C_2H_6, C_3H_8 та багато інших. Вам відомо, що гомологічний ряд — це ряд органічних сполук (гомологів), молекули яких подібні за будовою й різняться на одну або кілька груп атомів CH_2 (так звана гомологічна різниця).



Мал. 4. Масштабна модель молекули метану

Насичені вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг, називають *алканами*.

Алкани C_nH_{2n+2}

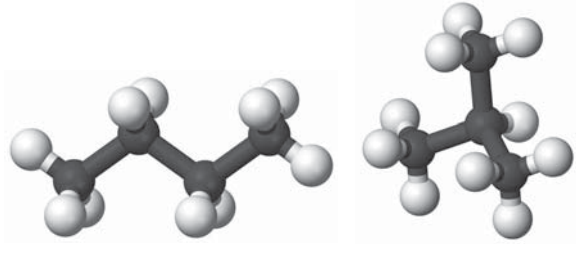
Загальна формула алканів — $\mathbf{C_nH_{2n+2}}$ ($n = 1, 2, \ldots$). У молекулах цих вуглеводнів усі атоми сполучені простим ковалентним зв'язком, а кути між лініями, що з'єднують центри сусідніх атомів, становлять 109,5°. Вуглеводні CH_4, C_2H_6, C_3H_8 та інші аналогічні сполуки є гомологами й утворюють гомологічний ряд алканів.

Ізомерія. Для алканів, крім метану CH_4, етану C_2H_6 і пропану C_3H_8, існують ізомери.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

▶ Які сполуки називають ізомерами?

Формулу C_4H_{10} мають два алкани. Молекула одного з них містить нерозгалужений карбоновий ланцюг, а іншого — розгалужений (мал. 5):



Мал. 5. Кулестержневі моделі молекул ізомерних алканів C_4H_{10}

Відомо три алкани з формулою C_5H_{12}, п'ять — із формулою C_6H_{14}, дев'ять — із формулою C_7H_{16}, а кількість ізомерів, які мають формулу $C_{10}H_{22}$, сягає 75. Отже, зі збільшенням числа атомів Карбону в молекулах алканів кількість ізомерів істотно зростає.

Молекули ізомерних алканів різняться за послідовністю сполучення атомів Карбону. Ці сполуки є структурними ізомерами (§ 2) і мають різні властивості. Наприклад, 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.

Назви. Згідно із систематичною номенклатурою органічних сполук, назви всіх алканів мають суфікс *-ан*. Для перших чотирьох сполук цього гомологічного ряду використовують традиційні назви: мет*ан*, ет*ан*, проп*ан*, бут*ан*. Основу назв решти алканів становлять іншомовні числівники (грецькі, латинські), які вказують на кількість атомів Карбону в

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

молекулах: C_5H_{12} — пент*ан*, C_6H_{14} — гекс*ан*, C_7H_{16} — гепт*ан*, C_8H_{18} — окт*ан*, C_9H_{20} — нон*ан*, $C_{10}H_{22}$ — дек*ан*.

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

Якщо молекула має нерозгалужену («нормальну») будову, то перед назвою алкану часто записують літеру *н* із дефісом (табл. 1). Наприклад, сполуку з формулою $CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$ називають *н*-бутаном. Ізомер, формула якого $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}–CH_3$, отримав назву «ізобутан».

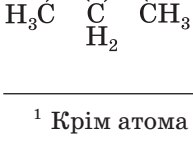
Таблиця 1

Алкани

Назва	Формула	
	хімічна	**структурна** (скорочена)
Мет*ан*	CH_4	CH_4
Ет*ан*	C_2H_6	$CH_3–CH_3$
Проп*ан*	C_3H_8	$CH_3–CH_2–CH_3$
н-But*ан*	C_4H_{10}	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$
н-Пент*ан*	C_5H_{12}	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$
н-Гекс*ан*	C_6H_{14}	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$
н-Гепт*ан*	C_7H_{16}	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$
н-Окт*ан*	C_8H_{18}	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$
н-Нон*ан*	C_9H_{20}	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$
н-Дек*ан*	$C_{10}H_{22}$	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

При складанні назв ізомерів використовують поняття «замісник». *Замісник — атом*[1] *або група атомів, що є відгалуженням у карбоновому ланцюзі.* Загальне позначення замісника — ***R***.

Формула з позначенням замісника



Якщо замісник утворений з атомів Карбону і Гідрогену, його називають *вуглеводневим залишком*. Формулу такого замісника можна отримати, «вилучивши» атом Гідрогену з формули вуглеводню. Назва замісника походить від назви вуглеводню і має суфікс *-ил* (*-іл*): мет*ил* $CH_3–$, ет*ил* $CH_3–CH_2–$, проп*іл*

[1] Крім атома Гідрогену.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

$CH_3–CH_2–CH_2–$. Загальна формула цих та інших аналогічних замісників $C_nH_{2n+1}–$.

Замісником, наявним у молекулі ізобутану $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}–CH_3$, є група атомів $CH_3–$, а молекула $CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}–\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{|}{CH}}–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}–CH_3$ містить три замісники — 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 алкану обирають 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, 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-[1], три-, тетра- тощо), а перед ним указують номери відповідних атомів Карбону, розділені комами.

Згідно з наведеними правилами, систематична назва вуглеводню, структурна формула молекули якого $\overset{1}{CH_3}–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\overset{2}{|}}{CH}}–\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\overset{3}{|}}{CH}}–\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\overset{4}{|}}{CH}}–\overset{5}{CH_3}$, — 3-етил-2,4-диметилпентан.

[1] Відповідно до українського правопису.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ВПРАВА 1. Скласти структурні формули молекул ізомерних алканів C_6H_{14} і назвати сполуки.

Розв'язання

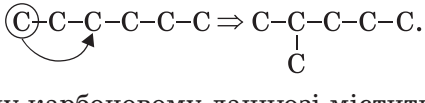
З'ясовуємо варіанти сполучення шести атомів Карбону. Кількість варіантів дорівнюватиме кількості ізомерних алканів C_6H_{14}.

1. Сполучаємо атоми Карбону в нерозгалужений ланцюг і додаємо атоми Гідрогену, пам'ятаючи, що Карбон чотиривалентний:

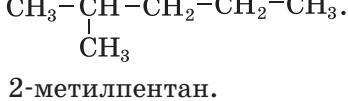
$$CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3.$$

Назва відповідного алкану — *н*-гексан.

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

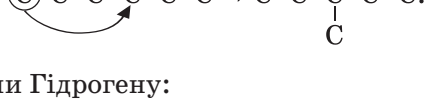


У найдовшому карбоновому ланцюзі міститься п'ять атомів Карбону. Нумеруємо їх з того кінця ланцюга, до якого ближче розташований замісник, і дописуємо атоми Гідрогену:

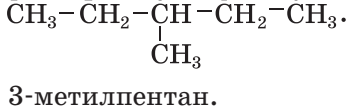


Назва алкану — 2-метилпентан.

3. Тепер переміщуємо перший атом Карбону до четвертого:

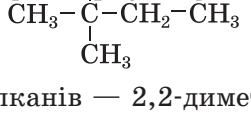


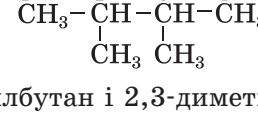
Додаємо атоми Гідрогену:



Назва алкану — 3-метилпентан.

4. Інші два ізомери мають два замісники $–CH_3$ біля одного або різних атомів Карбону; в обох випадках головний карбоновий ланцюг складається з 4-х атомів:





Назви алканів — 2,2-диметилбутан і 2,3-диметилбутан відповідно.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Отже, формулу C_6H_{14} мають п'ять ізомерів: *н*-гексан, 2-метилпентан, 3-метилпентан, 2,2-диметилбутан і 2,3-диметилбутан.

У назвах деяких вуглеводнів із розгалуженими молекулами цифри перед замісниками зазвичай не вказують. Наприклад, для ізобутану $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$ найчастіше використовують назву *метилпропан*, а не 2-метилпропан.

Виконаємо протилежне 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:

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

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

$$\overset{1}{C}-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{2}{C}}}}}-\overset{3}{C}-\overset{4}{\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{C}}}-\overset{5}{C}-\overset{6}{C}-\overset{7}{C}.$$

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

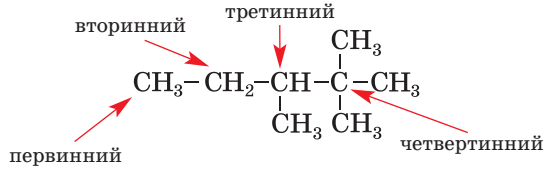
$$\overset{1}{C}H_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{2|}{\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}}}-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{C}}}H-\overset{5}{C}H_2-\overset{6}{C}H_2-\overset{7}{C}H_3.$$

Замісниками в молекулах органічних сполук можуть бути атоми галогенів — F, Cl, Br, I. Приклади назв і формул таких сполук: йодометан CH_3I, дибромометан CH_2Br_2, 2-хлоропропан $CH_3-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-CH_3$.

У молекулах алканів атоми Карбону з'єднані з різною кількістю атомів цього елемента. Якщо атом Карбону сполучений з одним таким самим атомом, його називають *пер-*

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

винним, якщо із двома — *вторинним*, із трьома або чотирма — *третинним* і *четвертинним* відповідно:



У нерозгалуженому карбоновому ланцюзі містяться лише первинні (на його кінцях) і вторинні атоми Карбону.

ВИСНОВКИ

Насичені вуглеводні з відкритим карбоновим ланцюгом у молекулах називають алканами. Їх загальна формула — C_nH_{2n+2}.

Майже для всіх алканів існують структурні ізомери; їх молекули мають різну будову карбонового ланцюга.

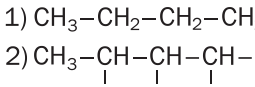
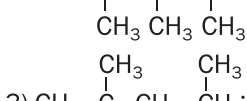
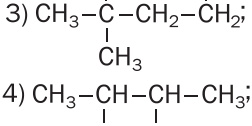
Назви алканів містять суфікс *-ан*. Для перших чотирьох сполук гомологічного ряду використовують традиційні назви: метан, етан, пропан, бутан. Основу назв решти алканів становлять іншомовні числівники. Алкани з молекулами розгалуженої будови називають за правилами систематичної номенклатури.

?

27. Серед наведених формул укажіть ті, що належать алканам: CH_4, C_3H_6, C_6H_{12}, C_7H_{16}, C_8H_{18}.
28. Назвіть алкани, які не мають ізомерів.
29. Складіть структурні формули молекул алканів, що мають такі назви:
    а) 3-метилгексан;
    б) 3,4-діетилгептан;
    в) 3-етил-2-метилгептан.
30. Зобразіть структурні формули молекул усіх ізомерних алканів C_5H_{12} і назвіть сполуки.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

31. Знайдіть відповідність:

Формула молекули	*Назва алкану*
1) $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$;	а) 2,3-диметилпентан;
2) 	б) *н*-пентан;
3) 	в) 2,3,4-триметилпентан;
4) 	г) 2,2-диметилпентан.

32. Складіть структурні формули молекул ізомерів C_8H_{18}, у молекулах яких головний карбоновий ланцюг містить шість атомів Карбону.
33. Які вуглеводні в поданому переліку є ізомерами: 3-етил-2-метилпентан; 2,2,3-триметилпентан; 3,3-діетилпентан?
34. Обчисліть густину бутану (за н. у.) і його відносну густину за воднем. Чому в умові задачі не вказано конкретний ізомер вуглеводню?
35. Складіть структурну формулу алкану із четвертинним атомом Карбону в молекулі, якщо молярна маса сполуки становить 72 г/моль.

6 Властивості алканів

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати залежність фізичних властивостей алканів від складу молекул;
- дізнатися про деякі хімічні властивості алканів.

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

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

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

містять від 5 до 16 атомів Карбону, — рідини, решта — тверді речовини. Сумішшю твердих алканів C_nH_{2n+2} ($n \geq 18$) 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.

За нормального тиску метан CH_4 плавиться і закипає за температур –182,5 і –161,6 °С, н-бутан C_4H_{10} — за –138,3 і –0,5 °С, а н-октан C_8H_{18} — за –56,8 і +125,7 °С.

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

Алкани легші за воду. Оскільки молекули алканів неполярні, ці сполуки розчиняються в органічних розчинниках, але нерозчинні у воді (мал. 6).

Мал. 6. Парафін не розчиняється у воді

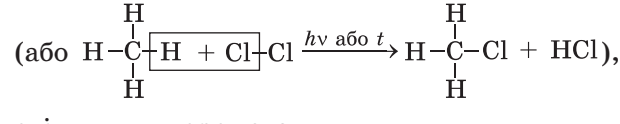
Хімічні властивості. Усі алкани є хімічно пасивними сполуками. За певних умов вони вступають у реакції заміщення, розкладаються, перетворюються на ізомери. Алкани — горючі речовини.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Реакції заміщення. При освітленні або за підвищеної температури (250—400 °С) алкани взаємодіють із хлором або бромом. Під час таких реакцій атоми Гідрогену в молекулах вуглеводнів заміщуються на атоми галогенів. Взаємодію органічної сполуки з галогеном називають реакцією *галогенування*.

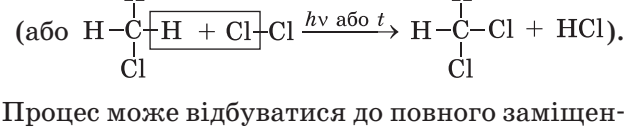
У реакції метану з хлором спочатку утворюється хлорометан

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu \text{ або } t} CH_3Cl + HCl$$



потім — дихлорометан

$$CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{h\nu \text{ або } t} CH_2Cl_2 + HCl$$



Процес може відбуватися до повного заміщення атомів Гідрогену. Тому хлорування метану часто ілюструють схемою

$$\underset{\text{метан}}{CH_4} \xrightarrow[-HCl]{+Cl_2} \underset{\text{хлорометан}}{CH_3Cl} \xrightarrow[-HCl]{+Cl_2} \underset{\text{дихлоро-метан}}{CH_2Cl_2} \xrightarrow[-HCl]{+Cl_2} \underset{\text{трихлоро-метан}}{CHCl_3} \xrightarrow[-HCl]{+Cl_2} \underset{\text{тетрахлоро-метан}}{CCl_4}.$$

У цій схемі над кожною стрілкою вказано формулу реагенту (зі знаком «плюс»), а під стрілкою — формулу «другорядного» продукту реакції — хлороводню (зі знаком «мінус»).

▶ Напишіть рівняння відповідних реакцій з утворенням трихлорометану і тетрахлорометану.

Добути взаємодією метану із хлором якусь одну органічну сполуку не вдається; у реакційній суміші завжди наявні кілька хлоропохідних вуглеводню.

Хлорування етану розпочинається згідно з рівнянням

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

$$CH_3{-}CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu \text{ або } t} CH_3{-}CH_2Cl + HCl$$

$$(\text{або } C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu \text{ або } t} C_2H_5Cl + HCl).$$

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

Можливе й заміщення інших атомів Гідрогену на атоми Хлору.

На початку взаємодії пропану з хлором утворюється суміш таких сполук:

1-хлоропропан 2-хлоропропан

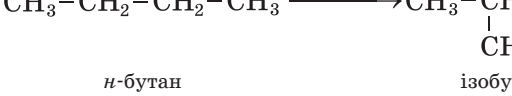
Із фтором алкани реагують з вибухом; при цьому зв'язки C–C розриваються, й утворюються карбон фторид CF_4 і гідроген фторид HF. Реакції алканів з йодом не відбуваються.

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

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t} CH_3{-}CH_3 + CH_2{=}CH_2;$$

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

Ізомеризація. За певних умов алкани нерозгалуженої будови перетворюються на ізомери з розгалуженим карбоновим ланцюгом у молекулах:



н-бутан ізобутан

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

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

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

[1] Або переміщення кратних зв'язків.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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

▶ Напишіть рівняння реакцій горіння етану в надлишку кисню та за його нестачі (з утворенням карбон(II) оксиду).

Суміші метану, інших газуватих алканів, а також пари рідких алканів із повітрям є вибухонебезпечними. Користуючись природним газом, слід бути дуже обережними. Вибух може статися вже за об'ємної частки метану в повітрі 5 %. Потрібно також пам'ятати, що газ, витікаючи через пошкоджений вентиль побутової плити, може спричинити отруєння.

ВИСНОВКИ

Найпростіші алкани за звичайних умов є газами, інші — рідинами або твердими речовинами. Рідкі алкани мають характерний запах. Алкани розчиняються в органічних розчинниках. Температури плавлення і кипіння цих сполук зі збільшенням їх відносної молекулярної маси зростають.

Усі алкани хімічно пасивні. За певних умов вони вступають у реакції заміщення, при нагріванні без доступу повітря розкладаються чи перетворюються на ізомери. Алкани — горючі речовини.

?

36. Як впливає склад молекул алканів на їхні фізичні властивості?
37. За значеннями температур кипіння метану, етану, пропану та *н*-бутану, наведеними в параграфі та знайденими вами в інтернеті, побудуйте графік залежності цієї фізичної властивості алканів від молярної маси сполуки. Прокоментуйте графік.
38. Напишіть рівняння реакцій, що відбуваються при бромуванні метану.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

39. Допишіть хімічні рівняння:

а) ... + $11O_2 \rightarrow 7CO_2 + ...H_2O$;

б) $C_3H_8 \xrightarrow{t} CH_4 + ...$.

40. Який об'єм повітря (н. у.) потрібний для спалювання 10 л пентану, що має густину 0,626 г/см^3? Прийміть об'ємну частку кисню в повітрі за 20 %.

41. При повному згорянні 1 моль пропану виділяється 2200 кДж теплоти, а 1 моль *н*-бутану — 2880 кДж. Складіть термохімічні рівняння реакцій горіння цих сполук.

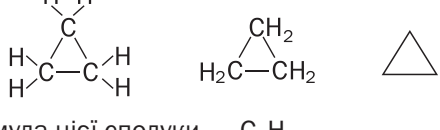
42. У балоні міститься 20 кг суміші пропану і бутану. Масова частка пропану в суміші становить 22 %. Обчисліть середню молярну масу суміші цих газів.

для допитливих

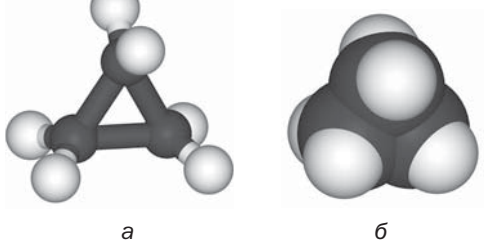
Циклоалкани

Серед насичених вуглеводнів є велика група сполук із молекулами циклічної будови. Їх називають *циклоалканами*. Вони в невеликій кількості разом з іншими вуглеводнями містяться в нафті.

У цикл можуть сполучитися щонайменше три атоми Карбону (мал. 7). Повна та скорочені структурні формули молекули відповідного насиченого вуглеводню:



Хімічна формула цієї сполуки — C_3H_6.



Мал. 7.
Моделі молекули найпростішого циклоалкану:
***а* — кулестержнева;**
***б* — масштабна**

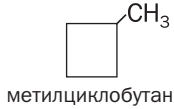
а *б*

Відомі циклоалкани з різною кількістю атомів Карбону, об'єднаних у цикл, а також такі, молекули яких мають вуглеводневі замісники.

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

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

сполука із циклічною молекулою C_3H_6 має назву *циклопропан*, а C_4H_8 — *циклобутан*. Якщо в молекулі циклоалкану є замісник, то його назву вказують на початку назви сполуки[1]:



метилциклобутан

Молекула циклоалкану містить на два атоми Гідрогену менше, ніж молекула алкану з такою самою кількістю атомів Карбону. Тому загальна формула циклоалканів — $\mathbf{C_nH_{2n}}$ (n = 3, 4, ...). Згідно з нею масова частка Карбону в будь-якому циклоалкані становить 85,7 %, а Гідрогену — 14,3 %.

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

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

Карбонові цикли в молекулах циклопропану і циклобутану нестійкі й під час хімічних реакцій розкриваються. Продукти таких перетворень складаються з молекул, які містять відкриті ланцюги з атомів Карбону.

7 Розв'язування задач на виведення хімічної формули речовини (II)

Матеріал параграфа допоможе вам вивести формулу речовини:

- за загальною формулою відповідного гомологічного ряду та молярною (відносною молекулярною) масою речовини або її густиною чи відносною густиною;

[1] У разі наявності кількох замісників указують їх положення і назви.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

➢ за масами, об'ємами або кількостями речовини реагентів чи продуктів реакції.

Хімічну формулу речовини можна вивести, якщо знати, до якого класу чи групи сполук вона належить і яка її відносна молекулярна або молярна маса. Молярну масу за відсутності відомостей про неї обчислюють за густиною речовини в газоподібному стані або її відносною густиною за певним газом:

$$\rho = \frac{M}{V_M} \quad => \quad M = \rho \cdot V_M \qquad (1)$$

$$D_A(B) = \frac{M(B)}{M(A)} \quad => \quad M(B) = D_A(B) \cdot M(A) \qquad (2)$$

Розглянемо, як розв'язують відповідні задачі на виведення хімічних формул алканів. Так само можна знаходити хімічні формули ненасичених вуглеводнів, спиртів, кислот тощо, а також неорганічних сполук.

ЗАДАЧА 1. Знайти хімічну 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. Виводимо формулу для розрахунку 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 хімічну формулу сполуки:

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

Формула алкану — C_3H_8.

Відповідь: C_3H_8.

ЗАДАЧА 2. Знайти хімічну формулу алкану, який має за нормальних умов густину 1,34 г/л.

Дано:

$\rho(C_nH_{2n+2}) = 1{,}34$ г/л

н. у.

C_nH_{2n+2} — ?

Розв'язання

1. Обчислюємо молярну масу сполуки, використавши формулу (1):

$$M(C_nH_{2n+2}) = \rho(C_nH_{2n+2}) \cdot V_M = 1{,}34 \text{ г/л} \cdot 22{,}4 \text{ л/моль} = 30 \text{ г/моль}.$$

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

2. Знаходимо хімічну формулу вуглеводню за загальною формулою алканів:

$$M(C_nH_{2n+2}) = n \cdot M(C) + (2n + 2) \cdot M(H);$$
$$14n + 2 = 30; \quad n = 2.$$

Формула алкану — C_2H_6.

Відповідь: C_2H_6.

Формулу сполуки, яка вступає в реакцію, можна також вивести за її кількістю речовини, масою або об'ємом і аналогічними відомостями про речовини, які утворюються. Такі дані отримують, здійснюючи хімічний експеримент. Наприклад, певну порцію речовини спалюють у спеціальному приладі в надлишку кисню і визначають маси або об'єми продуктів її згоряння — вуглекислого газу, води, азоту тощо.

ЗАДАЧА 3. ***Знайти хімічну 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:

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

C_xH_y — ?

Розв'язання

1. Складаємо рівняння реакції в загальному вигляді:

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

Згідно з хімічним рівнянням, із 1 моль C_xH_y утворюються x моль CO_2 та $\frac{y}{2}$ моль H_2O.

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

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

3. Знаходимо формулу вуглеводню.
Коефіцієнти в хімічному рівнянні пропорційні кількостям речовини вуглеводню і продуктів реакції:

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

$$n(C_xH_y) : n(CO_2) : n(H_2O, \text{пара}) =$$
$$= 1 : x : \frac{y}{2} = 1 : 3 : 4.$$

Звідси $x = 3$; $y = 8$.

Формула вуглеводню — C_3H_8.

Відповідь: C_3H_8.

ЗАДАЧА 4. Знайти хімічну формулу вуглеводню, якщо при повному згорянні деякої 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
$m(H_2O) = 11{,}25$ г
$D_{H_2}(C_xH_y) = 29$

C_xH_y — ?

Розв'язання

1. При повному згорянні вуглеводню всі атоми Карбону «переходять» у молекули вуглекислого газу, а Гідрогену — в молекули води. Обчислюємо кількості речовини Карбону і Гідрогену в продуктах згоряння, а отже, й у вуглеводні:

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

$$n(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{11{,}25}{18} = 0{,}625 \text{ (моль)}.$$

Звідси

$$n(C) = 0{,}5 \text{ моль}; \quad n(H) = 1{,}25 \text{ моль}.$$

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 C_xH_y кратна найпростішій — $(C_2H_5)_z$.

3. Виводимо істинну формулу сполуки. Для цього спочатку обчислюємо молярну масу вуглеводню, використавши математичний вираз (2), що на с. 41:

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

$$M(C_xH_y) = D_{H_2}(C_xH_y) \cdot M(H_2) =$$
$$= 29 \cdot 2 = 58 \text{ (г/моль)}.$$

Оскільки $M(C_xH_y) = zM(C_2H_5)$, то

$$z = \frac{M(C_xH_y)}{M(C_2H_5)} = \frac{58}{29} = 2.$$

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

Відповідь: C_4H_{10}.

ВИСНОВКИ

Вивести хімічну формулу органічної речовини можна за загальною формулою відповідного гомологічного ряду та молярною (відносною молекулярною) масою цієї сполуки або її густиною чи відносною густиною. Формулу сполуки також визначають за масами, об'ємами або кількостями речовини реагентів і продуктів відповідної реакції.

?

43. Знайдіть хімічну формулу алкану, який має:
    а) молярну масу 100 г/моль;
    б) густину 0,714 г/л (н. у.);
    в) відносну густину за повітрям 1,52.
44. Виведіть формулу насиченого вуглеводню, якщо масова частка Гідрогену в ньому становить 15,625 %, а відносна густина сполуки за вуглекислим газом — 2,91.
45. Визначте формулу бромопохідного метану, якщо його відносна густина за гелієм становить 23,75.
46. Яка хімічна формула продукту повного хлорування алкану, якщо відносна густина його пари за воднем становить 118,5?
47. При повному згорянні 0,1 моль вуглеводню утворилося 0,4 моль вуглекислого газу і 0,5 моль води. Виведіть формулу вуглеводню. (Усно.)
48. Знайдіть хімічну формулу газуватого вуглеводню, якщо при повному згорянні 30 мл сполуки утворюється 60 мл вуглекислого газу і 90 мл водяної пари (об'єми відповідають однаковим умовам).

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

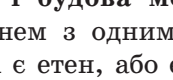
49. Із суміші продуктів бромування насиченого вуглеводню було виділено сполуку, в якій масові частки Карбону, Гідрогену і Брому становили 0,13; 0,02 і 0,85 відповідно. Виведіть формули цієї сполуки і вуглеводню.

8 Алкени

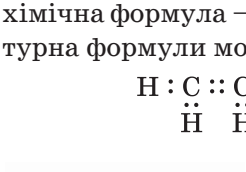
Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, які вуглеводні називають алкенами;
- отримати відомості про ізомерію алкенів;
- складати структурні формули молекул алкенів;
- називати алкени за правилами систематичної номенклатури.

Склад і будова молекул. Найпростішим вуглеводнем з одним подвійним зв'язком у молекулі є етен, або етилен (мал. 2, 8). Його хімічна формула — C_2H_4, а електронна і структурна формули молекули —



$$CH_2{=}CH_2.$$



Мал. 8. Масштабна модель молекули етену

▶ Поясніть просторову будову молекули етену.

Відомо багато вуглеводнів, подібних до етену за будовою молекул.

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

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

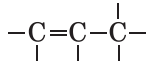
Етен є родоначальником гомологічного ряду алкенів. Хімічну формулу наступної сполуки в цьому ряду можна отримати, «додавши» до формули етену гомологічну різницю CH_2: $C_2H_4CH_2 => C_3H_6$. Так само виведемо формулу іншого алкену: $C_3H_6CH_2 => C_4H_8$. Зіставивши формули цих вуглеводнів, доходимо висновку, що загальна формула алкенів — $\mathbf{C_nH_{2n}}$ ($n = 2, 3, \ldots$).

Алкени C_nH_{2n}

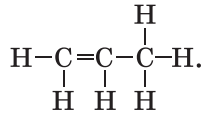
Тепер складемо структурну формулу молекули алкену C_3H_6. Спочатку запишемо відкритий карбоновий ланцюг з одним подвійним і одним простим зв'язком:

$$C{=}C{-}C.$$

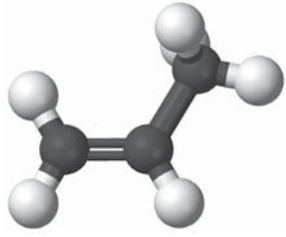
Узявши до уваги, що атоми Карбону чотиривалентні, проведемо від кожного атома додаткові риски (вони імітують прості зв'язки)



і допишемо атоми Гідрогену:



Скорочена структурна формула молекули цього вуглеводню (мал. 9): $CH_2{=}CH{-}CH_3$.



Мал. 9. Кулестержнева модель молекули алкену C_3H_6

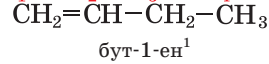
Назви. Систематичні назви алкенів складають, дотримуючись такої самої послідовності, що і для алканів. Додатково враховують положення подвійного зв'язку в молекулі. Головний карбоновий ланцюг обирають так, щоб він містив цей зв'язок. Атоми Карбону нуме-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

рують від того кінця ланцюга, до якого подвійний зв'язок ближчий.

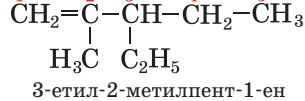
Назву алкену з нерозгалуженими молекулами складають, додаючи суфікс *-ен* до кореня назви відповідного алкану з такою самою кількістю атомів Карбону в молекулі. Наприклад, алкен C_3H_6 має назву *пропен*.

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 *-ен*, причому до і після цифри записують дефіс:

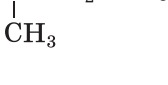


бут-1-ен[1]

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

▶ Назвіть алкен, молекула якого має структурну формулу  .

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

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

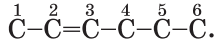
Розв'язання

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

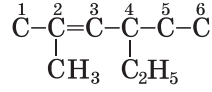
[1] Раніше цифру, що вказувала положення подвійного зв'язку, записували перед назвою сполуки або після неї: 1-бутен, бутен-1.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

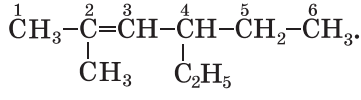
Другий і третій атоми сполучаємо подвійним зв'язком:



Приєднуємо замісники CH_3- і C_2H_5- відповідно до другого і четвертого атомів:



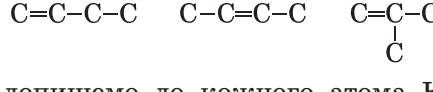
Дописуємо до атомів Карбону головного ланцюга необхідну кількість атомів Гідрогену та отримуємо структурну формулу молекули алкену:



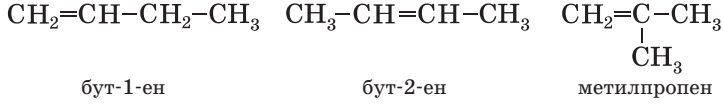
Ізомерія. Крім етену і пропену, всі інші алкени мають структурні ізомери. Ізомерні алкени можуть різнитися не лише будовою карбонового ланцюга (як і алкани), а й положенням подвійного зв'язку в ньому.

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:



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



бут-1-ен бут-2-ен метилпропен

▶ Поясніть, чому ми не назвали третю сполуку 2-метилпроп-1-еном.

ВИСНОВКИ

Вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг з одним подвійним зв'яз-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ком, називають алкенами. Загальна формула алкенів — C_nH_{2n}.

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

Структурні ізомери алкенів різняться будовою карбонового ланцюга і положенням у ньому подвійного зв'язку.

?

50. Які сполуки називають алкенами?

51. Знайдіть відповідність:

Формула молекули	*Назва сполуки*
1) $CH_3-CH=\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\displaystyle |}{C}}-CH_3$;	а) 3-етил-5,6-диметилгепт-3-ен;
2) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}=CH-CH_3$;	б) 2-метилбут-2-ен;
3) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH=\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\displaystyle |}{C}}-CH_2-CH_3$;	в) 3-метилпент-2-ен.

52. Назвіть вуглеводні, молекули яких мають такі формули:

а) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}-CH_3$;

б) $CH_3-CH=C(-C_2H_5)-CH(-CH_3)-CH_3$;

в) $CH_2=C(-CH_3)-CH(-CH_3)-CH(-CH_3)-CH_3$.

53. Складіть структурні формули молекул:

а) 3-метилпент-1-ену;

б) 3,3-діетилгекс-1-ену;

в) 2,3-диметилгекс-2-ену.

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

55. Скільки алкенів із формулою C_7H_{14} мають у молекулі головний карбоновий ланцюг, який складається з 4-х атомів Карбону?

56. Яка хімічна формула алкену, що має:

а) молярну масу 70 г/моль;

б) густину за нормальних умов 1,875 г/л?

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

9 Властивості алкенів

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати фізичні та хімічні властивості алкенів;
- порівняти властивості алкенів і алканів;
- дізнатися, як експериментально відрізнити алкен від алкану.

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 відносної молекулярної маси сполук температури їх плавлення і кипіння зростають. Алкени 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 подвійний зв'язок унаслідок розриву одного з його складників легко перетворюється на простий. Алкени вступають у реакції приєднання, окиснення, полімеризації.

Реакції приєднання[1]. Алкени сполучаються з воднем (реакція гідрування), галогенами (реакція галогенування), галогеноводнями, водою (реакція гідратації).

Склад продуктів таких реакцій за участю водню або галогенів передбачити легко; кожний атом Гідрогену або галогену приєднується до атома Карбону, який у молекулі вуглеводню утворює подвійний зв'язок:

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

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

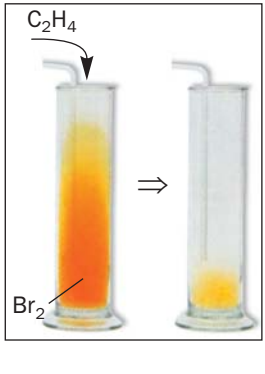
[1] В органічній хімії так називають реакції сполучення.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

▶ Складіть рівняння реакцій приєднання водню і брому до етену.

Етен та інші алкени реагують із фтором зі спалахуванням, суміші алкенів із хлором при освітленні вибухають, а реакції цих вуглеводнів із йодом є оборотними.

Бромування алкенів відбувається за участю не лише брому (мал. 10), а і його водного розчину — так званої бромної води (вона, як і бром, має бурий колір). Знебарвлення брому дає змогу відрізняти алкени та інші ненасичені сполуки від насичених. Це — одна з *якісних реакцій* на кратний зв'язок.



Мал. 10. Взаємодія етену з парою брому

Алкени взаємодіють із галогеноводнями за звичайних умов

$$CH_2{=}CH_2 + H{-}Br \rightarrow \underset{H}{\overset{|}{CH_2}}{-}\underset{Br}{\overset{|}{CH_2}},$$

а з водою — за наявності концентрованої сульфатної кислоти[1]:

$$CH_2{=}CH_2 + H{-}OH \xrightarrow{H_2SO_4(конц.)} \underset{H}{\overset{|}{CH_2}}{-}\underset{OH}{\overset{|}{CH_2}}.$$

▶ Назвіть продукти цих реакцій.

Якщо молекула алкену є несиметричною щодо подвійного зв'язку, то при взаємодії вугле-

[1] Або за підвищених температури й тиску та наявності каталізаторів.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

водню з галогеноводнем або водою атом Гідрогену молекули галогеноводню або води приєднується переважно до атома Карбону, сполученого з більшою кількістю атомів Гідрогену:

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

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

▶ Складіть рівняння реакції горіння етену в надлишку кисню.

За певних умов алкени окиснюються з руйнуванням однієї зі складових подвійного зв'язку в молекулах. Таке окиснення називають частковим. 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 фіалковий колір зникає і з'являється бурий осад MnO_2 (мал. 11). У результаті реакції утворюється двоха́томний спирт:

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

етиленгліколь

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

Мал. 11. Взаємодія етену з водним розчином калій перманганату

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

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Реакції полімеризації. Вивчаючи в 9 класі етен (етилен), ви дізналися, що його молекули за певних умов можуть сполучатися в довгі ланцюги. У результаті такої взаємодії утворюється поліетилен. Цей процес можна розглядати як послідовне приєднання до молекули алкену інших молекул унаслідок розриву однієї зі складових подвійного зв'язку.

Схема утворення поліетилену з етену:

$$CH_2{=}CH_2 + CH_2{=}CH_2 + CH_2{=}CH_2 + \ldots \xrightarrow{t, p, k}$$

$$\rightarrow \ldots{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}\ldots;$$

$$n\,CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{t, p, k} (-CH_2{-}CH_2-)_n.$$

мономер — полімер

ВИСНОВКИ

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

Алкени значно активніші за алкани. Завдяки наявності подвійного зв'язку в молекулах ці вуглеводні вступають у реакції приєднання, окиснення, полімеризації.

?

57. Поясніть, чому алкени є хімічно активними сполуками.
58. Які досліди дають змогу відрізнити етен від етану?
59. Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення, і вкажіть умови їх перебігу:

$$\begin{array}{c} C_2H_5Cl \\ \uparrow \\ C_2H_6 \leftarrow C_2H_4 \rightarrow (-CH_2{-}CH_2-)_n. \\ \downarrow \\ C_2H_4Br_2 \end{array}$$

60. Напишіть у загальному вигляді рівняння реакції горіння алкену.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

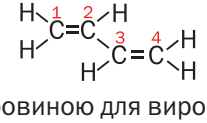
61. При повному згорянні 10 мл газуватого ненасиченого вуглеводню утворилося по 30 мл вуглекислого газу і водяної пари (об'єми відповідають однаковим умовам). Знайдіть формулу вуглеводню. (Усно.)

ДЛЯ ДОПИТЛИВИХ

Алкадієни

Існують ненасичені вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг із двома подвійними зв'язками. Загальна назва цих сполук — *алкадієни*. Подвійні зв'язки можуть бути біля одного атома Карбону ($CH_2=C=CH_2$), розділятися одним простим зв'язком ($CH_2=CH-CH=CH_2$) або кількома ($CH_2=CH-CH_2-CH=CH-CH_3$). Загальна формула алкадієнів — $\mathbf{C_nH_{2n-2}}$ (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 штучного каучуку (§ 33), гуми, деяких пластмас. Вироби із цих матеріалів використовують у різних галузях промисловості, транспортних засобах, електротехніці, побуті тощо.

Особливістю молекули бута-1,3-дієну є те, що всі атоми перебувають в одній площині, а ділянки перекривання *p*-орбіталей атомів Карбону розміщені над і під площиною молекули (мал. 12). У молекулі немає повноцінних простих і подвійних зв'язків між атомами Карбону; електронна густина майже рівномірно розподілена по всьому карбоновому ланцюгу. Структурну формулу молекули бута-1,3-дієну іноді подають так:

$$CH_2{=}{=}CH{-}CH{=}{=}CH_2.$$

Мал. 12. Перекривання *p*-орбіталей у молекулі бута-1,3-дієну

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

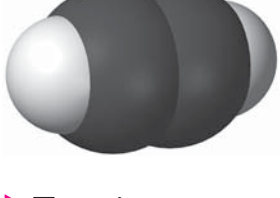
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

10 Алкіни

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, які вуглеводні називають алкінами;
- отримати відомості про ізомерію алкінів;
- складати структурні формули молекул ізомерних алкінів;
- називати алкіни за правилами систематичної номенклатури;
- з'ясувати властивості алкінів.

Склад і будова молекул. Найпростішим вуглеводнем із потрійним зв'язком у молекулі є етин, або ацетилен, C_2H_2 (мал. 2, 13). Структурна формула молекули сполуки H–C≡C–H, а електронна — H:C⋮⋮C:H.



Мал. 13. Масштабна модель молекули етину

▶ 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 з одним потрійним зв'язком, називають *алкінами*.

Алкіни C_nH_{2n-2}

У молекулах алкінів міститься на два атоми Гідрогену менше, ніж у молекулах відповідних алкенів (зіставте склад молекул етину C_2H_2 й етену C_2H_4). Тому загальна формула алкінів — $\mathbf{C_nH_{2n-2}}$ ($n = 2, 3, \ldots$).

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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

$$\underset{\text{пропін}}{HC{\equiv}C{-}CH_3}.$$

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

$$\underset{\text{бут-1-ін}^1}{\overset{1}{H}C{\equiv}\overset{2}{C}{-}\overset{3}{C}H_2{-}\overset{4}{C}H_3},$$

а замісники — на початку назви сполуки:

$$\underset{\text{4-метилпент-2-ін}}{\overset{1}{C}H_3{-}\overset{2}{C}{\equiv}\overset{3}{C}{-}\overset{4}{C}H(\overset{5}{C}H_3){-}CH_3}.$$

Цікаво знати

Ізомером пропіну є сполука з двома подвійними зв'язками в молекулі: $CH_2{=}C{=}CH_2$.

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

▶ Доведіть, що бутину з розгалуженим карбоновим ланцюгом у молекулі не існує.

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 під час газозварювальних робіт, зумовлений домішками сірководню H_2S, фосфіну PH_3 та деяких інших газів. Алкіни погано розчиняються у воді.

Хімічні властивості. Алкіни як ненасичені сполуки вступають у реакції приєднання, окиснення.

---

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

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Реакції приєднання. Завдяки наявності в молекулі алкіну потрійного зв'язку реакції з воднем, галогенами, галогеноводнями відбуваються у дві стадії. Спочатку молекула алкіну приєднує одну молекулу реагенту, потім — другу.

Реакція гідрування. На першій стадії взаємодії етину з воднем утворюється етен, а на другій — етан:

$$\underset{\text{етин}}{HC{\equiv}CH} \xrightarrow{+H_2,\ k} \underset{\text{етен}}{H_2C{=}CH_2} \xrightarrow{+H_2,\ k} \underset{\text{етан}}{CH_3{-}CH_3}.$$

▶ Складіть аналогічну схему для пропіну.

Реакції з галогенами. Алкіни, як і алкени, знебарвлюють бромну воду. Вам відомо, що ця реакція є якісною на кратний зв'язок. Етин взаємодіє з бромом згідно з хімічними рівняннями:

$$H{-}C{\equiv}C{-}H + Br_2 \rightarrow \underset{\text{1,2-дибромоетен}}{H{-}\overset{Br}{\overset{|}{C}}{=}\overset{Br}{\overset{|}{C}}{-}H} \text{ (1-ша стадія);}$$

$$H{-}\overset{Br}{\overset{|}{C}}{=}\overset{Br}{\overset{|}{C}}{-}H + Br_2 \rightarrow \underset{\text{1,1,2,2-тетрабромоетан}}{H{-}\overset{Br}{\overset{|}{\overset{Br}{\overset{|}{C}}}}{-}\overset{Br}{\overset{|}{\overset{Br}{\overset{|}{C}}}}{-}H} \text{ (2-га стадія).}$$

Відповідна схема перетворень:

$$HC{\equiv}CH \xrightarrow{+Br_2} CHBr{=}CHBr \xrightarrow{+Br_2} CHBr_2{-}CHBr_2.$$

Аналогічно відбувається приєднання хлору до алкінів[1].

Реакції з галогеноводнями. За нагрівання й наявності каталізатора етин взаємодіє з хлороводнем:

$$\underset{\text{хлороетен, або вінілхлорид}}{HC{\equiv}CH + HCl \xrightarrow{k,\ t} H_2C{=}CHCl}.$$

Ця реакція має практичне значення, оскільки її продукт є сировиною для виробництва полі-

[1] Реакцію етину з хлором здійснюють у розчиннику (CCl_4) за наявності каталізатора.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

вінілхлориду (§ 32). Друга стадія відбувається без каталізатора:

$$CH_2{=}CHCl + HCl \rightarrow \underset{\text{1,1-дихлороетан}}{CH_3{-}CHCl_2}.$$

Про реакцію етину з водою йтиметься в § 17.

Реакції окиснення. Алкіни, як і інші вуглеводні, горять на повітрі (мал. 14).

Мал. 14. Горіння етину[1]

▶ Поясніть, чому полум'я при горінні етину досить яскраве й водночас кіптяве.

Алкіни реагують із розчинами сильних окисників.

При взаємодії етину з розчином калій перманганату потрійний зв'язок у молекулі вуглеводню перетворюється на простий. Одним із продуктів реакції є калій оксалат (це — сіль двохоснóвної щавлевої кислоти HOOC–COOH):

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

У подібних реакціях за участю інших алкінів потрійні зв'язки між атомами Карбону розриваються і утворюються односнóвні карбонові кислоти (у кислому середовищі) або їхні солі:

$$CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 \xrightarrow{3[O],\ H_2O} 2CH_3COOH.$$

[1] У лабораторії етин добувають за реакцією кальцій карбіду CaC_2 з водою (§ 12).

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ВИСНОВКИ

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

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

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

За звичайних умов алкіни — безбарвні речовини, що майже не мають запаху і погано розчиняються у воді.

Характерними для алкінів є реакції приєднання й окиснення.

?

62. Які сполуки називають алкінами?
63. 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) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}-C\equiv C-CH_3$.

64. Зобразіть структурні формули молекул:
    а) гекс-2-іну;
    б) 3-метилпент-1-іну;
    в) 2,2-диметилгекс-3-іну.
65. Напишіть структурні формули молекул ізомерних алкінів C_5H_8 і назвіть сполуки.
66. Складіть рівняння реакцій бут-1-іну з воднем і бромом, узятими в надлишку. Назвіть продукти реакцій.
67. Алкін, молекули якого мають розгалужену будову, взаємодіє з бромом з утворенням сполуки $C_5H_8Br_4$. Напишіть рівняння двох послідовних реакцій, назвіть вуглеводень і сполуки, що утворюються.
68. Як за допомогою хімічних реакцій розпізнати етан і етин?
69. Який максимальний об'єм водню (за нормальних умов) може взаємодіяти з етином, узятим кількістю речовини 0,1 моль? (Усно.)

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

70. Який об'єм вуглекислого газу утворюється при спалюванні 400 мл пропіну в надлишку повітря? (Усно.)
71. Знайдіть хімічну формулу алкіну:
    а) молярна маса якого 68 г/моль (усно);
    б) у якому масова частка Карбону становить 88,2 %;
    в) при спалюванні 0,1 моль якого утворюється 0,5 моль вуглекислого газу (усно).

11 Бензен. Арени

Матеріал параграфа допоможе вам:

- дізнатися про склад і будову молекули бензену;
- отримати відомості про властивості бензену;
- з'ясувати, які сполуки називають аренами.

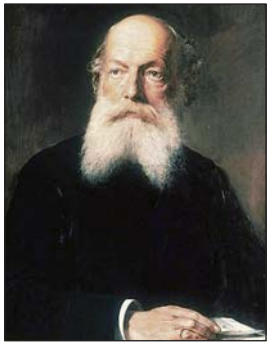
Існує велика група сполук Карбону з Гідрогеном, назва якої доволі незвичайна — *ароматичні вуглеводні*. Вона пов'язана з тим, що раніше ці сполуки добували з природних духмяних смол. Проте спільна ознака таких сполук — не запах, а особлива будова молекул.

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.

Будова молекули. Властивості бензену, виявлені хіміками, не давали змоги однозначно описати будову його молекули. Атомів Гідрогену в молекулі бензену C_6H_6 значно менше, ніж у молекулі насиченого вуглеводню гексану C_6H_{14}. Це вказувало на наявність у молекулі бензену подвійних або навіть потрійних зв'язків (тобто бензен мав бути ненасиченим вуглеводнем). Однак сполука виявилася хімічно

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Фрідріх-Август Кекуле
(1829—1896)

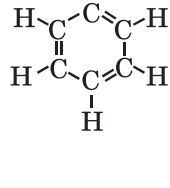


Видатний німецький хімік, президент Німецького хімічного товариства, професор Гентського та Боннського університетів, іноземний член-кореспондент Петербурзької академії наук. Зробив вагомий внесок у теорію будови органічних сполук і вчення про валентність. Спрогнозував чотиривалентність Карбону і сполучення атомів Карбону в ланцюги. Запропонував циклічну формулу молекули бензену. Вперше синтезував низку органічних сполук. Автор підручника з органічної хімії, в якому визначив цю галузь науки як хімію сполук Карбону. Один з організаторів І Міжнародного конгресу хіміків. Заснував наукову школу. Серед учнів Кекуле — хіміки Л. Мейєр, нобелівські лауреати А. Байєр, Я. Вант-Гофф, Е. Фішер.

пасивною (як і насичені вуглеводні), на відміну від алкенів і алкінів не знебарвлювала бромної води, розчину калій перманганату. Щоправда, за особливих умов молекула C_6H_6 усе ж приєднувала три молекули водню або хлору.

Також було з'ясовано, що похідні бензену з одним атомом галогену в молекулах не мали ізомерів (у разі відкритого карбонового ланцюга існування ізомерів є очевидним). Це свідчило про рівноцінність розміщення атомів Карбону в молекулі C_6H_6, що можливо лише при їх сполученні в замкнений ланцюг.

Ураховуючи сукупність виявлених фактів, учені запропонували кілька структурних формул молекули бензену. Із більшістю фактів найкраще узгоджувалася формула німецького хіміка Ф.-А. Кекуле (1865 р.):

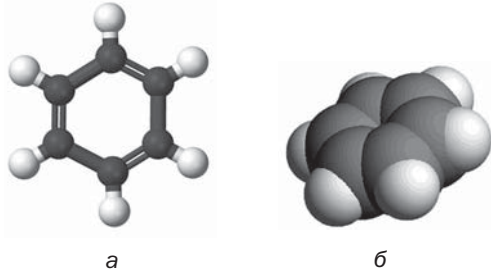


Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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

Пізніше Ф.-А. Кекуле припустив, що подвійні зв'язки не закріплені в молекулі C_6H_6, а постійно переміщуються від одного атома Карбону до іншого.

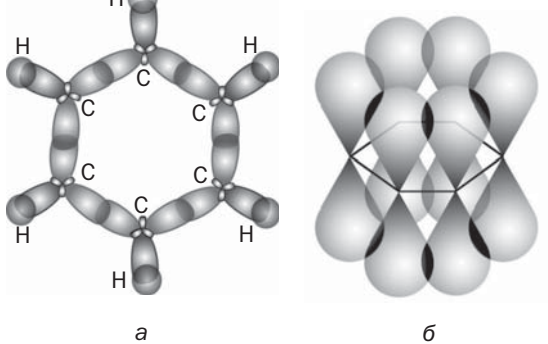
Результати подальших досліджень підтвердили рівноцінність атомів Карбону в молекулі бензену, а також їх розміщення в одній площині, в кутах правильного шестикутника (мал. 15).



а *б*

Мал. 15. Моделі молекули бензену: *а* — кулестержнева; *б* — масштабна

Згідно із сучасними уявленнями, між атомами Карбону в молекулі бензену немає звичайних простих і подвійних зв'язків. Орбіталі одного 2*s*-електрона і двох 2*p*-електронів кожного атома Карбону при утворенні хімічних зв'язків змінюють форму на однакову й розміщуються під кутами 120°. Вони перекриваються з відповідними орбіталями сусідніх атомів Карбону й атома Гідрогену (мал. 16, *а*).

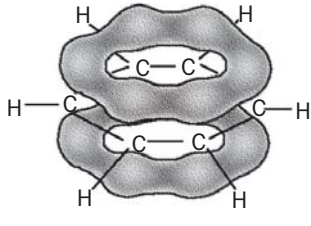


а *б*

Мал. 16. Перекривання змінених за формою орбіталей (*а*) і *p*-орбіталей (*б*) атомів Карбону в молекулі бензену

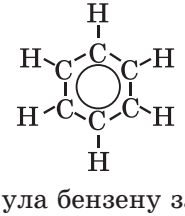
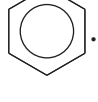
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Орбіталь третього *p*-електрона зберігає свою форму й орієнтується перпендикулярно до площини молекули: . Унаслідок перекривання шістьох таких орбіталей (мал. 16, *б*) електронна густина рівномірно розподіляється по карбоновому циклу, зосереджуючись над і під його площиною (мал. 17).



Мал. 17. Замкнена електронна система в молекулі бензену, утворена *p*-електронами

Отже, в молекулі бензену існує замкнена електронна система, утворена *p*-електронами[1]. Тому структурну формулу молекули C_6H_6 часто зображують так:

 або  .

Молекула бензену завдяки своїй симетричності неполярна.

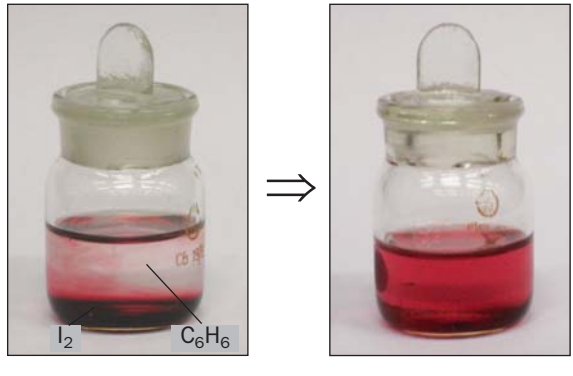
Фізичні властивості. Бензен — безбарвна летка рідина зі своєрідним запахом, легша за воду (густина 0,88 г/см^3). Температура плавлення бензену +5,5 °С, кипіння +80,1 °С. Сполука погано розчиняється у воді, але добре — в органічних розчинниках. Цей вуглеводень розчиняє йод (мал. 18), сірку, білий фосфор, жири, інші органічні речовини.

Бензен — одна з найстійкіших органічних сполук; його пара не розкладається до 600 °С.

Хімічні властивості. Бензен хоч і є подібним до ненасичених вуглеводнів, проте виявляє

[1] Так звана π-електронна система.

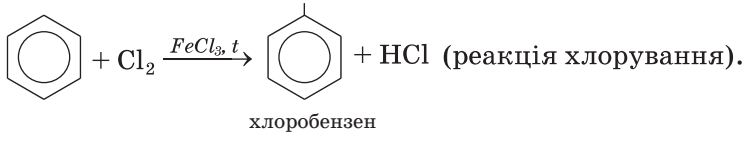
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Мал. 18. Розчинення йоду в бензені

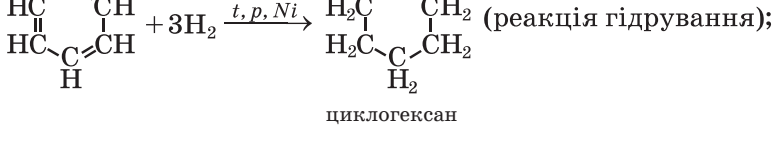
достатню хімічну пасивність. Характерними для сполуки є реакції заміщення, під час яких зберігається електронна система бензенового кільця. Реакції приєднання й окиснення за участю бензену призводять до руйнування цієї системи; вони відбуваються за високої температури, дії ультрафіолетового випромінювання, наявності каталізаторів.

Реакції заміщення. Атоми Гідрогену в молекулі бензену можуть заміщуватись на атоми галогенів. Із хлором і бромом сполука взаємодіє за наявності каталізаторів[1]. Найлегше відбувається перша стадія — заміщення одного атома Гідрогену в молекулі бензену:



хлоробензен

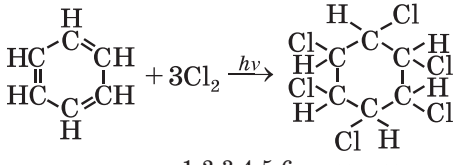
Реакції приєднання. Бензен, як і ненасичені вуглеводні, може вступати в реакції приєднання. Вони відбуваються за жорстких умов:



циклогексан

[1] З йодом бензен реагує за особливих умов.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



(реакція хлорування).

1,2,3,4,5,6-гексахлороциклогексан

Реакція 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. 19).

Мал. 19. Горіння бензену

▶ Напишіть рівняння реакції горіння бензену в надлишку кисню.

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

Арени. Крім бензену, відомо багато вуглеводнів із подібною замкненою електронною системою в молекулах, утвореною *p*-електронами.

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

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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

Існують арени з кількома бензеновими кільцями в молекулах. Структурні формули молекул найважливіших аренів цього типу:

ВИСНОВКИ

Бензен C_6H_6 — найпростіший ароматичний вуглеводень.

У молекулі бензену всі атоми Карбону розміщені в одній площині у вершинах правильного шестикутника. Замкнена електронна система в молекулі бензену, утворена *p*-електронами, зумовлює хімічну стійкість сполуки.

Бензен — безбарвна летка рідина зі своєрідним запахом, легша за воду, добре розчиняється в органічних розчинниках. Сполука вступає в реакції заміщення, приєднання й окиснення.

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

?

72. Чому вчені протягом довгого часу не могли визначити будову молекули бензену?
73. У чому полягає особливість будови молекули бензену?
74. Як впливають умови на взаємодію бензену з хлором?

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

75. Укажіть речовину або суміш речовин, з якою реагує бензен зі збереженням бензенового кільця:
    а) водень;
    б) бром за наявності каталізатора $FeBr_3$;
    в) хлор при освітленні;
    г) кисень.
76. Яка відносна густина за воднем пари бензену? (Усно.)
77. Визначте масову частку Карбону в бензені й зіставте її з масовою часткою цього елемента в етині.
78. Обчисліть масу продукту реакції гідрування бензену, взятого об'ємом 17,7 мл. Густину ароматичного вуглеводню наведено в тексті параграфа.
79. Знайдіть 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.
80. Суміш ацетилену і парів бензену має відносну густину за воднем 23,4. Обчисліть об'ємні частки сполук у газовій суміші.

12 Добування і застосування вуглеводнів

Матеріал параграфа допоможе вам:

- отримати інформацію про способи добування вуглеводнів;
- розширити свої знання щодо застосування вуглеводнів;
- з'ясувати дію вуглеводнів на організм людини і вплив на довкілля.

Способи добування вуглеводнів. У промисловості вуглеводні добувають переважно із природних джерел — виділенням із природного і супутнього нафтового газів, перегонкою нафти (с. 74), її термічним розкладом. Гідруванням вугілля (найчастіше — бурого) добувають синтетичне пальне

$$n\mathrm{C} + (n+1)\mathrm{H_2} \xrightarrow{t,\,p,\,k} \mathrm{C}_n\mathrm{H}_{2n+2},$$

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

а взаємодією карбон(II) оксиду і водню — суміш алканів (переважно з нерозгалуженими молекулами), подібну за складом до бензину:

$$n\mathrm{CO} + (2n + 1)\mathrm{H_2} \xrightarrow{t,\ p,\ k} \mathrm{C}_n\mathrm{H}_{2n+2} + n\mathrm{H_2O}.$$

▶ Складіть рівняння реакції утворення гексану з карбон(II) оксиду і водню.

Метан можна добути в лабораторії нагріванням суміші сполук Натрію — ацетату й гідроксиду:

$$\mathit{CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{t} CH_4\uparrow + Na_2CO_3}.$$

Алкани слугують сировиною для добування вуглеводнів різних типів. За певних умов від молекул алканів відщеплюються атоми Гідрогену й утворюються вуглеводні інших гомологічних рядів. Це — реакції *дегідрування*. Приклади таких реакцій за участю етану:

$$\mathrm{CH_3{-}CH_3} \xrightarrow{t} \mathrm{CH_2{=}CH_2} + \mathrm{H_2};$$

$$\mathrm{CH_3{-}CH_3} \xrightarrow{t} \mathrm{CH{\equiv}CH} + 2\mathrm{H_2}.$$

▶ Який ненасичений вуглеводень можна добути дегідруванням етену?

Під час термічного розкладу алканів (§ 6) зв'язки між атомами Карбону можуть розриватися; у цьому разі утворюються суміші вуглеводнів.

З алкінів у великій кількості добувають лише етин. Сучасний метод полягає в термічному розкладі метану:

$$2\mathrm{CH_4} \xrightarrow{1500\ ^\circ\mathrm{C}} \mathrm{C_2H_2} + 3\mathrm{H_2}.$$

Так званий карбідний метод ґрунтується на реакції кальцій ацетиленіду (тривіальна назва — кальцій карбід) з водою[1]:

$$\mathrm{CaC_2} + 2\mathrm{H_2O} \rightarrow \mathrm{C_2H_2}\uparrow + \mathrm{Ca(OH)_2}.$$

[1] Метод розроблено у 1862 р.

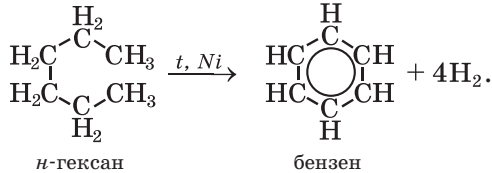
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Вихідну сполуку Кальцію отримують, нагріваючи суміш вугілля і негашеного вапна за дуже високої температури:

$$CaO + 3C \xrightarrow{1900\,^{\circ}C} CaC_2 + CO\uparrow.$$

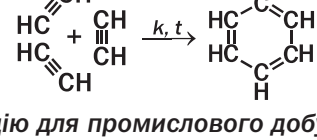
Добути етин із кальцій ацетиленіду можна і в лабораторії (мал. 14).

Ароматичні вуглеводні добувають нагріванням насичених вуглеводнів, які містять шість або більше атомів Карбону в молекулах, за наявності каталізаторів. Рівняння реакції утворення бензену з *н*-гексану:



н-гексан бензен

Арени утворюються при пропусканні етину або його гомологів над активованим вугіллям або іншими каталізаторами при 450—650 °С:



Таку реакцію для промислового добування бензену не використовують.

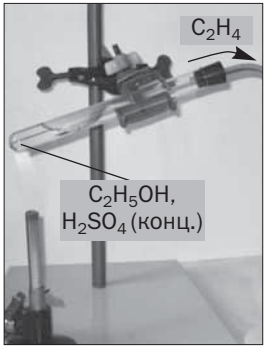
Алкени можна добути дегідратацією спиртів, тобто відщепленням води від сполуки (мал. 20):

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

При гідруванні алкенів і алкінів (реакції відбуваються при нагріванні й за наявності каталізаторів) утворюються алкани. Проте добувати їх у такий спосіб на заводі чи в лабораторії недоцільно: алкани — доступні вуглеводні й дешевші за алкени чи алкіни.

Застосування вуглеводнів. Вуглеводні широко використовують для різноманітних потреб.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Мал. 20. Добування етену в лабораторії

Ці сполуки є основою газоподібного та рідкого палива, пального (мал. 21), слугують сировиною для виробництва багатьох органічних речовин, розчинниками для лаків і фарб.

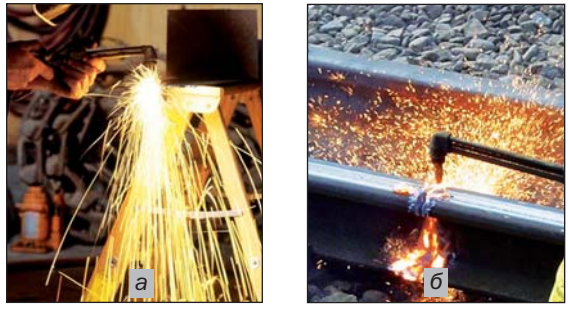
Мал. 21. Ємність із пропан-бутановою сумішшю на автозаправній станції

Алкани з кількістю атомів Карбону в молекулах від 5 до 22 є компонентами бензину, гасу, газойлю, уайт-спіриту, петролейного ефіру. Парафін містить тверді алкани з кількістю атомів Карбону в молекулах від 18 до 35, а вазелін — це суміш рідких і твердих алканів.

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 (мал. 22); при його горінні в чистому кисні температура

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Мал. 22. Зварювання (*а*) і різання (*б*) металу

полум'я сягає 3000 °С. Працюючи з ацетиленом, слід пам'ятати, що суміші його з повітрям і киснем вибухонебезпечні.

Найбільше практичне значення серед ароматичних вуглеводнів має бензен — промисловий розчинник, вихідна речовина для виробництва органічних сполук, вибухових речовин, барвників, лікарських препаратів, засобів боротьби зі шкідниками і хворобами рослин.

Дія вуглеводнів на організм людини. Безпечними для нашого організму є лише тверді алкани (парафін використовують із лікувальною метою). Рідкі й газуваті алкани негативно впливають на 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 з плити або негерметичного трубопроводу в газову магістраль добавляють невелику кількість сполук із сильним неприємним запахом; їхня назва — меркаптани[1]. Користуючись газом у побуті, потрібно частіше провітрювати приміщення.

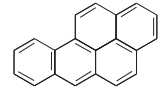
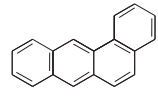
Алкени й алкіни подразнюють слизові оболонки дихальних шляхів, порушують кровообіг, негативно впливають на нервову систему.

Арени дуже токсичні. Їх пари потрапляють в атмосферу під час лісових пожеж, при випаро-

[1] Формула найпростішого меркаптану — CH_3SH.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

вуванні нафти, пального, спалюванні сміття. Бензен подразнює шкіру, спричиняє негативні зміни у складі крові, вражає нервову систему.

Вуглеводні 1,2-бензопірен  *та 1,2-бензантрацен*  *є канцерогенами — речовинами, що сприяють виникненню злоякісних пухлин. Вони містяться в тютюновому димі, кам'яновугільній смолі, асфальті.*

Вплив вуглеводнів на довкілля. У моря й океани внаслідок аварій танкерів, руйнувань нафтовидобувних платформ потрапляють нафта і нафтопродукти (мал. 23). Це завдає серйозної шкоди живим організмам, що мешкають у воді, спричиняє забруднення прибережних територій. Розлиті нафту і нафтопродукти збирають з поверхні води спеціальними засобами, а на суходолі видаляють разом із шаром ґрунту. Викиди газоподібних вуглеводнів в атмосферу сприяють посиленню парникового ефекту.

Мал. 23. Забруднення нафтою поверхні океану

ВИСНОВКИ

Вуглеводні добувають із природного і супутнього нафтового газів, нафти, вугілля. Із цією метою також здійснюють хімічні реакції різного типу.

Вуглеводні та їх суміші становлять основу палива і пального, є сировиною для виробницт-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ва багатьох органічних речовин, слугують розчинниками.

Майже всі вуглеводні токсичні. Їх потрапляння в навколишнє середовище призводить до негативних наслідків.

?

81. Напишіть рівняння реакцій, які відбуваються:
    а) при послідовному гідруванні етину;
    б) при послідовному дегідруванні етану.
82. Допишіть хімічні рівняння:
    а) $C_3H_6 + H_2 \xrightarrow{t,\ k} \ldots$;
    б) $C_3H_8 \xrightarrow{t,\ k} \ldots + H_2$;
    в) $C_4H_{10} \xrightarrow{t,\ k} CH_4 + \ldots$;
    г) $\ldots CO + \ldots \xrightarrow{t,\ p,\ k} C_5H_{12} + \ldots H_2O$.
83. Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення, і вкажіть умови їх перебігу:
    а) $CaCO_3 \rightarrow \ldots \rightarrow CaC_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$;
    б) бутан $\rightarrow$ етен $\rightarrow$ етин.
84. При дегідруванні етену розклалося 80 % вуглеводню. Обчисліть:
    а) об'ємні частки газів в утвореній суміші;
    б) середню молярну масу цієї суміші.
85. 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 добутій суміші.

для допитливих

Перегонка нафти

Основною метою переробки нафти (мал. 24) є добування бензину та інших видів пального. Крім того, нафта — цінна сировина для хімічної промисловості.

Мал. 24. Нафтопереробний завод

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Одним зі способів переробки нафти є перегонка. Нафта — суміш речовин, у якій переважають вуглеводні. Кожна сполука має певну температуру кипіння. Нагріваючи нафту, можна поступово виділяти з неї окремі речовини в газуватому стані. Перегонкою нафти добувають суміші речовин, що киплять у певних температурних інтервалах. Такі суміші називають фракціями (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристики фракцій, які добувають перегонкою нафти

Назва фракції	Кількість атомів Карбону в молекулах вуглеводнів	Інтервал температур кипіння, °С	Застосування
Бензин	C_5–C_{11}	40—200	Пальне для авіаційних та автомобільних двигунів
Лігроїн	C_8–C_{14}	150—250	Пальне для тракторів
Гас	C_{12}–C_{18}	180—300	Пальне для тракторів, реактивних літаків і ракет
Газойль	C_{15}–C_{22}	230—350	Дизельне пальне
Мазут*	C_{23}–...	>350	Паливо для котлів, промислових печей; хімічна сировина

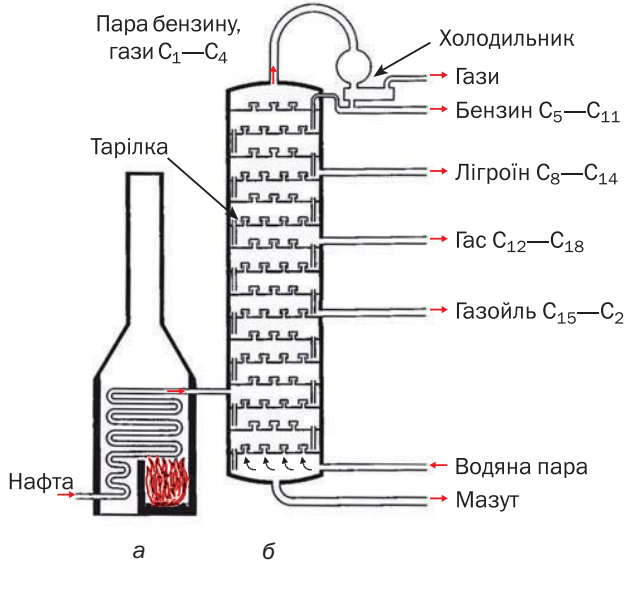
*Залишок після перегонки нафти.

Перегонку нафти здійснюють у безперервно діючих ректифікаційних колонах тарілчастої конструкції (мал. 25). Нафту попередньо нагрівають до кипіння і разом із гарячою водяною парою вводять у колону, де газова суміш поступово охолоджується. При цьому спочатку 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 26.

У промисловості також використовують інші способи переробки нафти. Головне — домогтися якомога більшого виходу найважливіших нафтопродуктів і максимально використати залишки виробництва як хімічну сировину.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Мал. 25. Схема установки для перегонки нафти: *а* — трубчаста піч; *б* — ректифікаційна колона

Мал. 26. Приблизний розподіл продуктів перегонки нафти за масою

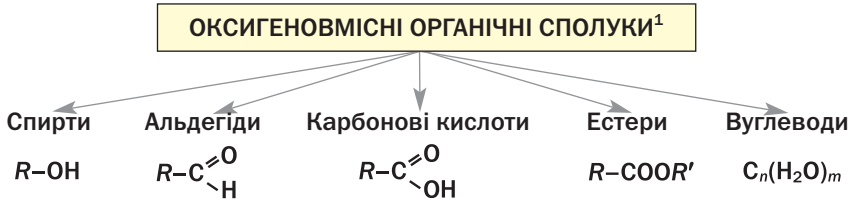
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

3 розділ
Оксигеновмісні органічні сполуки

Відомо багато оксигеновмісних органічних речовин. Серед них, як і серед вуглеводнів, є насичені, ненасичені, ароматичні сполуки. За наявністю в молекулах певних характеристичних (функціональних) груп атомів оксигеновмісні органічні речовини поділяють на класи. У цьому розділі розглянуто класи сполук, указані на схемі 4, а також фенол C_6H_5OH і жири.

Схема 4

Класи оксигеновмісних органічних сполук



13 Спирти

Матеріал параграфа допоможе вам:

- отримати нові відомості про класифікацію спиртів;
- давати спиртам систематичні назви;

[1] На схемі наведено загальні формули спиртів, альдегідів і карбонових кислот з однією характеристичною групою атомів у молекулі.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

- дізнатися про ізомерію спиртів;
- складати формули спиртів-ізомерів.

Ви вже знаєте, що молекула спирту складається з вуглеводневого залишку та однієї або кількох гідроксильних груп. *Група –ОН є характеристичною групою класу спиртів.*

Спирти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька гідроксильних груп.

Одноа́томні спирти ***R*–OH**

Класифікація. Спирти класифікують за кількома ознаками. Вам відомо, що за кількістю гідроксильних груп у молекулі спирти поділяють на *одноа́томні* (молекула містить одну групу –ОН) і *багатоа́томні* — двоха́томні (дві групи –ОН), трьоха́томні (три групи –ОН) та ін. Загальна формула одноа́томних спиртів — ***R*–OH**.

▶ Напишіть формулу найпростішого одноа́томного спирту.

Гідроксильні групи в молекулах багатоа́томних спиртів з'єднані з різними атомами Карбону[1]:

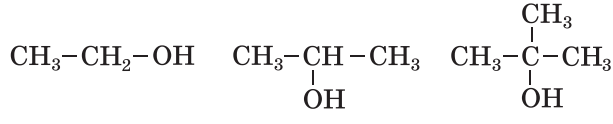
Зважаючи на особливості зв'язків між атомами Карбону в молекулах, розрізняють *насичені*, *ненасичені*, *ароматичні* спирти. Приклади формул одноа́томних спиртів кожної групи: $CH_3–CH_2OH$, $CH_2=CH–CH_2OH$, $C_6H_5–CH_2OH$. У молекулах спиртів гідроксильна група сполучена з атомом Карбону, який з'єднаний з іншим атомом Карбону простим ковалентним зв'язком.

Гідроксильна група може сполучатися з первинним, вторинним або третинним атомом

[1] Сполуки, в молекулах яких атом Карбону з'єднаний із двома або трьома ОН-групами, нестійкі або не існують.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Карбону (§ 5). За відповідною ознакою одноа́томні спирти поділяють на *первинні*, *вторинні* й *третинні*:



Спирти, молекули яких містять 10 і більше атомів Карбону, називають *вищими*.

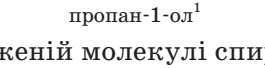
У цьому і наступних параграфах розглядатимемо лише насичені спирти. Ці сполуки є похідними вуглеводнів C_nH_{2n+2}, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильні групи. Загальна формула насичених одноа́томних спиртів — $\mathbf{C_nH_{2n+1}OH}$.

Насичені одноа́томні спирти $\mathbf{C_nH_{2n+1}OH}$

▶ Запишіть загальну формулу насичених двохатомних спиртів.

Назви. Систематична назва насиченого одноа́томного спирту складається з назви відповідного алкану і суфікса *-ол*: CH_3OH — метанол, C_2H_5OH — етанол.

Якщо молекула спирту містить три або більше атомів Карбону, то їх нумерують з того кінця ланцюга, до якого ближче розташована ОН-група. У назві такого спирту перед суфіксом *-ол* указують номер атома Карбону, з яким сполучена гідроксильна група:

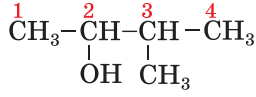


пропан-1-ол[1]

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 додають до назви спирту за правилами, встановленими для вуглеводнів:

[1] Місце характеристичної групи в назві спирту раніше вказували так: 1-пропанол, пропанол-1.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



3-метилбутан-2-ол

▶ Зобразіть структурну формулу молекули спирту, назва якого — 2,3-диметилбутан-1-ол.

Цікаво знати
Тривіальна назва метанолу — деревний спирт, а етанолу — винний спирт.

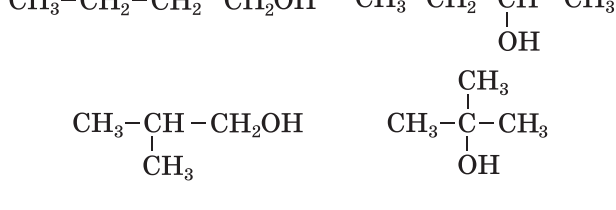
На практиці часто використовують інші назви спиртів. Кожна з них складається із двох слів. Перше слово походить від назви вуглеводневого залишку, з яким сполучена гідроксильна група, а другим є слово *спирт*: CH_3OH — *метил*овий спирт, C_2H_5OH — *етил*овий спирт.

Найпростіші багатоатомні спирти мають такі тривіальні назви:

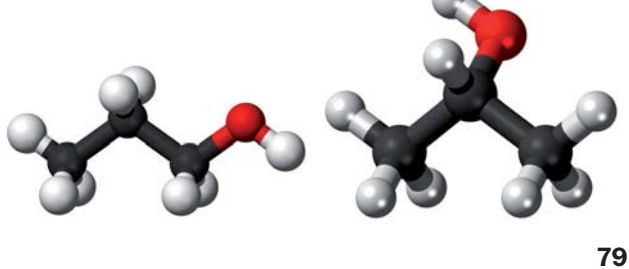
$CH_2OH–CH_2OH$ — етиленгліколь;

$CH_2OH–CHOH–CH_2OH$ — гліцерол, гліцерин.

Ізомерія. Структурна ізомерія спиртів зумовлена різним *положенням гідроксильних груп* у молекулах (мал. 27) і різною *будовою карбонового ланцюга*. Структурні формули молекул ізомерних спиртів C_4H_9OH:



▶ Дайте систематичну назву кожному ізомеру.



Мал. 27. Кулестержневі моделі молекул ізомерних пропанолів

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Для спиртів відомі ізомери, які належать до інших класів сполук. Наприклад, ізомером етанолу C_2H_5OH є диметиловий етер $CH_3–O–CH_3$ (§ 2). Етери[1] — органічні речовини, в молекулах яких атом Оксигену сполучений із двома вуглеводневими залишками.

Розв'язування задач. Розглянемо, як розв'язують задачі на виведення хімічних формул спиртів. Запропоновані способи розв'язання задач можна використовувати і для оксигеновмісних органічних сполук інших класів.

ЗАДАЧА 1. Вивести хімічну формулу насиченого одноатомного спирту, якщо його молярна маса становить 46 г/моль.

Дано:

$M(C_nH_{2n+1}OH) = 46$ г/моль

$C_nH_{2n+1}OH$ — ?

Розв'язання

1. Записуємо загальний вираз для молярної маси насиченого одноатомного спирту:

$$M(C_nH_{2n+1}OH) = n \cdot M(C) + (2n + 1) \cdot M(H) + M(OH) = 12n + 2n + 1 + 17 = 14n + 18 \text{ (г/моль)}.$$

2. Знаходимо хімічну формулу сполуки:

$$14n + 18 = 46; \quad n = 2.$$

Формула спирту — C_2H_5OH.

Відповідь: C_2H_5OH.

ЗАДАЧА 2. Вивести формулу спирту, якщо при спалюванні 0,48 г цієї сполуки утворилося 0,336 л (н. у.) вуглекислого газу та 0,54 г води.

Дано:

m(спирту) = 0,48 г

$V(CO_2) = 0{,}336$ л (н. у.)

$m(H_2O) = 0{,}54$ г

$C_xH_yO_z$ — ?

Розв'язання

1. Записуємо схему реакції:

$$C_xH_yO_z + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O.$$

2. Обчислюємо кількості речовини Карбону і Гідрогену, атоми яких при згорянні спирту «перейшли» в молекули вуглекислого газу і води:

[1] Раніше ці речовини називали простими ефірами.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_\text{M}(\text{CO}_2)} = \frac{0{,}336}{22{,}4} =$$
$$= 0{,}015 \text{ (моль)};$$
$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = 2 \cdot \frac{0{,}54}{18} =$$
$$= 0{,}06 \text{ (моль)}.$$

3. Знаходимо сумарну масу Карбону і Гідрогену:
$$m(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot M(\text{C}) =$$
$$= 0{,}015 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 0{,}18 \text{ г};$$
$$m(\text{H}) = n(\text{H}) \cdot M(\text{H}) =$$
$$= 0{,}06 \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = 0{,}06 \text{ г};$$
$$m(\text{C}) + m(\text{H}) = 0{,}18 \text{ г} + 0{,}06 \text{ г} = 0{,}24 \text{ г}.$$
4. Обчислюємо масу і кількість речовини Оксигену в спирті:
$$m(\text{O}) = m(\text{спирту}) - (m(\text{C}) + m(\text{H})) =$$
$$= 0{,}48 - 0{,}24 = 0{,}24 \text{ (г)};$$
$$n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{0{,}24}{16} = 0{,}015 \text{ (моль)}.$$
5. Знаходимо співвідношення індексів у формулі спирту:
$$x : y : z = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) =$$
$$= 0{,}015 : 0{,}06 : 0{,}015 = 1 : 4 : 1.$$

Формула сполуки — CH_4O, або CH_3OH.

Відповідь: CH_3OH.

ВИСНОВКИ

Спирти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька гідроксильних груп.

За кількістю гідроксильних груп у молекулі спирти поділяють на одно- і багатоа́томні, а за особливостями хімічного зв'язку в карбоновому ланцюзі — на насичені, ненасичені, ароматичні. Зважаючи на тип атома Карбону, з яким сполучена гідроксильна група, розрізняють первинні, вторинні й третинні одноа́томні спирти. Загальна формула одноа́томних спиртів — R–OH.

Систематичні назви одноа́томних спиртів складаються з назви алкану з таким самим кар-

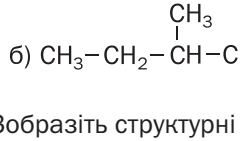
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

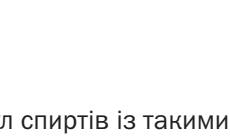
боновим ланцюгом у молекулі і суфікса *-ол*. Номер атома Карбону, з яким сполучена гідроксильна група, вказують перед суфіксом, а назви замісників — на початку назви спирту.

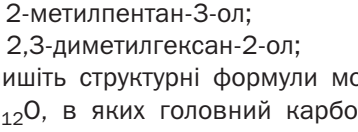
Структурна ізомерія спиртів зумовлена положенням гідроксильних груп у молекулах і будовою карбонового ланцюга.

?

86. Дайте визначення спиртам і назвіть ознаки, за якими їх класифікують.
87. Серед наведених формул укажіть ті, які належать спиртам: C_3H_7Cl, C_2H_5OH, CH_3OH, $C_2H_4(OH)_2$, C_2H_4, $C_3H_5(OH)_3$, $C_4H_7Br_3$, $C_2H_5OC_2H_5$.
88. За матеріалами з інтернету з'ясуйте, чому метанол іноді називають деревним спиртом.
89. Назвіть сполуки, формули яких наведено нижче, й укажіть первинний, вторинний і третинний спирт:

а) 

в) 

б) 

90. Зобразіть структурні формули молекул спиртів із такими назвами:
    а) 2-метилпентан-3-ол;
    б) 2,3-диметилгексан-2-ол;
    в) 3-етилпентан-3-ол.
91. Запишіть структурні формули молекул ізомерних спиртів складу $C_5H_{12}O$, в яких головний карбоновий ланцюг містить 4 атоми. Назвіть сполуки.
92. Знайдіть хімічну формулу одноа́томного насиченого спирту, якщо:
    а) молярна маса сполуки 88 г/моль;
    б) масова частка Оксигену в сполуці 15,7 %;
    в) сполука має відносну густину пари за повітрям 1,59;
    г) співвідношення мас Карбону, Оксигену й Гідрогену в сполуці становить 3 : 4 : 1.
93. Яку хімічну формулу має трьоха́томний спирт із молярною масою 106 г/моль?
94. При повному згорянні 3,0 г спирту утворилося 3,36 л вуглекислого газу (н. у.) і 3,6 г води. Виведіть хімічну формулу сполуки.
95. Яка формула спирту, якщо при повному згорянні 9,2 г цієї сполуки утворилося 0,3 моль вуглекислого газу та 7,2 г води?

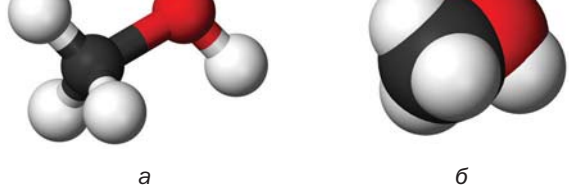
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

14 Насичені одноатомні спирти

Матеріал параграфа допоможе вам:

- пригадати будову молекул одноа́томних спиртів;
- поповнити свої знання про хімічні властивості спиртів;
- дізнатися про способи добування спиртів.

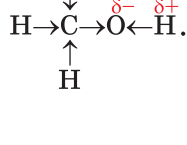
Гомологічний ряд насичених одноа́томних спиртів започатковують метанол CH_3OH (мал. 28) і етанол C_2H_5OH. У 9 класі ви ознайомилися зі складом та будовою молекул цих сполук, дізналися про деякі їхні фізичні та хімічні властивості. Читаючи матеріал параграфа, пригадаєте відомості про спирти, а також отримаєте про них нову інформацію.



а *б*

Мал. 28. Моделі молекули метанолу: *а* — кулестержнева; *б* — масштабна

Будова молекул. Молекула будь-якого одноа́томного спирту складається із двох частин — вуглеводневого залишку і гідроксильної групи. Атом Оксигену, найбільш електронегативного елемента в молекулі, зміщує у свій бік спільні електронні пари від атомів Карбону і Гідрогену. Тому зв'язки C–O та O–H є полярними (останній зв'язок більш полярний):



Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Існування полярних зв'язків у молекулах спиртів значною мірою зумовлює характерні реакції цих сполук.

> ***Зі зростанням карбонового ланцюга в молекулах спиртів полярність зв'язку O–H зменшується. У молекулі первинного спирту цей зв'язок більш полярний, ніж у молекулі вторинного або третинного спирту.***

Фрагмент молекули спирту C–O–H є кутовим (мал. 28), як і молекула води. На атомі Оксигену зосереджений невеликий негативний заряд, менший за одиницю, а з протилежного боку молекули, де перебувають атоми Гідрогену, — позитивний заряд. Тому молекула спирту полярна.

Фізичні властивості. Наявність у молекулах спиртів гідроксильних груп суттєво впливає на фізичні властивості цих сполук. Атоми Гідрогену й Оксигену OH-груп беруть участь в утворенні водневих зв'язків між молекулами спирту (§ 3). Тому серед спиртів немає газоподібних речовин (відмінність від вуглеводнів), а їх температури кипіння значно вищі, ніж відповідних алканів. 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, які майже не мають запаху.

Метанол, етанол, а також пропаноли і метилпропан-2-ол необмежено розчиняються у воді внаслідок утворення водневих зв'язків між молекулами спирту і води (с. 19). Розчинність інших спиртів зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах зменшується, а вищі спирти у воді нерозчинні.

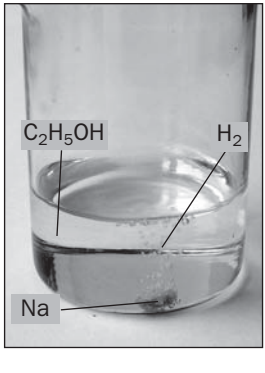
Хімічні властивості. Реакції за участю спиртів відрізняються від тих, у які вступають вуглеводні.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Реакції з металами. Спирти взаємодіють із лужними металами з виділенням водню й утворенням солеподібних сполук (мал. 29):

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2\uparrow.$$

етанол — натрій етанолят (натрій етилат)



Мал. 29. Реакція етанолу з натрієм

При цьому полярні зв'язки O–H у молекулах спирту розриваються, і атоми Гідрогену заміщуються на атоми металічного елемента. У таких реакціях спирти поводяться як кислоти. Однак вони не дисоціюють з утворенням йонів H^+, не реагують із лугами; спирти — неелектроліти.

Дегідратація. Вам уже відомо, що так називають реакцію відщеплення води від будь-якої сполуки (с. 69). Умови її перебігу для спиртів — нагрівання й наявність концентрованої сульфатної кислоти. Відщеплення молекули води може відбуватися від однієї або двох молекул спирту. У першому випадку при дегідратації одноатомного спирту, крім води, утворюється алкен, а в другому випадку — етер (с. 80):

$$\underset{\underset{H}{|}\quad\underset{OH}{|}}{CH_2-CH_2} \xrightarrow{\sim 170\,^\circ C,\ H_2SO_4(конц.)} \underset{\text{етен}}{CH_2=CH_2} + H_2O;$$

$$C_2H_5-OH + HO-C_2H_5 \xrightarrow{\sim 140\,^\circ C,\ H_2SO_4(конц.)} \underset{\text{діетиловий етер}}{C_2H_5-O-C_2H_5} + H_2O.$$

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

▶ Назвіть спирти, дегідратацією яких можна добути пропен.

Окиснення. Первинні спирти за дії окисників перетворюються на альдегіди (§ 17), які окиснюються до карбонових кислот[1]:

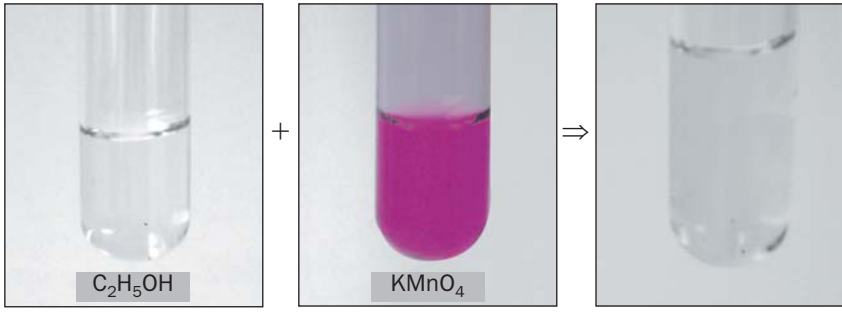
$$C_2H_5OH \xrightarrow[-H_2O]{[O]} CH_3-C(=O)H \xrightarrow{[O]} CH_3-C(=O)OH$$

спирт — альдегід — карбонова кислота

Окиснення етилового спирту використовують у виробництві харчової оцтової кислоти.

Легко помітити, що *суть окиснення органічної сполуки може полягати у зменшенні кількості атомів Гідрогену в її молекулі* ($C_2H_5OH \rightarrow \underset{\text{альдегід}}{C_2H_4O}$) *або збільшенні кількості атомів Оксигену* ($C_2H_4O \rightarrow \underset{\text{кислота}}{C_2H_4O_2}$).

Спирти окиснюються калій перманганатом (мал. 30), купрум(II) оксидом. Щоб здійснити другу реакцію, мідну пластинку нагрівають до її потемніння (на поверхні металу утворюється оксид CuO) й гарячою занурюють в етанол. Вона знову стає блискучою, і з'являється запах, властивий оцтовому альдегіду.



Мал. 30. Окиснення етанолу калій перманганатом у розчині, який містить сульфатну кислоту

Повне окиснення спирту відбувається, якщо його підпалити. Метиловий і етиловий спирти горять на повітрі майже безбарвним полум'ям, а вищі спирти — кіптявим.

[1] Відповідні реакції називають частковим окисненням.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

▶ Напишіть рівняння реакції горіння метанолу.

Реакції з галогеноводнями. Спирти взаємодіють із хлороводнем, бромоводнем, йодоводнем. При цьому гідроксильна група в молекулі спирту заміщується на атом галогену:

$$CH_3{-}CH_2{-}OH + H{-}Br \rightleftarrows \underset{\text{бромоетан}}{CH_3{-}CH_2{-}Br} + H_2O.$$ [1]

Добування спиртів. Найважливішими в практичному відношенні є метиловий і етиловий спирти. Їх добувають у промисловості в найбільшій кількості.

Сучасний метод добування етилового спирту ґрунтується на реакції етену з водяною парою за температури 300 °С, підвищеного тиску і наявності каталізатора:

$$CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{t,\ p,\ k} CH_3{-}CH_2OH.$$

Основою іншого методу є спиртове бродіння глюкози у водному розчині за участю ферментів[2] дріжджів:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{ферменти} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow.$$

Цей біохімічний процес використовують із давніх часів для виготовлення вина з винограду (мал. 31), інших ягід і фруктів.

Мал. 31. Бродіння виноградного соку

[1] Для здійснення реакції до спирту додають натрій бромід чи калій бромід і концентровану сульфатну кислоту (при взаємодії солі з кислотою утворюється бромоводень).

[2] Ферменти (лат. fermentum — закваска) — білки, що виконують роль каталізаторів (с. 216).

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Вихідною речовиною у виробництві спирту для потреб харчової промисловості є пшеничний або картопляний крохмаль, а технічного спирту — целюлоза, добута з відходів переробки деревини.

Сировиною для виробництва метилового спирту є синтез-газ — суміш карбон(II) оксиду і водню, яку добувають взаємодією метану з водяною парою за високої температури і наявності каталізатора:

$$CH_4 + H_2O\ (пара) \xrightarrow{t,\ k} CO + 3H_2.$$

Утворення спирту відбувається в суміші газів згідно з рівнянням:

$$CO + 2H_2 \xrightarrow{t,\ p,\ k} CH_3OH.$$

Цей процес часто називають синтезом метанолу.

Застосування. Рідкі спирти використовують як розчинники, а також в органічному синтезі. Найбільшого застосування набули етиловий і метиловий спирти. Етанол використовують у медицині, фармакології, парфумерії, харчовій промисловості, іноді — як компонент пального для автотранспорту (мал. 32), а метанол — як сировину для хімічної промисловості.

Мал. 32. Автобус із двигуном на «спиртовому» пальному

Заводи переважно випускають етиловий спирт, що містить невелику кількість води ($w(H_2O) \approx 4\ \%$). Його назва — спирт-ректифікат.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Фізіологічна дія спиртів. Етиловий спирт є наркотичною речовиною, яка швидко всмоктується у кров. Людина в стані алкогольного сп'яніння поводиться неприродно, перестає контролювати свої дії, втрачає пам'ять, у неї порушується координація рухів. Постійне й надмірне вживання спиртних напоїв спричиняє алкоголізм. Ця хвороба вражає нервову, серцево-судинну, репродуктивну системи, руйнує печінку, призводить до зниження імунітету, розумових здібностей, інтелекту; людина деградує як особистість.

Цікаво знати
Люди, які зловживають алкоголем, скорочують своє життя на 10—12 років.

Метанол є сильною отрутою. При потраплянні в організм незначної кількості цієї сполуки людина повністю втрачає зір, а при більшій кількості — гине.

ВИСНОВКИ

Насичені одноатомні спирти — похідні алканів, у молекулах яких міститься гідроксильна група. Загальна формула цих спиртів — $C_nH_{2n+1}OH$.

Насичені одноатомні спирти — безбарвні рідини зі специфічним запахом або тверді речовини майже без запаху. Розчинність спиртів у воді зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах зменшується.

Характерні реакції спиртів зумовлені наявністю в їхніх молекулах полярних зв'язків O—H і C—O. Спирти взаємодіють із лужними металами, здатні до дегідратації й окиснення, є горючими речовинами.

У промисловості в найбільшій кількості добувають метиловий та етиловий спирти. Етанол використовують у медицині, фармакології, харчовій і хімічній промисловості, як компонент пального для автотранспорту, а метанол — у виробництві органічних сполук.

Етиловий спирт, потрапляючи в організм, завдає істотної шкоди, а метиловий спирт є сильною отрутою.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

?

96. Порівняйте спирти і вуглеводні за будовою їхніх молекул.
97. Від яких чинників залежать фізичні властивості спиртів? Дайте відповідне пояснення.
98. Заповніть таблицю і поясніть відмінності у фізичних властивостях алканів і спиртів:

Назва сполуки	Хімічна формула	Агрегатний стан за звичайних умов	Температура кипіння, °С
Метан			–161,6
Метанол			+64,5
Етан			–88,6
Етанол			+78,4

99. Як впливає водневий зв'язок на розчинність спиртів у воді? Чи залежить розчинність спирту у воді від довжини карбонового ланцюга його молекули? Якщо так, то як саме?
100. Допишіть продукти реакцій і перетворіть схеми на хімічні рівняння:
а) $C_4H_9OH + O_2 \rightarrow$ ...; б) $C_3H_7OH + Li \rightarrow$ ... .
101. Напишіть формули продуктів реакцій, назвіть тип і умови перебігу кожної реакції:

а) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3 \rightarrow$ алкен + ...;

б) $CH_3-CH_2-CH_2OH \rightarrow$ етер + ...;

в) $CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{}{\underset{|}{C}}}-CH_3 +$ ... $\rightarrow$ спирт.

102. Гідратацією алкенів добувають одноатомні спирти. Напишіть загальне рівняння такої реакції.
103. Які маса натрію та об'єм етанолу (густина 0,79 г/мл) прореагували, якщо виділилося 224 мл водню (н. у.)?
104. 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.
105. Який об'єм етену (н. у.) було взято для добування 2 л етанолу (густина спирту — 0,79 г/мл), якщо в реакцію вступило 85 % алкену?
106. У результаті дегідратації насиченого спирту масою 15 г утворився вуглеводень і 4,5 г води. Назвіть спирт і зобразіть структурну формулу його молекули. Скільки розв'язків має задача?

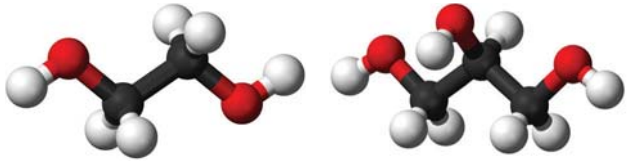
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

15 Багатоатомні спирти. Гліцерол

Матеріал параграфа допоможе вам:

- пригадати будову молекул і властивості гліцеролу;
- отримати нову інформацію про багатоáтомні спирти.

Найпростішим двоха́томним спиртом є етиленгліколь $HO–CH_2–CH_2–OH$, а трьоха́томним спиртом — гліцерол, або гліцерин $HOCH_2–CHOH–CH_2OH$ (мал. 33). У природі цих спиртів немає, але похідні гліцеролу — жири — дуже поширені.



а *б*

Мал. 33. Кулестержневі моделі молекул: *а* — етиленгліколю; *б* — гліцеролу

Фізичні властивості гліцеролу. У 9 класі ви дізналися, що трьоха́томний спирт гліцерол — безбарвна в'язка рідина (мал. 34), солодка на смак. Ця сполука не має запаху, гігроскопічна, трохи важча за воду, змішується з нею в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчину.

Мал. 34. Гліцерол

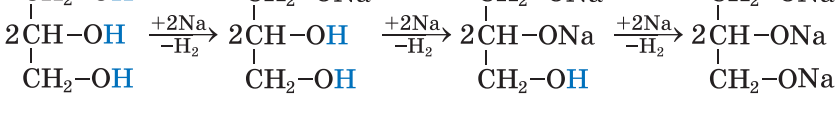
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

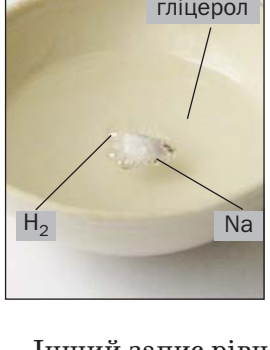
Цікаво знати
В'язкість гліцеролу за звичайних умов у тисячу разів більша, ніж води.

Гліцерол кипить, розкладаючись, за температури +290 °С, тоді як температури кипіння одноатомних спиртів (пропанолів) із такою самою кількістю атомів Карбону в молекулах значно нижчі. Відмінності зумовлені тим, що в багатоатомному спирті утворюється більше водневих зв'язків (кожна молекула гліцеролу містить три ОН-групи).

Хімічні властивості. Гліцерол взаємодіє не лише з активними металами, а й із деякими гідроксидами металічних елементів, зокрема з купрум(II) гідроксидом (про цю реакцію йшлося в 9 класі). Цим він більше, ніж одноатомні спирти, нагадує кислоту. Однак гліцерол і його розчин не змінюють забарвлення індикаторів.

Реакції з металами. Під час взаємодії гліцеролу з лужними металами (мал. 35) відбувається послідовне заміщення атомів Гідрогену в гідроксильних групах на атоми металічного елемента:





Мал. 35. Взаємодія гліцеролу з натрієм

Інший запис рівняння реакції цього спирту з надлишком натрію[1]:

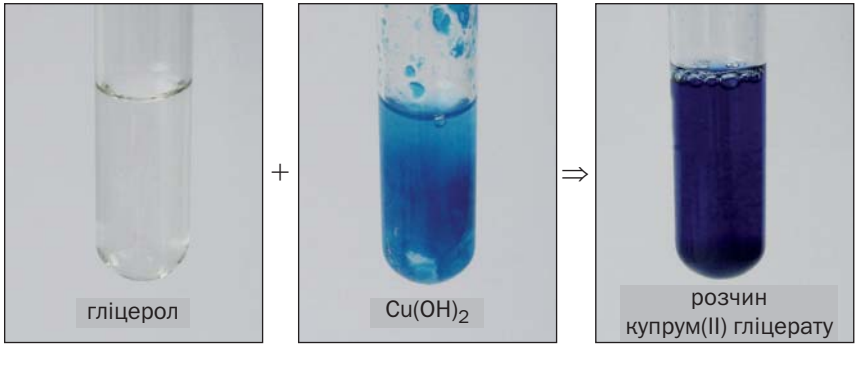
$$2C_3H_5(OH)_3 + 6Na \rightarrow 2C_3H_5(ONa)_3 + 3H_2\uparrow.$$

[1] Щоб така реакція відбувалася з достатньою швидкістю, гліцерол нагрівають.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Сполуки металічних елементів, що є похідними гліцеролу, називають гліцератами.

Реакція з купрум(II) гідроксидом. Якщо до щойно добутого за реакцією обміну осаду купрум(II) гідроксиду додати водний розчин гліцеролу, то осад розчиняється, а рідина набуває яскраво-синього кольору. Назва продукту взаємодії — купрум(II) гліцерат (мал. 36). *Ця реакція є якісною на багатоа́томні спирти* (на фрагмент молекули –CHOH–CHOH–).



Мал. 36. **Взаємодія гліцеролу з купрум(II) гідроксидом**

Окиснення. Гліцерол горить на повітрі з утворенням вуглекислого газу і води. Щоб провести такий дослід, невелику кількість спирту нагрівають у порцеляновій чашці й підпалюють за допомогою скіпки. Сполука горить майже безбарвним полум'ям.

▶ Напишіть рівняння реакції горіння гліцеролу.

Добування і застосування. Гліцерол добувають у промисловості різними методами. Традиційний метод ґрунтується на гідролізі жирів. Гліцерол для технічних потреб синтезують із пропену.

Значні кількості гліцеролу використовують у виробництві вибухових речовин. Цю сполуку також застосовують для пом'якшення шкіри при виготовленні взуття та одягу.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Гліцерол є компонентом зубних паст, мила, косметичних кремів. Іноді його добавляють у лікери для надання їм в'язкості.

Водні розчини двоха́томного спирту етиленгліколю застосовують узимку для охолодження двигунів в автомобілях. Назва цих рідин — антифризи[1]. Водіям слід пам'ятати, що етиленгліколь дуже токсичний.

ВИСНОВКИ

Найпростішими двоха́томним і трьоха́томним спиртами є етиленгліколь і гліцерол.

Гліцерол — безбарвна в'язка рідина без запаху, солодка на смак, гігроскопічна, необмежено розчиняється у воді. Сполука взаємодіє з лужними металами, купрум(II) гідроксидом.

Гліцерол використовують у виробництві вибухових речовин, косметичних засобів, а також у харчовій промисловості.

?

107. Як пояснити те, що гліцерол, на відміну від пропанолів, є в'язкою рідиною й не має запаху?
108. Як розрізнити водні розчини етанолу і гліцеролу за допомогою хімічної реакції?
109. Який максимальний об'єм водню (н. у.) можна добути із 0,1 моль гліцеролу за реакцією з натрієм? (Усно.)
110. Обчисліть масову частку гліцеролу у водному розчині, якщо молекул води в ньому в 10 разів більше, ніж молекул спирту.
111. У результаті взаємодії натрію, взятого в надлишку, із 46 г трьоха́томного спирту утворилося 0,75 моль водню. Виведіть формулу спирту.
112. Під час спалювання 1 моль спирту утворилося 2 моль вуглекислого газу. Який спирт було взято? Чи має задача єдиний розв'язок? Відповідь аргументуйте.
113. Знайдіть формулу двоха́томного спирту, якщо при спалюванні 6,2 г цієї сполуки утворилося 5,4 г води.

[1] Термін походить від англійського слова freeze — замерзати. Антифризи не замерзають за низьких температур.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

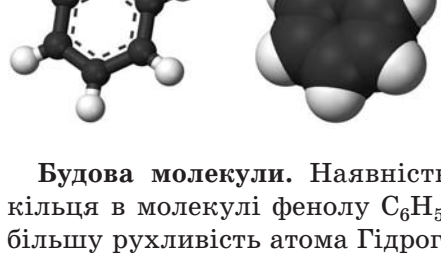
16 Фенол

Матеріал параграфа допоможе вам:

- ознайомитися зі сполукою, яку називають фенолом;
- зіставити будову молекул фенолу і спиртів;
- дізнатися про властивості фенолу, його фізіологічну дію та вплив на довкілля.

Цікаво знати
Уперше фенол добуто з кам'яновугільної смоли в 1834 р.

Органічна сполука, назва якої — *фенол*, а хімічна формула — C_6H_5OH, за складом нагадує одноатомний спирт. Але цю речовину не зараховують до класу спиртів, оскільки гідроксильна група в її молекулі безпосередньо сполучена з бензеновим кільцем (мал. 37):

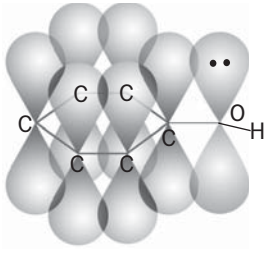


Мал. 37. Моделі молекули фенолу

Будова молекули. Наявність бензенового кільця в молекулі фенолу C_6H_5OH зумовлює більшу рухливість атома Гідрогену в ОН-групі, ніж у молекулах одноатомних спиртів *R*OH. Якщо в молекулі спирту вуглеводневий замісник віддає частину своєї електронної густини атому Оксигену ($CH_3 \rightarrow OH$), що призводить до зменшення полярності зв'язку O–H, то в молекулі фенолу навпаки — атом Оксигену «збагачує» електронною густиною

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

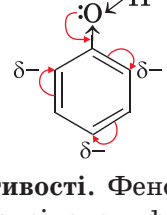
бензенове кільце (C_6H_5–ÖH). Неподілена пара *p*-електронів атома Оксигену, «втягуючись» у кільце, утворює з *p*-електронами атомів Карбону спільну електронну систему (мал. 38). Довжина зв'язку С–О зменшується, і він стає міцнішим.



Мал. 38. Перекривання *p*-орбіталей у молекулі фенолу

Атом Оксигену, компенсуючи втрату електронної густини, сильніше зміщує у свій бік спільну з атомом Гідрогену електронну пару (C_6H_5–O←H). Полярність зв'язку О–Н зростає; атом Гідрогену в молекулі фенолу набуває більшого позитивного заряду, ніж у молекулі спирту, стає рухливішим, а тому легше заміщується на інші атоми під час хімічних реакцій.

Гідроксильна група також впливає на бензенове кільце. Вона спричиняє підвищену рухливість атомів Гідрогену бензенового кільця біля двох найближчих і найвіддаленішого атомів Карбону[1], де зосереджується найбільша електронна густина:



Фізичні властивості. Фенол — тверда безбарвна речовина зі специфічним «карболо-

[1] Відповідні позиції в молекулі фенолу називають *орто-* і *пара-*положеннями.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

вим» запахом. На повітрі сполука поступово окиснюється і з часом набуває блідо-рожевого кольору (мал. 39).

Мал. 39.
Фенол

Фенол помірно розчиняється в холодній воді й необмежено — в гарячій.

Температури плавлення і кипіння фенолу (+41 і +182 °С відповідно) вищі, ніж бензену (с. 63). Причиною цього є утворення водневих зв'язків між молекулами фенолу за участю атомів Гідрогену й Оксигену гідроксильних груп.

Хімічні властивості. Фенол — хімічно активна сполука; її реакційну здатність зумовлюють 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 в розчині дуже слабо

$$C_6H_5OH \rightleftarrows H^+ + \underset{\text{фенолят-іон}}{C_6H_5O^-}$$

й не змінює забарвлення індикаторів.

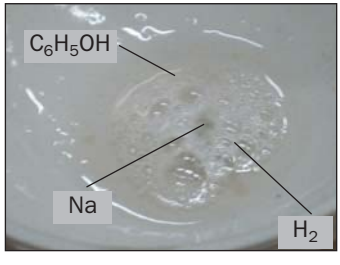
Реакції з металами. Фенол, нагрітий до початку плавлення, взаємодіє з лужними металами з виділенням водню (мал. 40) й утворенням солей:

$$2C_6H_5OH + 2Na \rightarrow \underset{\text{натрій фенолят}}{2C_6H_5ONa} + H_2\uparrow.$$

Реакції з лугами. Фенол як слабка кислота реагує з водними розчинами лугів:

$$C_6H_5OH + NaOH \rightleftarrows C_6H_5ONa + H_2O.$$

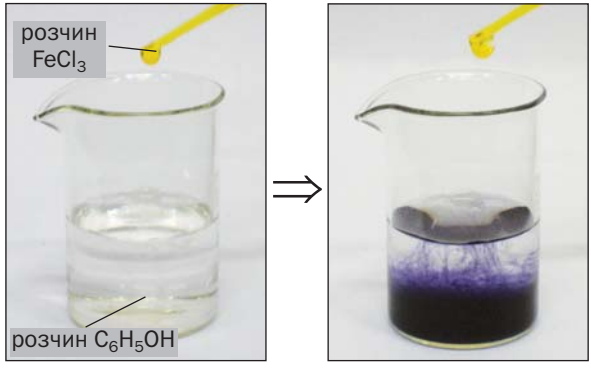
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Мал. 40. Реакція фенолу з натрієм

Такі реакції є оборотними; феноляти частково взаємодіють із водою (їхні розчини мають лужне середовище).

> ***При додаванні розчину ферум(III) хлориду до розчину фенолу з'являється фіалкове забарвлення (мал. 41). Це — якісна реакція на фенол. Спирти не взаємодіють із ферум(III) хлоридом.***



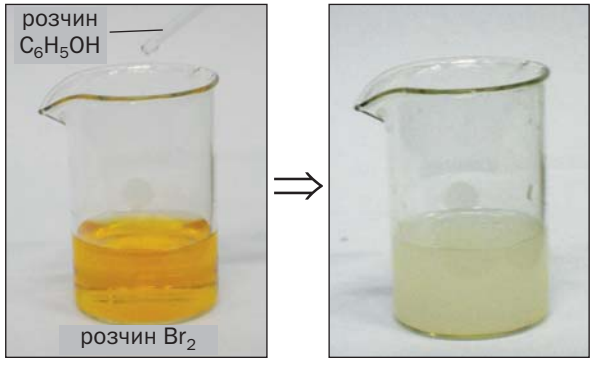
Мал. 41. Реакція фенолу з ферум(III) хлоридом

Реакції заміщення атомів Гідрогену в бензеновому кільці. Гідроксильна група активує бензенове кільце і сприяє заміщенню атомів Гідрогену біля атомів Карбону з підвищеною електронною густиною.

Реакції з галогенами. На відміну від бензену фенол швидко й без каталізатора взаємодіє з галогенами[1]. Ця сполука, зокрема, реагує з водним розчином брому. Бромна вода знебарвлюється, й утворюється білий осад (мал. 42).

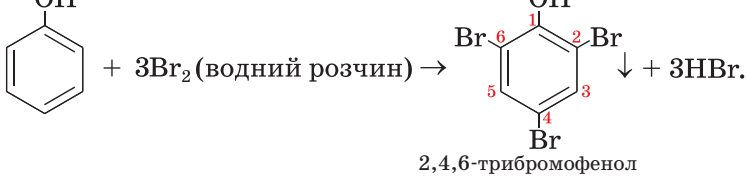
[1] Крім йоду.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Мал. 42. Реакція фенолу із бромною водою

При цьому на атоми галогену заміщуються всі рухливі атоми Гідрогену в бензеновому кільці[1]:



2,4,6-трибромофенол

Ця *реакція є якісною на фенол*.

Отже, взаємний вплив бензенового кільця і гідроксильної групи в молекулі фенолу зумовлює кислотні властивості сполуки й полегшує перебіг реакцій заміщення в бензеновому кільці (порівняно з бензеном).

Добування і застосування. Найважливішим джерелом фенолу є кам'яновугільна смола. Цю сполуку також добувають із продуктів переробки нафти — бензену і пропену.

Цікаво знати
Два залишки молекули фенолу містяться в молекулі фенолфталеїну.

Фенол використовують у виробництві фенолоформальдегідних смол (с. 190), барвників, вибухових речовин, пестицидів.

Фізіологічна дія. Фенол дуже токсичний. Він спричиняє порушення нервової системи, опіки шкіри, негативно впливає на шлунково-кишковий тракт, органи дихання. За постійної дії малих кількостей фенолу виникають головний біль і прискорене серцебиття, порушується

[1] Ці атоми перебувають в *орто*- і *пара*-положеннях.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

сон, уражаються печінка і нирки. Існують жорсткі обмеження щодо вмісту фенолу у воді, яку використовують у побуті: в 1 л води не має бути більше 0,001 мг цієї сполуки.

Забруднення фенолом довкілля. Джерелами надходження фенолу в навколишнє середовище є коксохімічні заводи, підприємства з виробництва фенолоформальдегідних смол, 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 — сполука, похідна бензену, в молекулі якої замість атома Гідрогену міститься гідроксильна група. Вона не належить до класу спиртів.

Фенол — тверда безбарвна речовина з характерним запахом, необмежено розчинна в гарячій воді. Ця сполука взаємодіє з лужними металами, лугами, бромною водою.

Фенол добувають із вуглеводневої сировини. Його використовують у виробництві органічних речовин, пластмас.

Фенол дуже токсичний.

?

114. Чому фенол, на відміну від етанолу, виявляє кислотні властивості?
115. Як впливає бензенове кільце на полярність зв'язку O–H у молекулі фенолу?
116. За матеріалами з інтернету або інших джерел інформації підготуйте повідомлення про те, які виробництва можуть забруднювати довкілля фенолом.
117. Складіть рівняння реакцій фенолу з літієм, калій гідроксидом і назвіть сполуки, які утворюються.
118. Який об'єм водню (н. у.) виділиться в результаті взаємодії 2,3 г натрію з надлишком фенолу?

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

119. Масові частки Карбону й Оксигену в ароматичній органічній сполуці становлять відповідно 76,6 і 17,0 %, а відносна молекулярна маса — 94. Визначте формулу сполуки.

17 Альдегіди

Матеріал параграфа допоможе вам:

- дізнатися про клас органічних сполук — альдегіди;
- давати систематичні назви альдегідам;
- скласти уявлення про будову молекул альдегідів;
- з'ясувати властивості альдегідів, способи їх добування і сфери застосування.

Відомо багато органічних сполук, у молекулах яких атом Оксигену з'єднаний з атомом Карбону подвійним зв'язком. Групу атомів $>C=O$ називають *карбонільною групою*. Вона може бути сполучена з вуглеводневим залишком і атомом Гідрогену: $R-C\begin{matrix}=O\\ \diagdown H\end{matrix}$. Це — загальна формула сполук, назва яких — *альдегіди*. У молекулі найпростішого альдегіду з карбонільною групою з'єднані два атоми Гідрогену: $H-C\begin{matrix}=O\\ \diagdown H\end{matrix}$.

Альдегіди

$R-C\begin{matrix}=O\\ \diagdown H\end{matrix}$

Групу атомів $-C\begin{matrix}=O\\ \diagdown H\end{matrix}$, або –CHO, називають *альдегідною групою*; вона є характеристичною групою відповідного класу органічних сполук.

Альдегіди — похідні вуглеводнів, у молекулах яких атом Гідрогену заміщений на альдегідну групу[1].

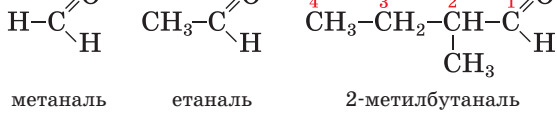
[1] У молекулі найпростішого альдегіду ця група атомів сполучена з атомом Гідрогену.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Назва «альдегід» складається із частин (їх підкреслено) іншомовних слів alcohol (спирт) і dehydrogenatum (позбавлений Гідрогену). Справді, молекула будь-якого альдегіду (наприклад, CH_3CHO) містить на два атоми Гідрогену менше, ніж молекула відповідного спирту (CH_3CH_2OH).

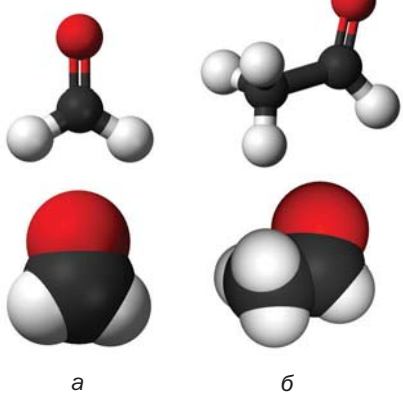
Загальна формула насичених альдегідів — $C_nH_{2n+1}-C\overset{O}{\underset{H}{}}$, де $n = 0, 1, \ldots$ (спрощений варіант формули — $C_mH_{2m}O$; $m = 1, 2, \ldots$).

Назви. Систематична назва альдегіду складається з назви відповідного вуглеводню (при цьому враховують усі атоми головного карбонового ланцюга в молекулі альдегіду) і суфікса *-аль*. Нумерацію в ланцюзі починають з атома Карбону альдегідної групи. Приклади формул і назв альдегідів:



метаналь етаналь 2-метилбутаналь

Моделі молекул метаналю та етаналю подано на малюнку 43.



а *б*

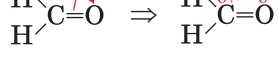
Мал. 43. Моделі молекул: *а* — метаналю; *б* — етаналю

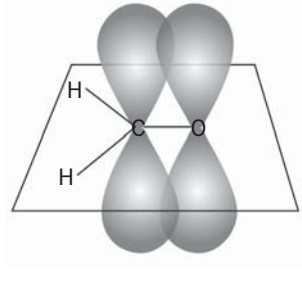
▶ Зобразіть структурну формулу молекули 2,2-диметилбутаналю.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Тривіальні назви альдегідів походять від назв відповідних карбонових кислот (с. 112). Найпростіший альдегід HCHO називають мурашиним, альдегід CH_3CHO — оцтовим[1].

Будова молекул. У молекулі альдегіду атом Карбону карбонільної групи $\rangle C{=}O$ сполучений із трьома атомами ковалентним зв'язком, який утворився при перекриванні змінених за формою орбіталей. Ці чотири атоми перебувають в одній площині, а кути між прямими, що з'єднують їхні центри, становлять 120°. *p*-Орбіталі атома Карбону і атома Оксигену перекриваються над і під цією площиною (мал. 44). Електронна густина подвійного зв'язку зміщена в бік атома найбільш електронегативного елемента Оксигену:





Мал. 44. Перекривання *p*-орбіталей атомів Карбону і Оксигену в молекулі метаналю

Фізичні властивості. Найпростіший альдегід — метаналь — за звичайних умов є газом, що має різкий запах і добре розчиняється у воді. Етаналь та інші альдегіди з невеликими молекулярними масами — рідини з неприємним, іноді задушливим запахом, розчинні у воді. Решта альдегідів — тверді речовини, які не розчиняються у воді.

▶ Чим зумовлена розчинність деяких альдегідів у воді?

[1] Інші назви цих сполук — формальдегід, ацетальдегід.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Температури кипіння альдегідів нижчі, ніж відповідних спиртів. Це пояснюється відсутністю водневих зв'язків між молекулами альдегіду.

Хімічні властивості. Через наявність у карбонільній групі подвійного зв'язку альдегіди можуть вступати в реакції приєднання. Для сполук цього класу також характерні реакції окиснення.

Реакції приєднання. Оцтовий та інші альдегіди взаємодіють із воднем за наявності каталізатора й перетворюються на первинні спирти:

$$\underset{\text{етаналь}}{CH_3{-}C(=O){-}H} + H_2 \xrightarrow{Ni,\,t} \underset{\text{етанол}}{CH_3{-}CH_2OH}.$$

У таких реакціях альдегіди відновлюються. *Суть відновлення органічної сполуки може полягати у збільшенні кількості атомів Гідрогену в її молекулі або зменшенні кількості атомів Оксигену.*

Реакції окиснення. Альдегіди легко окиснюються (киснем повітря, розчином калій перманганату, іншими речовинами) з утворенням відповідних карбонових кислот:

$$\underset{\text{етаналь}}{CH_3{-}C(=O){-}H} \xrightarrow{+[O]} \underset{\text{етанова кислота}}{CH_3{-}C(=O){-}OH}.$$

Цікаво знати
Оксид Ag_2O реагує з розчином амоніаку; продукт взаємодії — розчинна сполука Аргентуму.

Окиснення альдегіду також відбувається під час його взаємодії з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду при нагріванні. На внутрішніх стінках пробірки, в якій проводять дослід, утворюється блискучий шар срібла (мал. 45). Реакцію називають реакцією «срібного дзеркала»; вона є *якісною на альдегідну групу* в молекулі органічної сполуки:

$$R{-}C(=O){-}H + Ag_2O + NH_3 \xrightarrow{t,\,H_2O} R{-}C(=O){-}ONH_4 + 2Ag\downarrow.$$

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

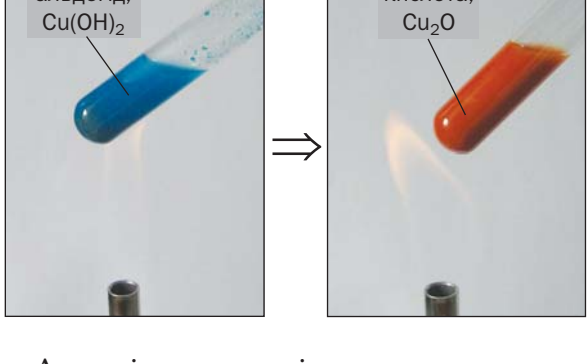
Мал. 45. Пробірка зі «срібним дзеркалом»

Продукт окиснення альдегіду — сіль, утворена аніонами карбонової кислоти і катіонами амонію NH_4^+.

В іншій якісній реакції на альдегідну групу використовують свіжоосаджений купрум(II) гідроксид. Блакитний колір осаду сполуки Купруму під час нагрівання з альдегідом змінюється на жовтий унаслідок утворення купрум(I) гідроксиду, а потім — на оранжево-червоний, який має купрум(I) оксид (мал. 46):

$$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-OH + 2CuOH + H_2O;$$

$$2CuOH \xrightarrow{t} Cu_2O + H_2O.$$



Мал. 46. Реакція альдегіду з купрум(II) гідроксидом

Альдегіди — горючі речовини.

▶ Напишіть рівняння реакції горіння етаналю.

Добування. У промисловості альдегіди добувають окисненням первинних спиртів і алкенів, іншими реакціями.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Промислові методи добування оцтового альдегіду (етаналю) ґрунтуються на реакціях окиснення етену

$$CH_2{=}CH_2 + [O] \xrightarrow{k} CH_3{-}C(=O)H$$

або етанолу[1]:

$$CH_3{-}CH_2OH + [O] \xrightarrow{k,\,t} CH_3{-}C(=O)H + H_2O.$$

Раніше етаналь добували в промисловості гідратацією етину. Ця реакція відбувається при нагріванні за наявності сульфатної кислоти і каталізатора — солі Меркурію:

$$HC{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4,\,HgSO_4,\,t} CH_3{-}C(=O)H.$$

Нині етаналь у такий спосіб не добувають через токсичність сполук Меркурію.

Застосування. Метаналь, або формальдегід, є вихідною речовиною у виробництві фенолоформальдегідних смол (с. 190). Водний розчин формальдегіду з масовою часткою сполуки 40 % називають формаліном. Цей розчин використовують як дезінфекційний засіб і консервант біологічних препаратів. Із оцтового альдегіду отримують оцтову кислоту, етиловий спирт, низку інших органічних сполук. Деякі альдегіди, що мають приємний запах, використовують у парфумерії.

Фізіологічна дія. Багато альдегідів негативно впливають на нервову систему, подразнюють шкіру, спричиняють алергію. Метаналь і етаналь — канцерогенні речовини. Вони містяться в тютюновому димі, газових викидах двигунів внутрішнього згоряння. Метаналь може потрапляти в повітря з деяких видів деревостружкових плит.

---

[1] Етаналь також добувають дегідруванням етанолу:

$$CH_3{-}CH_2OH \xrightarrow{k,\,t} CH_3{-}CHO + H_2.$$

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ВИСНОВКИ

Альдегіди — похідні вуглеводнів, у молекулах яких атом Гідрогену заміщений на альдегідну групу –CHO. Загальна формула альдегідів — *R*–CHO.

Систематична назва альдегіду складається з назви відповідного вуглеводню і суфікса *-аль*.

Метаналь за звичайних умов є газом, інші альдегіди — рідкі або тверді речовини. Сполуки з невеликими відносними молекулярними масами розчиняються у воді.

Для альдегідів характерні реакції приєднання й окиснення. Альдегіди — горючі речовини.

Етаналь добувають з етену або етанолу.

Серед альдегідів найбільшого використання набули метаналь і етаналь. Це — токсичні речовини.

?

120. Чи можна за будовою молекули етаналю передбачити хімічні властивості сполуки? Відповідь обґрунтуйте.
121. Дайте систематичні назви сполукам із такими формулами:

а) ;

б) .

122. Зобразіть структурні формули молекул 2-метилпентаналю і 3-етилгексаналю.
123. Назвіть сполуки, які утворюються при відновленні:
а) метаналю; б) пропаналю.
124. Складіть рівняння реакцій окиснення спиртів з утворенням:
а) метаналю; б) пропаналю.
125. Запишіть у загальному вигляді рівняння реакції окиснення насиченого одноатомного спирту до альдегіду.
126. Визначте формулу альдегіду, який має відносну молекулярну масу 86 і четвертинний атом Карбону в молекулі.
127. Під час реакції між 100 г розчину етаналю з масовою часткою сполуки 40 % та амоніачним розчином аргентум(I) оксиду виділилося 21,6 г срібла. Чи весь альдегід прореагував? Дайте відповідь на підставі розрахунків.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ДЛЯ ДОПИТЛИВИХ

Ацетон

Ацетон CH_3COCH_3 — один із найпоширеніших органічних розчинників (мал. 47). Його використовують у побуті для розбавляння фарб, виведення плям, очищення різних поверхонь від органічних забруднень.

Мал. 47. **Ємність з ацетоном**

Структурна формула молекули ацетону — $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$. У цій молекулі, як і в молекулах альдегідів, є карбонільна група $>C=O$, але вона сполучена з двома вуглеводневими (метильними) залишками (мал. 48). Ацетон належить до кетонів — сполук із загальною формулою $R-C(=O)-R'$ (вуглеводневі залишки можуть бути однаковими або різними). Він має ізомер серед альдегідів:

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3 \qquad CH_3-CH_2-C(=O)-H$$

Мал. 48. **Модель молекули ацетону**

Ацетон — безбарвна легкозаймиста рідина зі специфічним запахом, яка необмежено розчиняється у воді й кипить за температури

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

+56,5 °С. На відміну від альдегідів ацетон не реагує з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду, а також із купрум(II) гідроксидом у лужному середовищі.

Хімічна промисловість споживає значні кількості ацетону. Він слугує розчинником фарб, лаків, синтетичних смол, використовується у виробництві ацетатного шовку, органічного скла, фото- і кіноплівки.

18 Карбонові кислоти

Матеріал параграфа допоможе вам:

- пригадати, які сполуки зараховують до карбонових кислот;
- розширити свої знання про класифікацію кислот цього типу;
- складати систематичні назви кислот;
- отримати інформацію про ізомерію карбонових кислот.

Одним із важливих класів оксигеновмісних органічних сполук є клас *карбонових кислот*. Ви вже знаєте, що молекули цих сполук містять характеристичну групу, до якої входять два атоми Оксигену: $-C\begin{matrix}=O\\ \diagdown OH\end{matrix}$, або –COOH. Її назва — *карбоксильна група*.

Карбонові кислоти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп.

Слово «карбоксильна» складається із частин назв (вони підкреслені) груп атомів C=O і O–H: «карбонільна», «гідроксильна».

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Загальна формула карбонових кислот з однією карбоксильною групою в молекулі — $R-C\begin{matrix}=O\\-OH\end{matrix}$, або **R–COOH**.

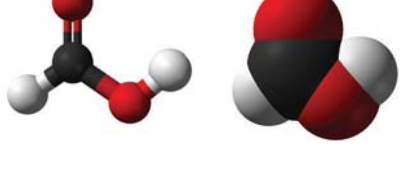
Поширеність у природі. Карбонові кислоти містяться в рослинах (наприклад, яблучна — у яблуках, винограді, лимонна — у цитрусових, щавлева — у щавлі, ревені), у тваринному світі (мурашина — у виділеннях мурашок, молочна — у молоці ссавців, м'язах після фізичного навантаження). Отже, тривіальні назви деяких кислот указують на їх природні джерела.

Класифікація. Карбонові кислоти класифікують за кількома ознаками.

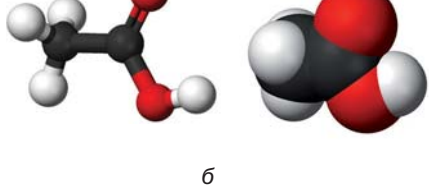
Одноосно́вні карбонові кислоти

$R-C\begin{matrix}=O\\-OH\end{matrix}$

Зважаючи на кількість карбоксильних груп у молекулі, розрізняють *одноосно́вні* карбонові кислоти (молекула містить одну групу –COOH, мал. 49), *двохосно́вні* карбонові кислоти (молекула містить дві групи –COOH) тощо.



а



б

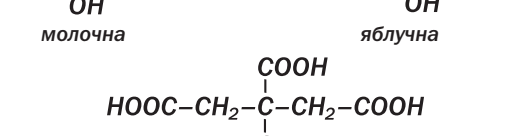
Мал. 49. Моделі молекул мурашиної (*а*) і оцтової (*б*) кислот

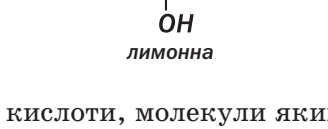
За особливостями хімічних зв'язків у вуглеводневих залишках карбонові кислоти поділяють на *насичені* (табл. 3), *ненасичені* (наприклад, акрилова кислота $CH_2=CH-COOH$, олеїнова кислота $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$), *ароматичні* (бензойна кислота C_6H_5-COOH).

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Загальна формула насичених одноосно́вних карбонових кислот — $\mathbf{C_nH_{2n+1}COOH}$, де $n = 0, 1, \ldots$. Склавши всі атоми кожного елемента, отримаємо формулу $C_{n+1}H_{2n+2}O_2$, або $C_mH_{2m}O_2$ ($m = 1, 2, \ldots$).

У молекулах деяких органічних кислот, крім карбоксильних груп, містяться інші характеристичні групи. З огляду на це розрізняють амінокислоти, гідроксикислоти та ін. Формули і назви найважливіших гідроксикислот:





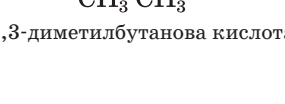
Цікаво знати
Для багатьох карбонових кислот істинні формули відрізняються від найпростіших.

Карбонові кислоти, молекули яких містять 10 і більше атомів Карбону, називають *вищими*.

У молекулах найпростіших за складом мурашиної HCOOH та щавлевої HOOC–COOH кислот немає вуглеводневих залишків.

Назви. Для карбонових кислот найбільш уживані тривіальні назви (табл. 3).

Систематична назва одноосно́вної карбонової кислоти складається із двох слів. Перше слово починається з назви вуглеводню з такою самою кількістю атомів Карбону, що й у головному карбоновому ланцюзі молекули кислоти (враховуючи атом Карбону карбоксильної групи), має суфікс *-ов-* і закінчення *-а* (табл. 3). Другим є слово *кислота*. Нумерацію в ланцюзі починають з атома Карбону карбоксильної групи, а в разі наявності замісників їх положення і назви (за алфавітом) указують на початку назви кислоти:



2,3-диметилбутанова кислота

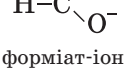
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Таблиця 3

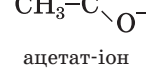
Формули і назви насичених одноосно́вних карбонових кислот

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(–CH_3)–COOH	Ізомасляна	Метилпропанова
CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–COOH	Валеріанова	Пентанова
CH_3–CH(–CH_3)–CH_2–COOH	Ізовалеріанова	3-Метилбутанова
. . .		
CH_3–$(CH_2)_{14}$–COOH	Пальмітинова	Гексадеканова
CH_3–$(CH_2)_{16}$–COOH	Стеаринова	Октадеканова

Для найпростіших карбонових кислот іноді застосовують 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.

▶ Напишіть формули калій форміату, кальцій ацетату.

Систематичні назви аніонів карбонових кислот складають, додаючи до назви відповідного вуглеводню суфікс *-оат*: $HCOO^-$ — 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 най-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

простіших одноосно́вних карбонових кислот насиченого ряду не існує ізомерів-кислот, а формулі C_3H_7COOH відповідають дві кислоти (табл. 3).

ВИСНОВКИ

Карбонові кислоти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька карбоксильних груп. Загальна формула одноосно́вних карбонових кислот — *R*–COOH.

Карбонові кислоти поширені в природі.

Карбонові кислоти класифікують за кількістю карбоксильних груп у молекулі, особливостями ковалентного зв'язку в 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 кратних зв'язків.

?

128. Назвіть причини багатоманітності карбонових кислот.

129. Знайдіть відповідність:

Назва кислоти	*Тип кислоти*
1) щавлева;	а) одноосно́вна;
2) оцтова;	б) двохосно́вна;
3) бензойна;	в) насичена;
4) акрилова;	г) ароматична;
5) олеїнова;	г) вища;
6) стеаринова;	д) ненасичена.

130. Дайте систематичні назви кислотам, молекули яких мають такі структурні формули:

а) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH$;

б) $CH_3-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-COOH$;

в) $\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH_2}}-CH_2-COOH$.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

131. Напишіть структурні формули молекул таких кислот:
   а) диметилпропанової;
   б) 2-етил-3-метилпентанової;
   в) 3-метил-2-хлоропентанової.
132. Скільки кислот-ізомерів мають формулу $C_5H_{10}O_2$? Відповідь обгрунтуйте.
133. Зобразіть структурні формули молекул кислот $C_6H_{12}O_2$, якщо головні ланцюги в них містять чотири атоми Карбону. Назвіть сполуки.
134. Яка формула насиченої одноосно́вної карбонової кислоти, якщо:
   а) молярна маса сполуки 130 г/моль;
   б) масова частка Оксигену в сполуці 31,37 %?
135. Насичена одноосно́вна карбонова кислота має молярну масу 116 г/моль і два третинні атоми Карбону у вуглеводневому залишку. Виведіть формулу кислоти і дайте їй назву.
136. При повному згорянні парів карбонової кислоти масою 0,6 г утворилося 448 мл (н. у.) вуглекислого газу і 0,36 г води. Виведіть формулу сполуки.

19 Насичені одноосновні карбонові кислоти

Матеріал параграфа допоможе вам:

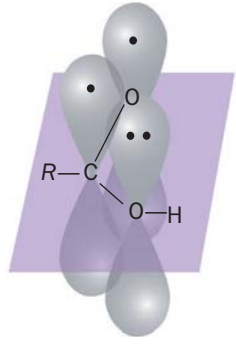
- прогнозувати властивості карбонових кислот за будовою молекул;
- поповнити свої знання про властивості карбонових кислот;
- ознайомитись зі способами добування етанової (оцтової) кислоти.

Будова молекул. У молекулі карбонової кислоти атом Карбону карбоксильної групи $-C\begin{matrix}=O\\ \diagdown OH\end{matrix}$ сполучений із двома атомами Оксигену й атомом Карбону вуглеводневого залишку[1]. Кути між напрямами відповідних хімічних зв'язків наближаються до 120°. Це —

[1] Або атомом Гідрогену (в молекулі метанової кислоти HCOOH).

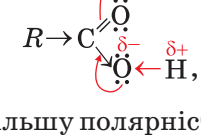
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

результат перекривання змінених за формою орбіталей атома Карбону з орбіталями сусідніх атомів. В утворенні подвійного зв'язку C=O беруть участь також неспарені *p*-електрони атома Карбону й атома Оксигену (мал. 50).



Мал. 50. Перекривання *p*-орбіталей атомів у карбоксильній групі

p-Орбіталь атома Карбону перекривається не лише з *p*-орбіталлю атома Оксигену карбонільної групи C=O, а й із *p*-орбіталлю атома Оксигену гідроксильної групи O–H, у якій перебуває пара неподілених електронів (мал. 50). Утворюється спільна електронна система. Електронна густина в цій системі значною мірою зміщена до атома Оксигену карбонільної групи



що зумовлює більшу полярність зв'язку O–H у молекулах карбонових кислот, ніж у молекулах спиртів.

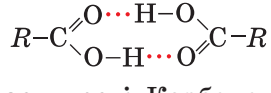
Зазначені особливості будови молекул карбонових кислот уможливлюють реакції за участю цих сполук із розривом полярних зв'язків O–H, а також C–OH.

Фізичні властивості. Мурашина, оцтова і пропіонова кислоти за звичайних умов є рідинами з різким запахом, які необмежено змішуються з водою з утворенням розчину.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Розчиненню сприяє утворення водневих зв'язків між молекулами кислоти і води. Масляна та інші кислоти з кількістю атомів Карбону в молекулах до дев'яти — оліїсті рідини, що мають неприємний запах і погано розчиняються у воді. Вищі насичені карбонові кислоти — тверді, нерозчинні у воді речовини без запаху.

Температури кипіння карбонових кислот вищі, ніж одноа́томних 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, то між молекулами кислоти їх може бути два[1]:



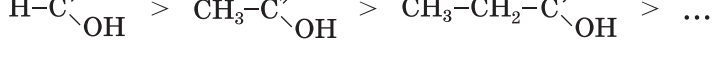
Хімічні властивості. Карбонові кислоти, як і неорганічні кислоти, дисоціюють у водних розчинах з утворенням катіонів Гідрогену й аніонів кислотних залишків:

$$R\text{–}COOH \rightleftarrows H^+ + R\text{–}COO^-.$$

Електролітична дисоціація цих сполук відбувається внаслідок розриву полярних зв'язків O–H у молекулах.

▶ Складіть рівняння електролітичної дисоціації мурашиної та оцтової кислот.

Усі карбонові кислоти є слабкими. Зі зростанням карбонового ланцюга в молекулах сила насичених одноосно́вних карбонових кислот зменшується:



[1] Сукупність двох сполучених молекул називають дими́ром. Димери циклічної будови досить стійкі.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 1

Виявлення органічних кислот у харчових продуктах

За допомогою піпетки або скляної палички нанесіть по 1—2 краплі рідкого молочнокислого продукту, соку квашеної капусти, яблучного або лимонного соку на універсальні індикаторні папірці. Чи змінюється забарвлення індикатора в кожному випадку? Якщо так, то як саме?

Зробіть відповідні висновки.

Реакції з металами, оксидами, гідроксидами, солями. Карбонові кислоти, як і більшість неорганічних кислот, взаємодіють з металами

$$Fe + 2CH_3COOH \rightarrow (CH_3COO)_2Fe + H_2\uparrow,$$

основними оксидами, основами, деякими амфотерними оксидами і гідроксидами, солями слабких кислот:

$$2HCOOH + Ba(OH)_2 \rightarrow (HCOO)_2Ba + 2H_2O;$$
$$2CH_3COOH + Na_2CO_3 \rightarrow 2CH_3COONa + CO_2\uparrow + H_2O.$$

▶ Складіть йонно-молекулярне рівняння реакції метанової кислоти з барій гідроксидом.

Реакції зі спиртами. Карбонові кислоти за наявності концентрованої сульфатної кислоти взаємодіють зі спиртами. Продуктами цих реакцій є *естери*[1]. Звідси й назва — реакція *естерифікації*:

оцтова кислота — етиловий спирт — етиловий естер оцтової кислоти

[1] Докладно естери і реакцію естерифікації розглянуто в § 21.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Установлено, що кожна молекула води утворюється за рахунок ОН-групи молекули кислоти й атома Гідрогену гідроксильної групи молекули спирту.

Оцтова кислота є стійкою щодо дії окисників. Вона не взаємодіє, наприклад, із калій перманганатом. Однак пару цієї кислоти можна підпалити на повітрі.

Мурашина кислота — єдина з карбонових кислот, у молекулі якої міститься альдегідна група $-C\overset{O}{\underset{H}{<}}$. *Тому ця сполука, як і альдегіди, окиснюється калій перманганатом, аргентум(I) оксидом в амоніачному розчині (дає реакцію «срібного дзеркала», мал. 45):*

$$H-C\overset{O}{\underset{OH}{<}} + [O] \rightarrow \left[HO-C\overset{O}{\underset{OH}{<}}, \text{ або } H_2CO_3\right] \rightarrow$$
$$\rightarrow CO_2 + H_2O,$$

$$HCOOH + Ag_2O + 2NH_3 \xrightarrow{t,\ H_2O}$$
$$\rightarrow 2Ag\downarrow + (NH_4)_2CO_3.$$

При нагріванні з концентрованою сульфатною кислотою мурашина кислота розкладається на карбон(II) оксид і воду:

$$HCOOH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4(конц.)} CO\uparrow + H_2O.$$

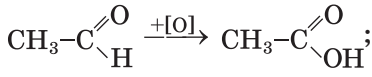
Добування. Карбонові кислоти добувають у *промисловості* переважно за реакціями окиснення.

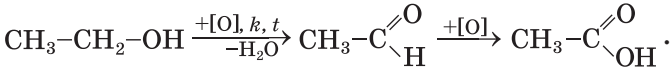
Основний і перспективний метод добування оцтової та мурашиної кислот ґрунтується на окисненні насичених вуглеводнів — н-бутану, метану:

$$2CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 + 5O_2 \xrightarrow{t,\ p,\ k}$$
$$\rightarrow 4CH_3COOH + 2H_2O;$$
$$2CH_4 + 3O_2 \xrightarrow{t,\ k} 2HCOOH + 2H_2O.$$

Карбонові кислоти утворюються при окисненні альдегідів і спиртів:

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua





У *лабораторії* карбонові кислоти найчастіше добувають за реакціями їхніх солей із сильними неорганічними кислотами (зазвичай сульфатною):

$$2R\text{COONa} + H_2SO_4 \rightarrow 2R\text{COOH} + Na_2SO_4.$$

Добувати оцтову кислоту в лабораторії недоцільно, оскільки її у великій кількості випускає промисловість.

Застосування. Найбільшого використання серед карбонових кислот набули етанова (оцтова) й метанова (мурашина) кислоти. Оцтову кислоту широко застосовують у харчовій, шкіряній, хімічній промисловості, при фарбуванні тканин, у виробництві штучних волокон, домашньому господарстві (для консервування, як приправу до їжі тощо). Промисловість випускає столовий оцет (водний розчин оцтової кислоти з її масовою часткою 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 молекулах. Ці сполуки мають вищі температури кипіння, ніж відповідні спирти.

Карбонові кислоти дисоціюють у водних розчинах, реагують із металами, деякими оксидами, гідроксидами, солями, а також зі спиртами.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

У промисловості карбонові кислоти добувають окисненням органічних сполук.

Карбонові кислоти використовують у багатьох сферах.

?

137. Поясніть, чому полярність зв'язку O–H у молекулах карбонових кислот більша, ніж у молекулах спиртів.
138. Запишіть схему електролітичної дисоціації пропанової кислоти. Яких частинок більше в розчині сполуки — молекул кислоти чи йонів?
139. Порівняйте хімічні властивості оцтової та хлоридної кислот.
140. Напишіть рівняння реакцій і дайте назви їх продуктам:

а) $HCOOH + Mg \rightarrow$
$CH_3COOH + Mn(OH)_2 \rightarrow$
$C_2H_5COOH + K_2CO_3 \rightarrow$

б) $CH_3COOH + CuO \rightarrow$
$HCOOH + Na_2SiO_3 \rightarrow$
$C_2H_5COOH + CH_3OH \rightarrow$

141. Укажіть у йонно-молекулярних рівняннях замість крапок формули йонів, молекул і наведіть відповідні молекулярні рівняння:
   а) $H^+ + HCOO^- \rightarrow$ ...;
   б) $OH^- + C_2H_5COOH \rightarrow$ ... + ...;
   в) $SiO_3^{2-} + 2CH_3COOH \rightarrow$ ... + ...
142. Запишіть у схемах перетворень замість крапок формули сполук і складіть рівняння відповідних реакцій:
   а) $C \rightarrow CaC_2 \rightarrow \ldots \rightarrow CH_3CHO \rightarrow \ldots \rightarrow CH_3COONa$;
   б) $C_2H_4 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow CH_3CHO \rightarrow \ldots \rightarrow CH_3COOC_3H_7$.

   Укажіть умови, за яких відбуваються реакції.
143. Визначте масову частку оцтової кислоти в розчині, виготовленому додаванням 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.
144. Яка маса розчину натрій гідроксиду з масовою часткою лугу 20 % витрачається на нейтралізацію 50 г розчину пропанової кислоти з масовою часткою кислоти 7,4 %?
145. 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 %?
146. У суміш мурашиної та оцтової кислот масою 15,2 г добавили надлишок цинку. При цьому виділилося 3,36 л газу (н. у.). Визначте масові частки кислот у суміші.

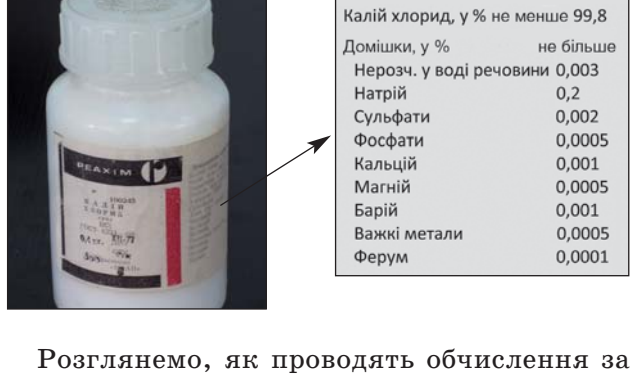
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

20 Розв'язування задач у разі наявності домішок у реагентах

Матеріал параграфа допоможе вам:

- обчислювати кількість речовини, масу або об'єм продукту реакції з використанням відомостей про вміст домішок у реагенті;
- визначати масову частку домішок у реагенті за відомими кількостями речовини, масами або об'ємами реагенту і продукту реакції.

Ви знаєте, що абсолютно чистих речовин не буває. Не лише природні речовини, а й ті, що добуті на заводах, у лабораторіях, містять сторонні речовини, або домішки. У незначній кількості домішки є в хімічних реактивах (мал. 51); вони потрапляють під час виготовлення реактивів, їх зберігання, використання. Тому перед здійсненням хімічної реакції з метою добування заданої маси або об'єму певної речовини потрібно враховувати вміст домішок у реагентах. Для твердих і рідких речовин указують масові частки домішок, а для газів, як правило, — об'ємні частки.



Мал. 51. Вміст домішок у хімічному реактиві

Розглянемо, як проводять обчислення за хімічними рівняннями, якщо реагенти мають

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

домішки. Вважатимемо, що ці домішки не беруть участі в хімічних реакціях.

ЗАДАЧА 1. Який об'єм водню виділиться за нормальних умов під час взаємодії 1,25 г магнію з достатньою кількістю етанової кислоти, якщо масова частка домішок у металі становить 4 %?

Дано:

m(Mg із дом.) = = 1,25 г
w(дом.) = 4 %
н. у.

$V(H_2)$ — ?

Розв'язання

1. Обчислюємо масову частку магнію в зразку металу, який містить домішки:

$$w(Mg) = 100\ \% - 4\ \% = 96\ \%, \text{ або } 0{,}96.$$

2. Розраховуємо масу і кількість речовини магнію (без домішок):

$$m(Mg) = 1{,}25\ г \cdot 0{,}96 = 1{,}2\ г;$$

$$n(Mg) = \frac{m(Mg)}{M(Mg)} = \frac{1{,}2\ г}{24\ г/моль} = 0{,}05\ моль.$$

3. Знаходимо об'єм водню за нормальних умов. Враховуємо, що згідно з хімічним рівнянням, 1 моль магнію витісняє 1 моль або 22,4 л (н. у.) водню:

$$\underset{1\ моль}{\overset{0{,}05\ моль}{Mg}} + 2CH_3COOH \rightarrow (CH_3COO)_2Mg + \underset{22{,}4\ л}{\overset{x\ л}{H_2}}\uparrow;$$

$$x = V(H_2) = 0{,}05 \cdot 22{,}4 = 1{,}12\ (л).$$

Відповідь: $V(H_2)$ = 1,12 л.

ЗАДАЧА 2. У результаті згоряння 6,15 г етанолу, який містив домішку води, утворилося 5,6 л вуглекислого газу (н. у.). Обчислити масову частку домішки в спирті.

Дано:

$m(C_2H_5OH$ із дом.) = = 6,15 г
$V(CO_2$, н. у.) = = 5,6 л

w(дом.) — ?

Розв'язання

1-й спосіб

1. Складаємо рівняння реакції:

$$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O.$$

2. Знаходимо кількість речовини вуглекислого газу:

$$n(CO_2) = \frac{V(CO_2)}{V_м} = \frac{5{,}6\ л}{22{,}4\ л/моль} = 0{,}25\ моль.$$

3. Обчислюємо кількість речовини спирту (без домішки води).

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Оскільки з 1 моль спирту, згідно з хімічним рівнянням, утворюється 2 моль (тобто удвічі більше) вуглекислого газу

$$\underset{1\ \text{моль}}{C_2H_5OH} + 3O_2 \rightarrow \underset{2\ \text{моль}}{2CO_2} + 3H_2O,$$

$$\text{то } x = n(C_2H_5OH) = \frac{1}{2}\, n(CO_2) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 0{,}25 \text{ моль} = 0{,}125 \text{ моль}.$$

4. Знаходимо масу спирту (без домішки води):

$$m(C_2H_5OH) = n(C_2H_5OH) \cdot M(C_2H_5OH) =$$
$$= 0{,}125 \text{ моль} \cdot 46 \text{ г/моль} = 5{,}75 \text{ г}.$$

5. Розраховуємо масу і масову частку домішки води у спирті:

$$m(\text{дом.}) = 6{,}15 \text{ г} - 5{,}75 \text{ г} = 0{,}4 \text{ г};$$

$$w(\text{дом.}) = \frac{m(\text{дом.})}{m(C_2H_5OH \text{ із дом.})} = \frac{0{,}4 \text{ г}}{6{,}15 \text{ г}} =$$

$$= 0{,}065, \text{ або } 6{,}5\ \%.$$

2-й спосіб

1. Розраховуємо масу спирту (без домішки), яка вступила в реакцію. Для цього складаємо рівняння реакції з відповідними записами над і під формулами речовин:

$$\underset{46\ \text{г}}{C_2H_5OH} + 3O_2 \rightarrow \underset{2 \cdot 22{,}4\ \text{л}}{2CO_2} + 3H_2O$$

(46 г — маса 1 моль спирту, а $2 \cdot 22{,}4$ л — об'єм 2 моль CO_2 за н. у.).

Звідси

$$x = m(C_2H_5OH) = \frac{46 \text{ г} \cdot 5{,}6 \text{ л}}{2 \cdot 22{,}4 \text{ л}} = 5{,}75 \text{ г}.$$

2. Обчислюємо масову частку спирту в його суміші з домішкою (водою):

$$w(C_2H_5OH) = \frac{m(C_2H_5OH)}{m(C_2H_5OH \text{ із дом.})} = \frac{5{,}75 \text{ г}}{6{,}15 \text{ г}} =$$

$$= 0{,}935, \text{ або } 93{,}5\ \%.$$

3. Знаходимо масову частку домішки води у спирті:

$$w(\text{дом.}) = 100\ \% - 93{,}5\ \% = 6{,}5\ \%.$$

Відповідь: w**(дом.) = 6,5 %.**

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ВИСНОВКИ

Кількісні розрахунки хімічних перетворень за участю речовин, які містять домішки, здійснюють у два етапи. Спочатку обчислюють масу, об'єм або кількість речовини реагенту без домішок, а потім, за рівнянням реакції, — масу, об'єм або кількість речовини продукту.

?

147. Яку максимальну масу етанолу можна добути з етену об'ємом 25 $м^3$ (н. у.), якщо цей вуглеводень містить 8 % етану?
148. При дегідратації 16,7 г пропан-1-олу, що містив домішку води, отримали 5,6 л вуглеводню (н. у.). Обчисліть масову частку води у спирті.
149. Чи містив фенол помітну кількість домішок, якщо для реакції з натрієм було взято 23,6 г фенолу, а добуто 29 г феноляту?
150. Яку максимальну масу етаналю можна добути з 20 г кальцій карбіду, що містить 12 % домішок?
151. Який об'єм водню за нормальних умов виділиться під час взаємодії 2 г літію з достатньою кількістю мурашиної кислоти, якщо масова частка домішок у металі становить 3 %?
152. Обчисліть масову частку домішок в етені, якщо для реакції з бромом було взято 3,7 г цього газу, а прореагувало 20 г брому.
153. Знайдіть масу вуглекислого газу, що утвориться внаслідок спалювання 1 т вугілля в надлишку повітря, якщо сумарна масова частка всіх елементів у вугіллі, крім Карбону, становить 10 %.

21 Естери

Матеріал параграфа допоможе вам:

- розпізнавати естери серед інших сполук;
- складати формули естерів і називати ці речовини;
- дізнатися про властивості й добування естерів.

Запах багатьох квітів, плодів, фруктів, ягід зумовлений наявністю в них органічних сполук певного класу — естерів.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Естери — похідні карбонових кислот, у молекулах яких атом Гідрогену карбоксильної групи заміщений на вуглеводневий залишок[1].

Загальна формула естерів — $R-C(=O)-O-R'$, або $R-COOR'$.

Добування. Естери утворюються при взаємодії карбонових кислот зі спиртами (§ 19):

$$CH_3-C(=O)-OH + H-O-CH_3 \underset{}{\overset{H_2SO_4(конц.)}{\rightleftharpoons}} CH_3-C(=O)-O-CH_3 + H_2O.$$

кислота спирт естер

Такі реакції, як вам відомо, називають реакціями естерифікації. Вони є оборотними; водночас із прямою реакцією відбувається зворотна — взаємодія естеру з водою. Щоб досягти повнішого перетворення кислоти і спирту на естер, реакційну суміш нагрівають для видалення пари одного із продуктів реакції.

Реакції обміну між сполукою і водою називають реакціями *гідролізу*.

Естери

$R-C(=O)-O-R'$

Назви. Систематичні назви естерів складаються із двох частин. Першою частиною є назва вуглеводневого залишку в молекулі відповідного спирту, а другою — назва вуглеводню, від якого походить кислота, із суфіксом *-оат*:

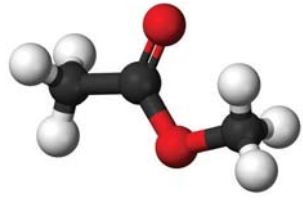
$CH_3-C(=O)-O-CH_3$.

метилетаноат

В інших назвах естерів використовують назву вуглеводневого залишку молекули спирту і назву карбонової кислоти (або її залишку). Наприклад, естер CH_3COOCH_3 (мал. 52) називають метиловим естером оцтової кислоти або метилацетатом.

[1] Раніше такі сполуки називали складними ефірами.

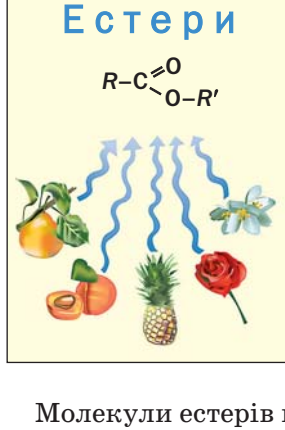
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Мал. 52. Кулестержнева модель молекули метилетаноату

▶ Запропонуйте для етилпропаноату іншу назву 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 $CH_3COOCH_2C_6H_5$ — жасмину (мал. 53). Естери з кількома десятками атомів Карбону в молекулах — тверді речовини, що не мають запаху. Такі естери містяться у бджолиному воску (найбільше в ньому естеру $C_{15}H_{31}COOC_{30}H_{61}$, який походить від пальмітинової кислоти).



Мал. 53. Природні джерела естерів

Молекули естерів не містять гідроксильних груп і не можуть утворювати водневі зв'язки. Тому ці сполуки нерозчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Естери повільно взаємодіють із водою, тобто зазнають гідролізу. За наявності кислот або лугів[1] швидкість цієї реакції зростає.

▶ Складіть рівняння реакції гідролізу метилпропаноату.

Цікаво знати
Ненасичений естер метилметакрилат використовують у виробництві органічного скла.

Естери — горючі речовини.

Застосування. Деякі естери карбонових кислот є компонентами парфумів, косметичних засобів, фруктових есенцій. Етилацетат і етилформіат слугують розчинниками для фарб і лаків.

ВИСНОВКИ

Естери — похідні карбонових кислот, у молекулах яких атом Гідрогену карбоксильної групи заміщений на вуглеводневий залишок. Загальна формула естерів — $R–COOR'$. Багато естерів трапляється в природі.

Естери з невеликими молекулярними масами є безбарвними леткими рідинами, які мають переважно приємний запах. Вони розчиняються в органічних розчинниках, зазнають гідролізу, горять. Естери утворюються при взаємодії спиртів із карбоновими кислотами. Їх використовують у парфумерії, косметиці, як харчові добавки.

?

154. Знайдіть відповідність:

Формула сполуки	*Клас сполук*
1) $H–COO–CH_3$;	а) карбонова кислота;
2) $CH_3–COO–H$;	б) естер.

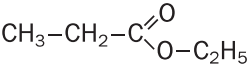
155. Знайдіть відповідність:

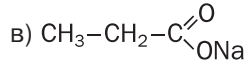
Формула естеру	*Назва естеру*
1) $C_2H_5COOCH_3$;	а) бутилетаноат;
2) $CH_3COOCH_2CH_2CH_2CH_3$;	б) метилпропаноат.

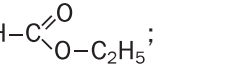
[1] У лужному середовищі під час гідролізу естеру утворюється не карбонова кислота, а її сіль.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

156. З наведених формул виберіть ті, що належать естерам, і дайте цим сполукам систематичні назви:

а)  ;

в)  ;

б)  ;

г) CH_3-O-CH_3.

157. Складіть структурні формули молекул таких естерів:
   а) бутилметаноату;
   б) етилформіату;
   в) пропілового естеру мурашиної кислоти.

158. Напишіть рівняння реакцій:
   а) естерифікації за участю пропан-1-олу і етанової кислоти;
   б) гідролізу метилпропаноату;
   в) горіння метилметаноату.

159. Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:

$$CH_3OH \rightarrow HCHO \rightarrow HCOOH \rightarrow HCOOCH_3.$$

160. Яку масу метанолу було взято для добування метилбутаноату, якщо утворилося 20,4 г естеру, а прореагувало 80 % спирту?

для допитливих

Нітрогліцерин

Естери можуть походити не лише від карбонових кислот, а й від неорганічних оксигеновмісних кислот. Серед них — естер гліцерину і нітратної кислоти, тривіальна назва якого — нітрогліцерин. Цю сполуку використовують для виготовлення динаміту; вона є однією з найсильніших вибухових речовин. Промислове виробництво нітрогліцерину 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 — олійста рідина без запаху. Сполуку добувають за реакцією гліцерину із сумішшю концентрованих нітратної та сульфатної кислот:

$$C_3H_5(OH)_3 + 3HONO_2 \xrightarrow{H_2SO_4} C_3H_5(ONO_2)_3 + 3H_2O.$$

При нагріванні або слабкому ударі нітрогліцерин вибухає:

$$4C_3H_5(ONO_2)_3 \rightarrow 12CO_2\uparrow + 6N_2\uparrow + O_2\uparrow + 10H_2O\uparrow.$$

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

22 Жири

Матеріал параграфа допоможе вам:

- пригадати склад і властивості жирів;
- отримати нову інформацію про жири та їх роль в організмі.

Ви ознайомилися із жирами в 9 класі. Вони поширені в природі й разом із білками та вуглеводами становлять основу нашого харчування (мал. 54).

Мал. 54. Жири

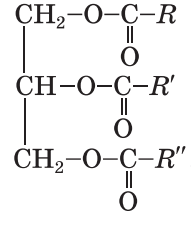
Жири — естери гліцеролу і вищих карбонових кислот.

Ці сполуки ще називають *тригліцеридами*, оскільки молекула жиру містить три кислотні залишки (мал. 55).

Мал. 55. Модель молекули тригліцериду

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Загальна формула жирів —



де R, R', R'' — вуглеводневі залишки молекул різних кислот.

Природні жири є похідними вищих (жирних) карбонових кислот, молекули яких, як правило, мають нерозгалужену будову і парну кількість атомів Карбону. Серед цих кислот:

- *пальмітинова* $C_{15}H_{31}COOH$, або $CH_3–(CH_2)_{14}–COOH$;
- *стеаринова* $C_{17}H_{35}COOH$, або $CH_3–(CH_2)_{16}–COOH$;
- *олеїнова* $C_{17}H_{33}COOH$, або $CH_3–(CH_2)_7–CH=CH–(CH_2)_7–COOH$;
- *лінолева* $C_{17}H_{31}COOH$, або $CH_3–(CH_2)_4–CH=CH–CH_2–CH=CH–(CH_2)_7–COOH$;
- *ліноленова* $C_{17}H_{29}COOH$, або $CH_3–(CH_2–CH=CH)_3–(CH_2)_7–COOH$.

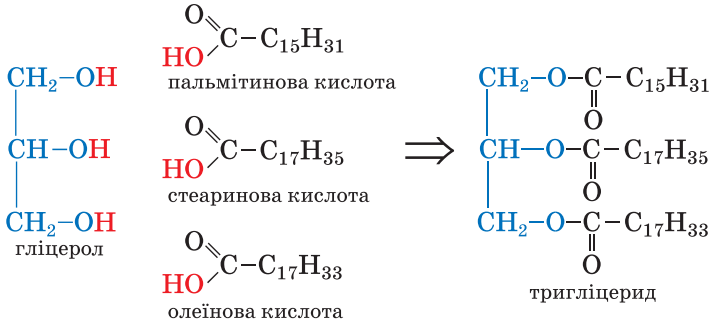
Жири завжди містять домішки — жирні кислоти, вітаміни A, D, E, F, інші органічні речовини, воду.

ВПРАВА. Скласти структурну формулу молекули жиру, в якій є залишки молекул пальмітинової, стеаринової та олеїнової кислот.

Розв'язання

Записуємо структурну формулу молекули гліцеролу, а після неї навпроти кожної ОН-групи — структурну формулу молекули відповідної карбонової кислоти. Потім вилучаємо атоми Гідрогену з усіх гідроксильних груп молекули гліцеролу, ОН-групи з молекул кислот (ці атоми і групи атомів виокремлено червоним кольором) і з'єднуємо отримані залишки рисками, які імітують прості ковалентні зв'язки:

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Якщо в молекулі жиру всі вуглеводневі залишки походять від стеаринової кислоти, його називають тристеарином, а якщо це залишки олеїнової кислоти — триолеїном.

Класифікація. Розрізняють тваринні й рослинні жири.

Серед *тваринних жирів* найбільш уживані вершкове масло, свиняче сало і яловичий жир. У їхньому складі переважають тригліцериди насичених кислот — стеаринової та пальмітинової. Жири морських ссавців і риб утворені переважно ненасиченими жирними кислотами; молекули деяких кислот містять 4 і більше подвійних зв'язків.

Рослинні жири, як вам відомо, називають *оліями*. Найважливіші олії — соняшникова, оливкова (мал. 56), кукурудзяна. Вони містять переважно тригліцериди ненасичених кислот — олеїнової та лінолевої. Однак у кокосовому і пальмовому жирах найбільше естерів насичених кислот.

Мал. 56. Популярні олії — оливкова і соняшникова

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Фізичні властивості. Більшість тваринних жирів є твердими речовинами, а в організмах морських ссавців і риб містяться рідкі жири. Рослинні жири, за винятком кокосового і пальмового, — рідини.

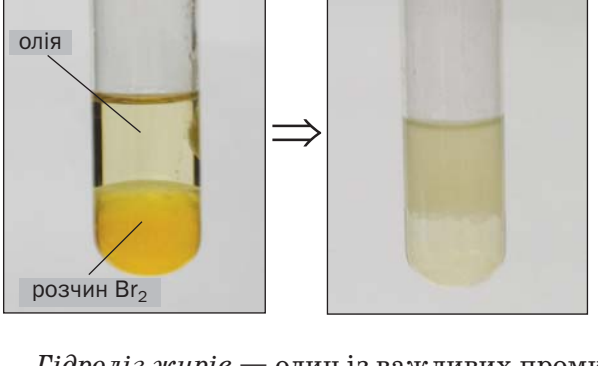
Жир не має сталої температури плавлення, оскільки є сумішшю різних тригліцеридів; він плавиться в певному температурному інтервалі.

Жири легші за воду, нерозчинні в ній, але добре розчиняються в бензині, бензені, дихлороетані та багатьох інших органічних розчинниках. Деякі розчинники використовують при чищенні тканин від жирових плям.

Рідкі жири утворюють з водою емульсії. Приклад такої емульсії — сильно струшена суміш олії з водою, яка швидко розшаровується. Досить стійкою емульсією є молоко.

Хімічні властивості. Із повсякденного життя вам відомо, що жири з часом гіркнуть (це — результат їх окиснення), а за сильного нагрівання розкладаються.

Жири, як і естери одноатомних спиртів, за певних умов зазнають гідролізу, а ті, в молекулах яких є залишки ненасичених кислот, сполучаються з воднем, галогенами (мал. 57).

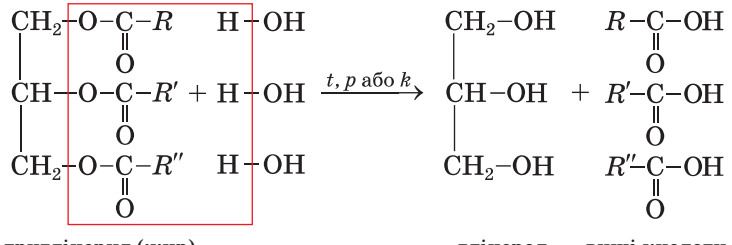


Мал. 57. Взаємодія соняшникової олії з бромною водою

Гідроліз жирів — один із важливих промислових процесів. Жири взаємодіють із водяною парою за температури 200—250 °С і тиску 20—25 атм або за наявності каталізаторів:

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

жир + вода $\xrightarrow{t,\ p \text{ або } k}$ гліцерол + вищі кислоти,



тригліцерид (жир) гліцерол вищі кислоти

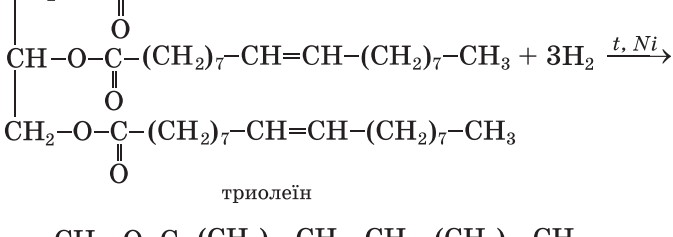
Якщо ці реакції здійснювати за нагрівання й наявності лугів, то замість вищих кислот утворюються їхні солі (мила́). Відповідний процес називають *омиленням жирів*.

▶ Складіть рівняння реакції тристеарину з натрій гідроксидом.

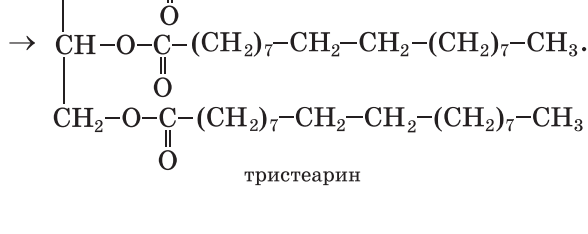
Гідроліз жирів відбувається і в живих організмах. У ньому беруть участь особливі каталізатори — ферменти (с. 216).

Гідрування. Жири, які походять від ненасичених кислот, вступають у реакції, характерні для алкенів, зокрема сполучаються з воднем. При пропусканні газу в нагріту до 160—240 °С олію за наявності каталізатора поступово утворюється твердий жир, схожий на тваринний:

рідкий жир + водень $\xrightarrow{t,\ k}$ твердий жир,



триолеїн



тристеарин

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Змішуванням добутого твердого жиру з молоком, вершковим маслом, невеликими кількостями вітамінів A і D виробляють маргарин. Твердий жир також використовують для технічних потреб, як сировину для виробництва мила.

Цікаво знати
Для запобігання появі прогірклості харчових жирів до них додають антиоксиданти.

Окиснення. Контактуючи з вологим повітрям, жири зазнають гідролізу й окиснюються. Продуктами цих перетворень є альдегіди, інші сполуки з меншою кількістю атомів Карбону в молекулах. Більшість із них має неприємний запах і гіркий смак.

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.

Застосування. Основна сфера використання жирів — харчова промисловість. Ці речовини застосовують у виробництві косметичних засобів, медицині, техніці. Із жирів добувають гліцерин, вищі карбонові кислоти, мило, інші речовини.

Біологічна роль. При повному окисненні жиру в організмі виділяється удвічі більше енергії, ніж із такої самої маси білка чи вуглеводу. Жири містяться в клітинних мембранах, є теплоізоляторами, розчиняють деякі вітаміни.

Олії — джерело ненасичених кислот, які в організмі не утворюються, але мають високу біологічну активність.

ВИСНОВКИ

Жири — естери гліцеролу і вищих карбонових кислот. Розрізняють тваринні й рослинні жири. Тваринні жири є похідними насичених кислот, а рослинні — ненасичених кислот.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Жири зазнають гідролізу, окиснюються, розкладаються при нагріванні, а ті, що утворені ненасиченими кислотами, реагують з воднем, галогенами.

Жири є невід'ємною складовою нашого харчування, виконують важливі біологічні функції. Їх використовують у харчовій і легкій промисловості, медицині, техніці, як хімічну сировину.

?

161. Охарактеризуйте склад молекул жирів.
162. Чим різняться за походженням і складом молекул тверді жири й рідкі (олії)?
163. Складіть скорочену структурну формулу молекули тригліцериду, яка містить залишки олеїнової, лінолевої та ліноленової кислот.
164. Напишіть рівняння реакції гідролізу трипальмітину.
165. Яка маса розчину натрій гідроксиду з масовою часткою лугу 25 % витрачається на добування мила із 5 т тригліцериду, молекула якого містить залишки молекул стеаринової, пальмітинової та олеїнової кислот?
166. Обчисліть масу гліцеролу, який утворився при взаємодії достатньої кількості калій гідроксиду з 10 кг триолеїну, що містив 2 % домішок за масою.
167. За матеріалами з інтернету з'ясуйте, які жири та інші органічні сполуки містяться у вершковому маслі.

23 Вуглеводи. Глюкоза

Матеріал параграфа допоможе вам:

- пригадати загальні відомості про вуглеводи;
- дізнатися про класифікацію вуглеводів;
- розширити свої знання про будову молекул і властивості глюкози.

Вуглеводи. Найпоширеніші в природі органічні сполуки мають склад, який відповідає

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

загальній формулі $C_nH_{2m}O_m$, або $C_n(H_2O)_m$ (n і m 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. Вам відомо, що вона походить від слів «вуглець» і «вода» (ці речовини утворюються при повному термічному розкладі вуглеводів за відсутності повітря).

Вуглеводи $C_n(H_2O)_m$

Вуглеводи містяться в усіх живих організмах. Ви знаєте, що вони утворюються в зелених рослинах і деяких бактеріях унаслідок фотосинтезу. Схема цього процесу в рослинах:

вуглекислий газ + вода $\xrightarrow{h\nu,\ \text{хлорофіл}}$ вуглеводи + кисень,

а узагальнене хімічне рівняння —

$$nCO_2 + mH_2O \xrightarrow{h\nu,\ \text{хлорофіл}} C_n(H_2O)_m + nO_2.$$

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.

Для вуглеводів використовують, як правило, тривіальні назви, більшість яких закінчується на *-оза*.

Глюкоза. Це — один із найважливіших моносахаридів. Деякі відомості про сполуку та її властивості ви отримали в 9 класі.

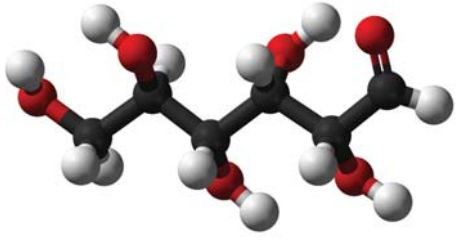
Глюкоза, або виноградний цукор, міститься у фруктах і ягодах, меду́, а в незначній кількості — у крові людини і тварин.

Глюкоза $C_6H_{12}O_6$

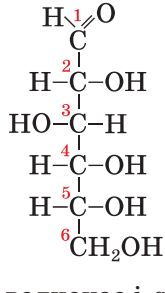
Будова молекули. Хімічна формула глюкози — $C_6H_{12}O_6$. Молекула сполуки містить різні характеристичні групи — альдегідну і гідроксильні (мал. 58):

[1] Існують вуглеводи (як природні, так і синтетичні), склад яких не відповідає наведеній формулі.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



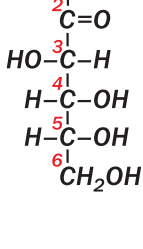
Мал. 58. Модель відкритої форми молекули глюкози



Отже, глюкоза є водночас і *альдегідом*, і *багатоа́томним спиртом*; такі сполуки називають альдегідоспиртами.

Форму молекули глюкози, зображену вище, називають відкритою. У цій формі молекули сполуки існують лише у водному розчині, причому в незначній кількості. Характерною формою для молекули глюкози (у твердому стані й у розчині) є циклічна; цикл складається з п'яти атомів Карбону й одного атома Оксигену. У розчині відкрита форма молекули постійно перетворюється на циклічну і навпаки.

Структурним ізомером глюкози є інший моносахарид — фруктоза. У молекулі цієї сполуки карбонільна група $>C=O$ сполучена із двома різними замісниками:



Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Фруктоза (інша назва вуглеводу — фруктовий цукор) міститься в багатьох фруктах, ягодах, меду́. Це безбарвна кристалічна речовина, добре розчинна у воді, солодша за звичайний цукор (сахарозу).

В організмі людини фруктоза перетворюється на ізомер — глюкозу.

Фізичні властивості. Глюкоза — білий порошок або безбарвна кристалічна речовина із солодким смаком. Сполука добре розчиняється у воді, плавиться при 146 °С.

Хімічні властивості. Глюкоза вступає в реакції, характерні для багатоа́томних спиртів і альдегідів.

Реакція за участю гідроксильних груп. Глюкоза, як і гліцерин, взаємодіє з купрум(II) гідроксидом у лужному середовищі. Продукт реакції — розчинна сполука Купруму(II) синього кольору.

Реакції за участю альдегідної групи. Глюкоза легко окиснюється. При нагріванні її розчину з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду утворюється амонійна сіль глюконової кислоти, а на стінках посудини з'являється тонкий блискучий шар срібла (мал. 45). Це реакція «срібного дзеркала». Наводимо відповідне хімічне рівняння, використавши скорочену структурну формулу молекули глюкози:

$$\underset{\text{глюкоза}}{CH_2OH{-}(CHOH)_4{-}C\overset{O}{\underset{H}{}}} + Ag_2O + NH_3 \xrightarrow{t,\ H_2O}$$

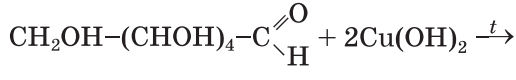
$$\rightarrow \underset{\text{амоній глюконат}}{CH_2OH{-}(CHOH)_4{-}C\overset{O}{\underset{ONH_4}{}}} + 2Ag\downarrow.$$

Цікаво знати

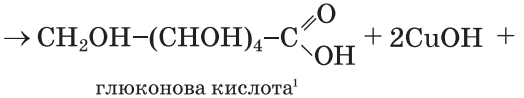
Кальцій глюконат застосовують у медицині для поповнення організму Кальцієм.

Аналогічно діє на глюкозу купрум(II) гідроксид (при нагріванні), перетворюючись на купрум(I) гідроксид жовтого кольору, який швидко розкладається на червоний купрум(I) оксид і воду:

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



глюкоза



глюконова кислота[1]

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 2

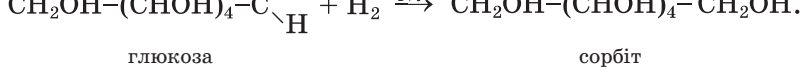
Окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом

У пробірку налийте 2—3 мл розчину натрій гідроксиду і додайте 3—4 краплі розчину купрум(II) сульфату. До осаду купрум(II) гідроксиду, що утворився, долийте 2—3 мл розчину глюкози і добре перемішайте суміш. Що спостерігаєте?

Вміст пробірки обережно нагрійте. Про що свідчить поява осаду і зміна його забарвлення?

Зробіть відповідні висновки.

Глюкоза подібно до альдегідів може зазнавати відновлення. Унаслідок її взаємодії з воднем за наявності каталізатора утворюється шестиа́томний спирт:



глюкоза сорбіт

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.

[1] За наявності надлишку лугу утворюється сіль цієї кислоти.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Під дією ферментів дріжджів глюкоза у водному розчині повільно перетворюється на етиловий спирт. Назва цього процесу — *спиртове бродіння* (с. 87). Його можна спрощено описати таким хімічним рівнянням:

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{етанол}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2\uparrow.$$

Молочнокисле бродіння глюкози спричиняють молочнокислі бактерії:

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{молочна кислота}}{2CH_3{-}\overset{\overset{OH}{|}}{C}H{-}COOH}.$$

Спиртове бродіння здавна використовують у виноробстві та пивоварінні. Молочнокисле бродіння відбувається, наприклад, під час квашення овочів.

Добування і використання. Глюкозу добувають, здійснюючи гідроліз природних речовин — крохмалю, цукру, целюлози (§ 24, 25).

При окисненні глюкози в організмі виділяється необхідна для нього енергія. Тому цю сполуку використовують у медицині (мал. 59) як легкозасвоювану і калорійну речовину. Вона входить до складу кровозамінних рідин. Глюкозу застосовують і в харчовій промисловості. Із цього вуглеводу добувають аскорбінову кислоту (вітамін С), кальцій глюконат.

Мал. 59. Ампули з розчином глюкози

ВИСНОВКИ

Вуглеводи — найпоширеніші в природі органічні сполуки, які утворюються внаслідок фотосинтезу. Їх загальна формула — $C_n(H_2O)_m$.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Вуглеводи поділяють на моносахариди, дисахариди і полісахариди. Найважливішим моносахаридом є глюкоза $C_6H_{12}O_6$. Це кристалічна речовина, добре розчинна у воді, солодка на смак.

Глюкоза вступає в реакції окиснення, відновлення, бродіння. Її добувають гідролізом природних речовин. Глюкозу застосовують у харчовій промисловості, медицині, органічному синтезі.

?

168. Чому глюкозу, сахарозу, крохмаль, целюлозу називають вуглеводами?
169. Якими хімічними реакціями можна виявити в молекулі глюкози:
   а) гідроксильні групи;
   б) альдегідну групу?
170. За матеріалами з інтернету або іншими джерелами інформації підготуйте повідомлення про роль глюкози в організмі людини.
171. У якій масі води потрібно розчинити 40 г глюкози, щоб виготовити розчин із масовою часткою вуглеводу 8 %?
172. Обчисліть маси розчинів глюкози з її масовими частками 5 і 25 %, необхідні для приготування 200 г 10 %-го розчину цієї сполуки.
173. Яка маса срібла утворюється при окисненні 0,4 моль глюкози надлишком амоніачного розчину аргентум(I) оксиду?
174. Який об'єм вуглекислого газу (н. у.) виділиться при повному перетворенні 90 г глюкози на спирт під час бродіння?
175. У результаті молочнокислого бродіння глюкози утворилося 3,6 г молочної кислоти і залишилось 8,4 г глюкози. Обчисліть масу вуглеводу до початку реакції.

24 Дисахариди. Сахароза

Матеріал параграфа допоможе вам:

- дізнатися, які вуглеводи зараховують до дисахаридів;
- розширити свої знання про сахарозу.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Дисахариди. У рослинному і тваринному світі поширені 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 двох моносахаридів.

Дисахариди $C_{12}H_{22}O_{11}$

До найважливіших дисахаридів належать сахароза (з нею ви докладно ознайомилися в 9 класі), лактоза і мальтоза. Вони мають однакову хімічну формулу $C_{12}H_{22}O_{11}$ і є ізомерами.

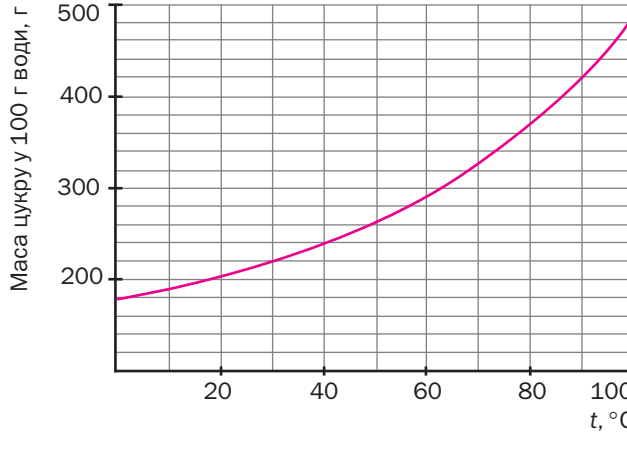
> *Лактоза (інша назва — молочний цукор) міститься в молоці (коров'ячому — 4—5 % за масою, жіночому — 5—8 %), молочній сироватці. Цей дисахарид майже втричі менш солодкий, ніж сахароза.*
>
> *Мальтоза (солодовий цукор) є в пророслих зернах ячменю (солоді), організмах тварин. За солодким смаком вона трохи поступається сахарозі.*
>
> *Відкриті форми молекул лактози і мальтози містять альдегідну групу.*

Сахароза. Це — звичайний цукор, харчовий продукт, який легко засвоюється організмом. Речовина міститься в листі й соках дерев, фруктах, овочах, а найбільше — у цукровому буряку і цукровій тростині (до 27 % за масою).

Сахароза є кристалічною речовиною, має солодкий смак і добре розчиняється у воді. Розчинність цукру з підвищенням температури істотно зростає (мал. 60). Якщо дуже концентрований гарячий розчин (цукровий сироп) охолодити, то він стає перенасиченим (концентрація речовини в ньому перевищуватиме таку для насиченого розчину). Кристалики цукру з'являтимуться в ньому не одразу, а через тривалий час.

При нагріванні цукор плавиться і починає розкладатися.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Мал. 60. Залежність розчинності сахарози у воді від температури

Будова молекули. Молекула сахарози $C_{12}H_{22}O_{11}$ складається із залишків молекул глюкози і фруктози. У молекулі сахарози містяться кілька гідроксильних груп, а альдегідної групи немає (сполука не відновлює купрум(II) гідроксиду й не вступає в реакцію «срібного дзеркала»).

Хімічні властивості. Участь сахарози в хімічних реакціях зумовлена особливостями будови її молекули і наявністю в ній гідроксильних груп.

Гідроліз. Сахароза під дією ферментів або за нагрівання із сильними неорганічними кислотами зазнає гідролізу (відмінність від моносахаридів). При цьому з кожної молекули дисахариду утворюються молекула глюкози і молекула фруктози:

$$\text{сахароза} + \text{вода} \xrightarrow{k \text{ або } t,\ H_2SO_4} \text{глюкоза} + \text{фруктоза};$$

$$\underset{\text{сахароза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{k \text{ або } t,\ H_2SO_4} \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{фруктоза}}{C_6H_{12}O_6}.$$

Реакції за участю гідроксильних груп. Оскільки в молекулі сахарози міститься кілька гідроксильних груп, сполука вступає в реакції, характерні для багатоатомних спиртів. Наприклад, сахароза взаємодіє з гідроксидами Кальцію, Купруму(II) з утворенням

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

розчинних сполук, загальна назва яких — сахарати.

Добування. Сахарозу отримують із цукрового буряка і цукрової тростини. Вимиту й подрібнену сировину обробляють гарячою водою, яка розчиняє цукор і деякі інші речовини. Суміш фільтрують і додають у добутий розчин кальцій гідроксид. Він взаємодіє із сахарозою з утворенням розчинного продукту реакції, а інші органічні речовини осаджуються. Після відокремлення рідини від осаду фільтруванням у неї пропускають вуглекислий газ. При цьому утворюється нерозчинний кальцій карбонат, а в розчині — сахароза. Воду випарюють із розчину й отримують кристалічний цукор.

У нашій країні працює кілька десятків цукрових заводів (мал. 61); обсяг їх щорічної продукції доходить до 2 млн т. Україна є одним із найбільших виробників цукру у світі; рекорд його річного експорту перевищує 700 тис. т.

Мал. 61. На цукровому заводі

Застосування. Сахароза — важливий харчовий продукт. Її концентрований водний розчин є консервантом. Сахарозу також використовують для виробництва деяких поверхневоактивних речовин.

ВИСНОВКИ

Дисахариди — вуглеводи, молекули яких складаються із двох залишків молекул моносахаридів. Загальна формула цих сполук — $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Важливим дисахаридом є сахароза. Це — біла кристалічна речовина із солодким смаком, розчинна у воді. Молекула сполуки складається із залишків молекул глюкози і фруктози.

Сахароза зазнає гідролізу, взаємодіє з гідроксидами деяких металічних елементів, при нагріванні розкладається.

Сахароза є харчовим продуктом. Цю речовину також використовують у хімічній технології.

?

176. Які вуглеводи називають дисахаридами?
177. Порівняйте сахарозу і глюкозу за фізичними та хімічними властивостями.
178. Напишіть хімічні рівняння, які відповідають наведеним нижче перетворенням, і вкажіть умови перебігу реакцій:
сахароза → глюкоза → етанол → етиловий естер оцтової кислоти.
179. Обчисліть масову частку Карбону у вологому цукрі, якщо масова частка води в ньому становить 5 %.
180. За графіком, наведеним на малюнку 60, визначте, насиченим чи ненасиченим є:
а) 70 %-й водний розчин сахарози за температури 60 °С;
б) 83 %-й розчин сахарози за температури 100 °С.
181. Які маси цукру і його водного розчину з масовою часткою 10 % потрібно змішати, щоб виготовити 200 г 20 %-го розчину?
182. При гідролізі деякої маси сахарози утворилася удвічі менша маса глюкози. Яка частка дисахариду перетворилася на моносахариди?

25 Полісахариди. Крохмаль, целюлоза

Матеріал параграфа допоможе вам:

- дізнатися, які вуглеводи зараховують до полісахаридів;
- пригадати властивості крохмалю і целюлози;
- отримати нову інформацію про крохмаль і целюлозу.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Полісахариди. Серед усіх органічних речовин, які є в природі, найбільше (за масою) *полісахаридів*.

Полісахаридами називають вуглеводи, молекули яких складаються з багатьох залишків молекул моносахаридів[1].

Полісахариди $(C_6H_{10}O_5)_n$

Найважливішими полісахаридами є *крохмаль* і *целюлоза*. Ці природні високомолекулярні сполуки мають однакову загальну формулу $(C_6H_{10}O_5)_n$, але значення n для кожної сполуки перебувають у певному числовому інтервалі.

Крохмаль. Із крохмалем ви ознайомилися в 9 класі. Він утворюється в рослинах за такою схемою:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{h\nu,\ хлорофіл} \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2;$$

$$n\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{крохмаль}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O.$$

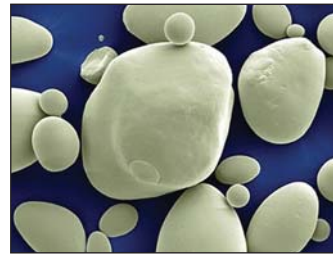
Цей вуглевод накопичується в зернах, насінні, бульбах, корінні рослин. Його масова частка в картоплі сягає 25 %, у пшеничному борошні — 75 %, а в рисі — 80 %.

Крохмаль «постачає» енергію рослинним клітинам і слугує для них «будівельним» матеріалом. При замочуванні зерен рослини відбувається гідроліз крохмалю з утворенням водорозчинних вуглеводів, необхідних для її проростання і розвитку.

Крохмаль складається з дуже дрібних округлих часточок білого кольору (мал. 62). При розтиранні речовини пальцями відчувається легке поскрипування внаслідок взаємного тертя часточок (зерен). Крохмаль не має запаху, смаку, не розчиняється в холодній воді, а в теплій утворює колоїдний розчин (крохмальний клейстер).

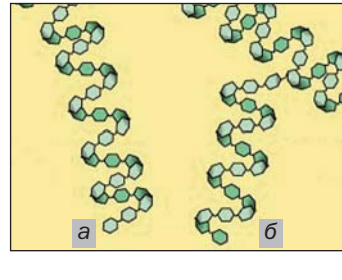
[1] Кількість таких залишків може сягати кількох тисяч.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Мал. 62. Часточки картопляного крохмалю (дуже збільшено)

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 обох сполук складаються із залишків молекул глюкози (у циклічній формі); їх довгі ланцюги закручені в спіралі (мал. 63). Молекули амілопектину значно довші й розгалужені.*



Мал. 63. Будова молекул амілози (*а*) й амілопектину (*б*)

Хімічні властивості. При нагріванні крохмаль, на відміну від сахарози, не плавиться, а розкладається. Цей складний процес завершується обвуглюванням речовини.

▶ Назвіть кінцеві продукти термічного розкладу крохмалю.

Під дією ферментів або при нагріванні з розбавленими неорганічними кислотами відбувається *гідроліз* крохмалю:

$$\text{крохмаль} + \text{вода} \xrightarrow{k \text{ або } t,\ H_2SO_4} \text{глюкоза.}$$

▶ Запишіть схему гідролізу крохмалю, використавши хімічні формули сполук.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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.

Реакція з йодом. Ви знаєте, що при додаванні бурого розчину йоду в колоїдний розчин крохмалю виникає темно-синє забарвлення (це — якісна реакція на крохмаль). При нагріванні до 100 °С воно зникає, а при охолодженні з'являється знову. Зазначимо, що дисахариди і моносахариди на йод не діють.

Подібно до сахарози крохмаль не відновлює купрум(II) гідроксиду, що свідчить про відсутність альдегідних груп у його молекулі.

Добування і застосування. Крохмаль добувають у промисловості переважно з картоплі (мал. 64) й кукурудзи. Подрібнену сировину обробляють холодною водою, а зерна крохмалю відділяють від рідини відстоюванням або центрифугуванням.

Мал. 64. Крохмаль

Крохмаль — важливий харчовий продукт. Його використовують у виробництві глюкози, етилового спирту, інших органічних речовин. Крохмаль застосовують при виготовленні паперу, текстилю, деяких пластмас, у поліграфії, домашньому господарстві.

Целюлоза, або клітковина, — «будівельний» матеріал рослин. Із цієї речовини утворені оболонки клітин. Найбільше целюлози в насінні бавовника (95—98 %), волокнах льону, деяких інших рослин. Деревина в середньому на 50 %

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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 молекул глюкози (у циклічній формі) і є нерозгалуженими (відмінність від молекул амілопектину). У кожному залишку молекули глюкози міститься три ОН-групи. Тому формулу целюлози в хімічних рівняннях іноді записують так:* $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$.

Між гідроксильними групами різних молекул целюлози виникають водневі зв'язки, завдяки яким ниткоподібні молекули об'єднуються у волокна. Целюлоза має волокнисту будову в багатьох рослинах.

Властивості. Чиста целюлоза нерозчинна у воді й органічних розчинниках, але розчиняється в амоніачному розчині купрум(II) гідроксиду. Із цього розчину вона осаджується при додаванні кислоти.

Целюлоза не змінює забарвлення йоду в його розчині, розкладається концентрованою сульфатною кислотою (мал. 65).

Мал. 65. Результат потрапляння концентрованої сульфатної кислоти на паперову серветку

Гідроліз. Взаємодія целюлози з водою відбувається лише за нагрівання й наявності сильної кислоти. Процес є ступінчастим і завершується утворенням глюкози:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{t,\ H^+} nC_6H_{12}O_6.$$

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Добуту таким способом глюкозу використовують як сировину для виробництва технічного етилового спирту (його ще називають гідролізним).

Серед кінцевих продуктів перетворення целюлози в природних умовах може бути метан. Цей процес (*метанове бродіння*) відбувається за участю особливих бактерій, які переробляють рештки рослин на дні водойм. У результаті з болота виділяється «болотний» газ.

Окиснення. Целюлоза при підпалюванні загоряється.

▶ 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. Здебільшого використовують відходи деревообробних підприємств.

Добування і застосування. Целюлозу (мал. 66) добувають із подрібненої деревини, соломи тощо. Сировину обробляють гарячими розчинами натрій гідроксиду, деяких кислот і солей. Нерозчинний залишок — целюлоза, що містить невелику кількість домішок. За потреби їх видаляють різними методами.

Із целюлози виготовляють папір, картон, волокна, лаки, емалі, целофан, вату, іншу продукцію (мал. 67). Естери целюлози й оцтової кислоти є вихідними речовинами у виробництві ацетатного волокна.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 66. На складі виробленої целюлози

Мал. 67. Вироби із чистої целюлози: вата, столові серветки, фільтрувальний папір

ВИСНОВКИ

Полісахариди — вуглеводи, молекули яких складаються з багатьох залишків молекул моносахаридів. Найважливішими полісахаридами є крохмаль і целюлоза. Обидві речовини мають однакову формулу $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Крохмаль утворює з водою колоїдний розчин. При його змішуванні з розчином йоду виникає синє забарвлення. Целюлоза у воді не розчиняється і з йодом не реагує.

Полісахариди зазнають гідролізу, кінцевим продуктом якого є глюкоза.

?

183. Чому крохмаль і целюлозу зараховують до полісахаридів?
184. Обчисліть масу кисню, яка надійшла в повітря з рослин, якщо в них утворилося 100 т полісахаридів.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

185. За матеріалами з інтернету підготуйте повідомлення про глікоген — полісахарид, який міститься в організмах тварин і людини.

186. Яку масу етанолу було добуто з 1 т картоплі, в якій масова частка крохмалю дорівнювала 25 %, якщо загальні втрати на виробництві становили 20 %? Зважте на те, що крохмаль у цьому процесі зазнає гідролізу, а утворювана глюкоза — спиртового бродіння.

ПРАКТИЧНА РОБОТА

Розв'язування експериментальних задач

Завдання 1. Розпізнавання твердих речовин — лимонної кислоти, глюкози та крохмалю.

Завдання 2. Розпізнавання розчинів оцтової кислоти та гліцеролу.

Завдання 3. Добування натрій ацетату (в розчині).

У вашому розпорядженні — лимонна кислота, глюкоза, крохмаль, розчини оцтової кислоти, гліцеролу, натрій гідроксиду, купрум(II) сульфату і натрій карбонату, спиртовий розчин йоду (йодна настоянка), універсальні індикаторні папірці, дистильована вода, необхідне обладнання.

Виконайте кожне завдання двома способами. Продумайте послідовність проведення експерименту і складіть його план.

Ваші дії, спостереження, висновки, хімічні рівняння запишіть у таблицю:

Послідовність дій	**Спостереження**	**Висновок**
Завдання 1…		
…	…	…

Для розпізнавання оксигеновмісних органічних сполук ви можете скористатися відомостями, поданими в Додатку 2 (с. 238).

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

?

187. За допомогою яких хімічних реакцій можна відрізнити розчин етанолу від розчину:
   а) гліцеролу;
   б) фенолу;
   в) етаналю;
   г) етанової кислоти;
   ґ) глюкози;
   д) сахарози?
188. Як експериментально розрізнити такі речовини:
   а) сахарозу і глюкозу;
   б) метанову й етанову кислоти;
   в) крохмаль і глюкозу;
   г) етаналь і етанову кислоту?
189. Як експериментально довести наявність:
   а) характеристичних груп у молекулах оцтової кислоти та глюкози;
   б) ненасичених жирів в олії;
   в) атомів Карбону в молекулах целюлози та крохмалю?
190. Чи можна розрізнити за характером полум'я, яка речовина горить — етанол чи бензен? Дайте пояснення.
191. Чому зникає забарвлення розчину брому при його перемішуванні з олією?
192. Що спостерігається при нагріванні й подальшому охолодженні суміші розчинів йоду і крохмалю?

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

4 розділ
Нітрогеновмісні органічні сполуки

У цьому розділі йтиметься про органічні сполуки, молекули яких містять атоми Нітрогену (схема 5). Особливе місце серед них посідають білки — речовини, що утворюються в живих організмах із амінокислот і виконують важливі біологічні функції. Ви також ознайомитесь з амінами, які називають органічними основами, і дізнаєтесь, що амінокислоти і білки є амфотерними сполуками.

Схема 5

Класи нітрогеновмісних сполук

26 Аміни

Матеріал параграфа допоможе вам:

- відрізняти аміни від інших сполук;
- дізнатися про склад, будову молекул і назви амінів;

[1] На схемі наведено формули найпростішого аміну, амінооцтової кислоти, фрагмента молекули білка.

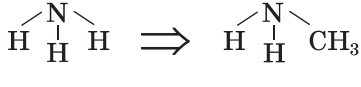
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

- зрозуміти, чому аміни називають органічними основами;
- отримати відомості про вплив амінів на організм.

Аміни. Більшість органічних сполук, утворених трьома елементами — Карбоном, Гідрогеном і Нітрогеном, належить до класу *амінів*.

Аміни — похідні амоніаку NH_3, в молекулах яких замість одного чи кількох атомів Гідрогену містяться вуглеводневі залишки.

Структурну формулу молекули найпростішого за складом аміну $CH_3–NH_2$ можна отримати, замінивши атом Гідрогену в молекулі амоніаку NH_3 (мал. 68) на групу атомів $–CH_3$:



Мал. 68. Модель молекули амоніаку NH_3 (синя кулька — атом Нітрогену)

Група атомів $–NH_2$ є характеристичною; її назва — *аміногрупа*. Загальна формула сполук, у молекулах яких вуглеводневий залишок сполучений з аміногрупою[1], — $\boldsymbol{R–NH_2}$.

Залежно від будови вуглеводневих залишків та особливостей хімічного зв'язку в них розрізняють *насичені* й *ароматичні* аміни:

насичений амін ароматичний амін

[1] Такі сполуки називають первинними амінами.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Насичені аміни. У молекулі насиченого аміну аміногрупа сполучена із залишком молекули алкану. Загальна формула таких речовин — $C_nH_{2n+1}NH_2$.

▶ Яку хімічну формулу має насичений амін із молярною масою 45 г/моль?

Назви. Систематична назва насиченого аміну складається із двох частин — назви відповідного алкану і слова *амін*: CH_3NH_2 — метанамін, $C_2H_5NH_2$ — етанамін. У назвах інших насичених амінів указують номер атома Карбону, з яким сполучена аміногрупа. Для цього обирають найдовший карбоновий ланцюг (до нього має бути приєднана група $-NH_2$) і нумерують атоми. Атому Карбону, сполученому з аміногрупою, надають найменший номер і записують його перед словом *амін*:

$$\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H_2-\overset{1}{C}H_2-NH_2.$$

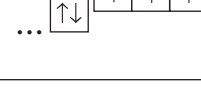
пропан-1-амін

Для амінів, молекули яких містять прості замісники, часто використовують інші назви, які починаються з назви вуглеводневого залишку, сполученого з аміногрупою:

$$CH_3-NH_2.$$

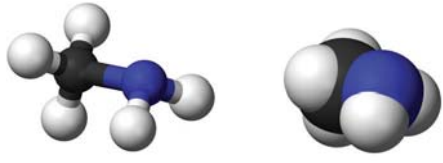
метиламін

Будова молекул. У молекулах амінів, зокрема метиламіну[1] (мал. 69), як і в молекулі амоніаку NH_3, атом Нітрогену сполучений із трьома іншими атомами простим ковалентним зв'язком. Цей зв'язок реалізується за участю неспарених електронів зовнішнього енергетичного рівня атома Нітрогену:



[1] У параграфі використано цю назву сполуки як більш уживану.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

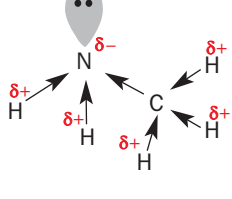


Мал. 69. Моделі молекули метиламіну

В електронних формулах молекул амінів, крім спільних електронних пар, часто показують і «неподілену» пару 2*s*-електронів атома Нітрогену:

метиламін

Спільні електронні пари в молекулі аміну зміщуються до атома Нітрогену (мал. 70). На цьому атомі зосереджується негативний заряд, а на іншій частині молекули — позитивний. Отже, молекули амінів полярні.



Мал. 70. Зміщення електронних пар у молекулі метиламіну

Фізичні властивості. За звичайних умов метиламін, етиламін і деякі інші аміни є газами, решта — рідини або тверді речовини. Газоподібні та рідкі аміни мають різкий неприємний запах.

Аміни з невеликими відносними молекулярними масами добре розчиняються у воді. Температури кипіння амінів вищі, ніж відповідних вуглеводнів. Це пояснюється здатністю молекул амінів утворювати водневі зв'язки.

Хімічні властивості. Наявність у молекулах амінів електронегативних атомів Нітрогену з неподіленою парою електронів зумовлює характерні хімічні властивості цих сполук.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Реакції з кислотами. Під час взаємодії амінів з кислотами утворюються солі — йонні сполуки:

$$\underset{\text{метиламін}}{CH_3NH_2} + HCl \rightarrow \underset{\text{метиламоній хлорид}}{[CH_3NH_3]Cl}.$$

Йонно-молекулярне рівняння цієї реакції (сіль є розчинною у воді):

$$CH_3NH_2 + H^+ \rightarrow \underset{\text{катіон метиламонію}}{[CH_3NH_3]^+}.$$

Отже, кожна молекула нітрогеновмісної сполуки приєднує катіон Гідрогену. При цьому неподілена пара 2*s*-електронів атома Нітрогену ($-\overset{|}{\underset{|}{N}}:$) переходить у вільну 1*s*-орбіталь йона H^+ і стає спільною для обох частинок:

$$[H_3C-\overset{H}{\overset{|}{\underset{H}{\underset{|}{N}}}}-H]^+.$$

Виникає додатковий ковалентний зв'язок N–H.

Вам відомо, що основи — сполуки, які дисоціюють у водному розчині з утворенням йонів OH^-. Відтепер до основ зараховуватимемо й аміни; їхні молекули здатні приєднувати катіони H^+. *Аміни — органічні основи.*

Реакції з водою. Під час розчинення у воді насичені аміни частково реагують з нею:

$$CH_3\ddot{N}H_2 + H-OH \rightleftarrows \underset{\text{йон метиламонію}}{[CH_3NH_3]^+} + OH^-.$$

Йони OH^- у водному розчині аміну можна виявити за допомогою індикатора.

Реакції окиснення. Аміни горять на повітрі й здатні утворювати з ним вибухові суміші. Продукти згоряння аміну — вуглекислий газ, азот і водяна пара:

$$4CH_3NH_2 + 9O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2N_2 + 10H_2O.$$

Застосування. Аміни використовують у виробництві полімерів, синтетичних волокон, барвників, лікарських препаратів.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Фізіологічна дія. У природі поширені аміни різного складу і будови; деякі з них мають високу біологічну активність.

Багато амінів є токсичними речовинами. Наприклад, метиламін подразнює слизові оболонки, спричиняє порушення дихання, негативно діє на нервову систему і внутрішні органи.

ВИСНОВКИ

Аміни — продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулі амоніаку NH_3 на вуглеводневі залишки. Молекули багатьох амінів містять характеристичну групу атомів $-NH_2$, яку називають аміногрупою.

Систематичні назви насичених амінів складаються з назви відповідного алкану, номера атома Карбону, з яким сполучена аміногрупа, і слова «амін».

Аміни — органічні основи. Вони реагують з водою, кислотами, горять на повітрі. Їх використовують у виробництві різних органічних речовин і матеріалів. Більшість амінів токсичні.

?

193. Які сполуки називають амінами?
194. Зобразіть структурні формули молекул бутан-1-аміну і пентан-2-аміну.
195. Охарактеризуйте будову молекули метиламіну.
196. Чому аміни називають органічними основами?
197. Обчисліть масову частку Нітрогену в етиламіні.
198. Знайдіть густину (н. у.) і відносну густину метиламіну за воднем.
199. Складіть молекулярне та йонно-молекулярне рівняння реакції метиламіну з водним розчином нітратної кислоти. Зважте на те, що продукт реакції розчиняється у воді.
200. Масова частка Нітрогену в зразку технічного метиламіну становить 40 %. Обчисліть масову частку домішок у сполуці.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

201. Виведіть хімічну формулу насиченого аміну, якщо:
а) його пара важча за повітря у 2,52 раза;
б) масова частка Нітрогену в сполуці становить 0,311.

202. При згорянні аміну, молекула якого містила одну аміногрупу, утворилася водяна пара і 0,3 моль газів. Після конденсації водяної пари і пропускання решти продуктів реакції в надлишок розчину лугу залишилося 0,1 моль газу. Знайдіть формулу аміну.

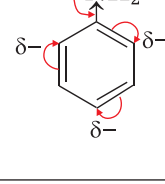
27 Анілін

Матеріал параграфа допоможе вам:

- дізнатися про склад і будову молекули аніліну;
- з'ясувати властивості аніліну;
- отримати відомості про добування аніліну, його застосування і вплив на довкілля.

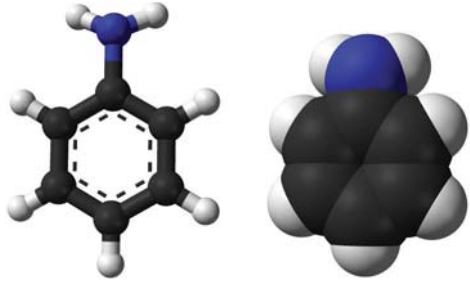
Найпростішим ароматичним аміном є *анілін*, або феніламін $C_6H_5NH_2$. Це — безбарвна рідина з характерним запахом, яка розчиняється у спирті, бензені, але малорозчинна у воді.

Будова молекули. Молекула аніліну складається з двох частин — аміногрупи і бензенового кільця (мал. 71). Неподілена електронна пара атома Нітрогену утворює спільну електронну систему з *p*-електронами бензенового кільця (мал. 72). Частина електронної густини від атома Нітрогену переміщується в кільце й нерівномірно розподіляється по ньому[1]:

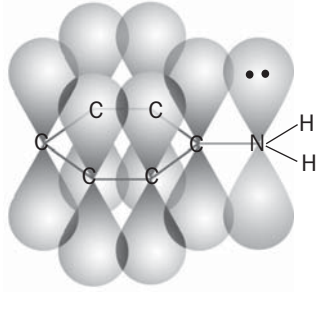


[1] Найбільша електронна густина в бензеновому кільці зосереджується в *орто-* і *пара*-положеннях (с. 96).

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



Мал. 71. Моделі молекули аніліну



Мал. 72. Електронна система в молекулі аніліну

▶ Порівняйте електронну будову молекул аніліну і фенолу.

Хімічні властивості. У водному розчині аніліну майже немає йонів, а індикатори не змінюють свого забарвлення.

Деякі реакції, в які вступає анілін, відбуваються за участю аміногрупи, а інші — за участю бензенового кільця.

Реакції за участю аміногрупи. Молекула $C_6H_5NH_2$ важче, ніж молекула CH_3NH_2, приєднує катіон H^+ і слабше утримує його. Тому анілін, на відміну від метиламіну, взаємодіє лише із сильними кислотами з утворенням солей, які є йонними сполуками, розчинними у воді:

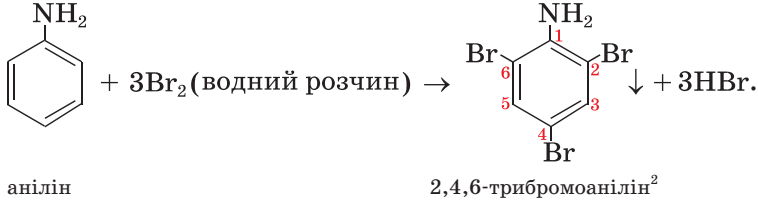
$$\underset{\text{анілін, або феніламін}}{C_6H_5NH_2} + HCl \rightarrow \underset{\text{феніламоній хлорид}}{[C_6H_5NH_3]Cl}.$$

▶ Запишіть йонно-молекулярне рівняння цієї реакції.

Реакція заміщення атомів Гідрогену в бензеновому кільці. Анілін взаємодіє з вод-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ним розчином брому (бромною водою), внаслідок чого утворюється білий, іноді ледь жовтуватий осад (мал. 73). При цьому в бензеновому кільці молекули аміну відбувається заміщення відразу трьох атомів Гідрогену на атоми Брому[1]:



анілін

2,4,6-трибромоанілін[2]

Мал. 73. Реакція аніліну з бромною водою

Реакції окиснення. Анілін горить кіптявим полум'ям. На відміну від бензену він легко окиснюється на повітрі, перетворюючись на різні сполуки.

> ***При додаванні хлорного вапна або хлорної води (це розчин хлору у воді) до водного розчину аніліну виникає фіалкове забарвлення, властиве продуктам окиснення аміну (мал. 74). У такий спосіб можна виявити навіть незначну кількість аніліну.***

Добування і застосування. Анілін є найважливішим аміном. Промисловий метод його

[1] Як і в реакції фенолу з бромною водою.

[2] Назви похідних аніліну складають так само, як і похідних фенолу.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 74. Реакція аніліну з хлорним вапном

добування ґрунтується на відновленні нітробензену $C_6H_5NO_2$ воднем за 250—350 °С і наявності каталізатора:

$$\underset{\text{нітробензен}}{C_6H_5NO_2} + 3H_2 \xrightarrow{t,\,k} \underset{\text{анілін}}{C_6H_5NH_2} + 2H_2O.$$

Анілін є вихідною речовиною у виробництві багатьох його похідних — барвників, деяких лікарських препаратів, полімерів, пестицидів.

Фізіологічна дія. Анілін — отруйна речовина. Потрапляючи в навколишнє середовище, він завдає шкоди рослинам, тваринам. Цей амін, а також його похідні подразнюють слизові оболонки, пригнічують дихання, негативно діють на кров, внутрішні органи, нервову систему людини.

ВИСНОВКИ

Анілін $C_6H_5NH_2$ — безбарвна рідина з характерним запахом, малорозчинна у воді. Цей амін є більш слабкою основою, ніж насичені аміни. Водний розчин аніліну не змінює забарвлення індикаторів. Сполука реагує із сильними кислотами, бромною водою, окиснюється на повітрі, горить.

У промисловості анілін добувають із нітробензену. Його використовують у виробництві барвників, лікарських засобів, полімерів.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Анілін і його похідні негативно впливають на живі організми, завдають шкоди довкіллю.

?

203. Поясніть, чому основні властивості в аніліну виражені меншою мірою, ніж у метиламіну.
204. Допишіть схеми реакцій і складіть хімічні рівняння:
   а) $C_6H_5NH_2 + O_2 \rightarrow \ldots$;
   б) $C_6H_5NH_2 + HBr \rightarrow \ldots$.
205. Обчисліть масові частки елементів в аніліні.
206. Яку масу нітробензену було взято для добування аніліну, якщо утворилося 200 кг аміну, а прореагувало 95 % вихідної сполуки?
207. При згорянні ароматичного аміну утворилися вода і 1,3 моль газів. Після пропускання їх у надлишок розчину лугу залишилося 0,1 моль газу. Знайдіть формулу аміну.

28 Амінокислоти

Матеріал параграфа допоможе вам:

- відрізняти амінокислоти від інших органічних сполук;
- дізнатися про біологічну роль амінокислот;
- ознайомитися з властивостями амінокислот.

Особливе значення для живих організмів мають *амінокислоти*. Фрагменти їхніх молекул входять до складу молекул таких речовин, як білки, ферменти, гормони.

Амінокислоти — похідні вуглеводнів, у молекулах яких містяться аміно- і карбоксильні групи.

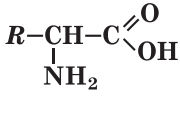
У природі найбільш поширені α-*амінокислоти*. У молекулах цих кислот аміногрупа

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

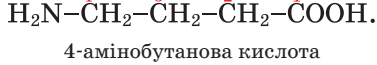
сполучена з найближчим до карбоксильної групи атомом Карбону. Їх загальна формула —

Біологічна роль. Молекули різних білків містять фрагменти молекул двадцяти α-амінокислот. Більше половини цих кислот утворюється в живих організмах із продуктів обміну речовин. Інші α-амінокислоти, які необхідні для синтезу білків, людина і тварини отримують разом із їжею. Такі амінокислоти називають *незамінними*. Рослини синтезують усі амінокислоти, з яких утворюються білки.

α-Амінокислоти

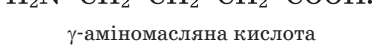


Назви. Систематичні назви амінокислот складають, додаючи до назв відповідних карбонових кислот префікс *аміно-* (табл. 4). Положення аміногрупи в молекулі вказують у назві цифрою (номер 1 надають атому Карбону карбоксильної групи):



4-амінобутанова кислота

Інші назви амінокислот походять від тривіальних назв карбонових кислот (табл. 3). Положення аміногрупи вказують грецькими літерами α, β, γ і т. д., починаючи від найближчого до карбоксильної групи атома Карбону:



γ-аміномасляна кислота

Для α-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. 4).

Найпростішою α-амінокислотою є аміноетанова, або амінооцтова, кислота[1] (мал. 75, 76).

[1] Амінометанової кислоти не існує (у момент утворення сполука розкладається на амоніак і вуглекислий газ).

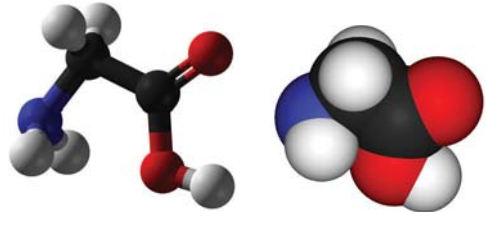
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Таблиця 4

Формули і назви деяких α-амінокислот

Формула	Назва	
	систематична	тривіальна*
$H_2N–CH_2–COOH$	Аміноетанова	Гліцин (Глі, Gly)
$CH_3–\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}–COOH$	2-Амінопропанова	Аланін (Ала, Ala)
$CH_3–\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}–CH_2–\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{\vert}{CH}}–COOH$	2-Аміно-4-метилпентанова	Лейцин (Лей, Leu)

* У дужках — символ амінокислоти.



Мал. 75. Моделі молекули амінооцтової кислоти

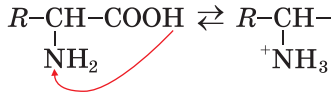
Мал. 76. Амінооцтова кислота

Будова. На відміну від карбонових і неорганічних кислот амінокислоти складаються не з молекул, а з особливих йонів, які називають *біполярними*[1]. Такий йон утворюється в розчині внаслідок відщеплення катіона H^+ від карбоксильної групи і приєднання його до аміногрупи. На атомі Оксигену виникає негатив-

[1] Інша назва — внутрішні солі.

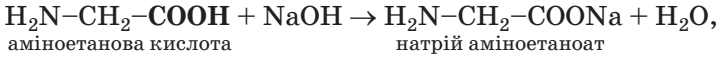
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ний заряд, а на атомі Нітрогену — позитивний ($^{+}NH_3–CHR–COO^{-}$):

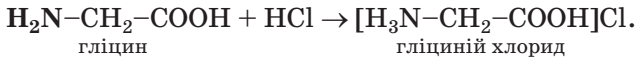


Фізичні властивості. Амінокислоти — кристалічні речовини. Вони добре розчиняються у воді, а в органічних розчинниках, як правило, нерозчинні. Водні розчини амінокислот з однією карбоксильною й однією аміногрупою в молекулі майже нейтральні; в них індикатори не змінюють свого забарвлення. Деякі амінокислоти мають солодкий або гіркий смак.

Хімічні властивості. Завдяки наявності в молекулах кислотних (–COOH) і основних ($–NH_2$) груп атомів амінокислоти є амфотерними сполуками. Вони реагують із лугами і кислотами з утворенням солей. У першому випадку взаємодія відбувається за участю карбоксильної групи молекули кислоти

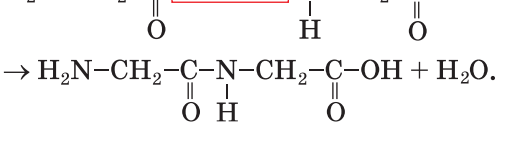


а в другому — за участю аміногрупи:



α-Амінокислота взаємодіє у водному розчині з купрум(II) гідроксидом з утворенням сполуки синього кольору (мал. 77). Ця реакція є якісною на α-амінокислоти.

Реакції між амінокислотами. За певних умов молекули α-амінокислот взаємодіють одна з одною. Продуктами таких реакцій є *пептиди*. Схема утворення *дипептиду* із двох молекул амінооцтової кислоти:



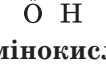
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 77. Розчин продукту взаємодії гліцину з купрум(II) гідроксидом

У молекулі дипептиду (мал. 78), як і в молекулі амінокислоти, також є аміно- і карбоксильна групи. Кожна із цих груп може реагувати з протилежною за властивостями групою ще однієї молекули амінокислоти з утворенням трипептиду. З багатьох молекул амінокислот утворюються поліпептиди.

Мал. 78. Модель молекули дипептиду (виділено групу атомів –CO–NH–)

Молекули поліпептидів містять групи атомів (мал. 78), які називають *пептидними групами*:



Застосування амінокислот. Амінокислоти використовують у медицині (мал. 79) при захворюваннях крові, внутрішніх органів, нервової системи, порушеннях обміну речовин. Вони знешкоджують токсичні речовини в організмі. Деякі амінокислоти слугують харчовими добавками у тваринництві.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 79. Амінокислоти в лікарському препараті

Амінокислотний склад в 100 г продукту:

Незамінні амінокислоти		Замінні амінокислоти	
Триптофан	300 мг	Гістидин	400 мг
Треонін	1500 мг	Аланін	1100 мг
Валін	1300 мг	Аргінін	600 мг
Ізолейцин	1300 мг	Аспарагін	2300 мг
Лейцин	2300 мг	Глутамін	3900 мг

ВИСНОВКИ

Амінокислоти — похідні вуглеводнів, у молекулах яких містяться аміно- і карбоксильні групи. У молекулах α-амінокислот аміногрупа сполучена з найближчим до карбоксильної групи атомом Карбону. Фрагменти молекул двадцяти α-амінокислот є складниками молекул білків.

Амінокислоти — амфотерні сполуки. Вони реагують з лугами і кислотами. Молекули амінокислот можуть взаємодіяти між собою. При цьому утворюються пептиди — сполуки, молекули яких складаються із фрагментів молекул амінокислот, сполучених пептидними групами атомів –CO–NH–.

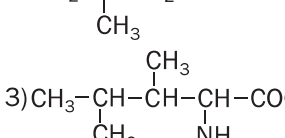
Амінокислоти використовують у медицині, додають у корми сільськогосподарських тварин.

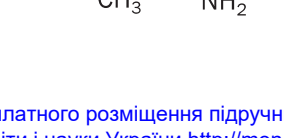
?

208. Які сполуки називають амінокислотами?

209. Знайдіть відповідність:

Структурна формула молекули — *Назва амінокислоти*

1) 

2) 

3)

а) 3-аміно-3-метилбутанова;
б) 3-аміно-2-метилбутанова;
в) 2-аміно-3,4-диметилпентанова.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

210. Складіть структурні формули молекул таких кислот:
а) 2-амінопентанової;
б) 3-аміно-2,3-диметилбутанової;
в) 4-аміно-3-метилбутанової.
211. Зобразіть структурну формулу молекули α-амінобутанової кислоти.
212. Порівняйте хімічні властивості етанової та аміноетанової кислот.
213. Обчисліть масову частку Карбону в γ-аміномасляній кислоті.
214. Яку масу амінооцтової кислоти потрібно розчинити у 100 мл води, щоб виготовити розчин із масовою часткою сполуки 16,7 %?
215. Змішали однакові кількості речовини гліцину й аланіну. Обчисліть масові частки амінокислот у суміші.

29 Білки

Матеріал параграфа допоможе вам:

- пригадати склад і функції білків в організмах;
- розширити свої знання про властивості білків.

Велика група природних нітрогеновмісних речовин має важливе значення для живих організмів. Це — *білки*.

Білки — поліпептиди, які складаються із фрагментів молекул α-амінокислот і виконують особливі функції в живих організмах.

Цікаво знати
Білки містяться також у безклітинних організмах — вірусах.

Білки є «будівельним» матеріалом для клітин. Крім того, вони регулюють обмін речовин (наприклад, гемоглобін «транспортує» кисень від легенів до тканин), забезпечують рухову діяльність організму, захист від сторонніх білків, бактерій, вірусів. Більшість хімічних процесів у живих організмах відбувається за участю білків-каталізаторів; їхня назва — ферменти. Білки також є джерелом енергії для організму. При повному розщепленні 1 г білка виділяється понад 17 кДж теплоти.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

В організмах тварин і людини білки є складовими м'язової, сполучної, покривної тканин, волосся, нігтів. Серед найважливіших білків — гемоглобін, міоглобін (обидва містяться в крові), інсулін (у підшлунковій залозі), кератин (у волоссі), колаген (у шкірі, кістках), імуноглобуліни, інтерферони.

Людина отримує білки з їжею, молоком, тварини — з кормами. За дії ферментів вони розщеплюються на амінокислоти, з яких синтезуються інші білки, властиві певному організму. У рослинах білки утворюються з неорганічних речовин у результаті фотосинтезу:

вуглекислий газ + вода + деякі розчинені солі $\xrightarrow{h\nu}$ білки + кисень.

Склад білків. Розрізняють прості й складні білки. До простих білків зараховують ті, молекули яких складаються лише із залишків молекул амінокислот.

▶ Назвіть елементи, атоми яких містяться в молекулах простих білків.

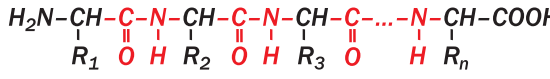
Молекули складних білків містять ще й залишки молекул вуглеводів, ортофосфатної кислоти, деяких інших сполук.

Білки є високомолекулярними сполуками. Значення відносних молекулярних мас білків становлять від кількох тисяч до кількох мільйонів.

Будова молекул. Білки за своєю будовою не мають аналогів серед інших органічних сполук, з якими ви ознайомилися на уроках хімії. Молекули цих речовин складаються із фрагментів молекул α-амінокислот, сполучених пептидними групами. З курсу біології вам відомо, що існують чотири рівні структурної організації білків.

Первинна структура білка — це поліпептидний ланцюг із чіткою послідовністю амінокислотних залишків:

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



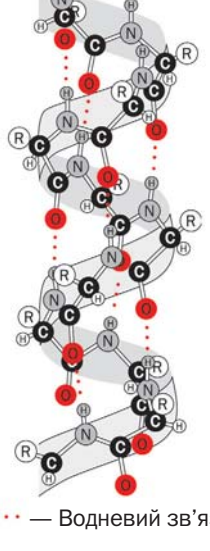
(R — вуглеводневі та інші залишки).

Ланцюг може набувати певної просторової форми (здебільшого — спіралі) завдяки утворенню водневого зв'язку між атомом Оксигену CO-групи одного витка спіралі й атомом Гідрогену NH-групи сусіднього витка. Таку структуру білка називають вторинною (мал. 80).

Третинна структура формується при згортанні спіралі поліпептидного ланцюга у клубок (глобулу) внаслідок виникнення зв'язків –S–S–, $–COO^- \cdots {}^+NH_3–$ між фрагментами молекул.

Четвертинна структура білка є системою складної форми; у ній об'єднано кілька глобул. Це — єдиний комплекс, який виконує певну функцію в живому організмі. Між фрагментами глобул виникають нові водневі та інші зв'язки. Таку структуру має гемоглобін; його молекула складається із чотирьох глобул.

Властивості білків. Деякі білки розчиняються у воді; при цьому утворюються колоїдні розчини. Завдяки наявності в молекулах



··· — Водневий зв'язок

Мал. 80. Вторинна структура білка

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

карбоксильних груп і аміногруп білки є амфотерними сполуками.

При нагріванні білків або їх колоїдних розчинів, додаванні до них розчинів кислот, лугів, солей Купруму(II), Плюмбуму(II) або деяких інших металічних елементів, органічних розчинників (наприклад, етанолу), а також за дії ультрафіолетових променів, радіації, ультразвуку відбувається осадження білків. Це явище називають *денатурацією*[1] (мал. 81). Воно зумовлене руйнуванням просторової структури білка, внаслідок чого білки втрачають здатність виконувати свої біологічні функції. Осадження білків спостерігаємо й при скисанні молока, коли утворюється молочна кислота.

Мал. 81. Денатурація білка

При отруєнні людини солями деяких металічних елементів рекомендують випити молока або з'їсти сире яйце. Токсичні катіони осаджуватимуться разом із відповідними білками.

За наявності кислот, лугів або ферментів білки зазнають *гідролізу*. Кінцеві продукти такого перетворення — амінокислоти, залишки молекул яких містились у складі молекул білка. Гідроліз відбувається в кілька стадій:

білок → поліпептиди → дипептиди → амінокислоти.

[1] Термін походить від грецького слова denaturatus — позбавлений природних властивостей.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Деякі реакції за участю білків супроводжуються зміною кольору (тому їх називають кольоровими). Серед цих реакцій — біуретова[1] і ксантопротеїнова[2].

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 3

Біуретова реакція

У пробірку налийте 1 мл розчину білка курячого яйця і стільки ж розчину лугу, а потім додайте кілька крапель розчину купрум(II) сульфату. Вміст пробірки перемішайте. Що спостерігаєте?

Під час взаємодії білків із розчином солі Купруму(II) в лужному середовищі виникає фіалкове забарвлення. Це — *біуретова реакція*, яка є якісною на пептидні групи в молекулах органічних сполук (мал. 82)[3].

Якщо білки або їхні розчини нагрівати з концентрованою нітратною кислотою, то наявні в білках фрагменти молекул ароматич-

Мал. 82. Результат біуретової реакції

[1] За назвою нітрогеновмісної сполуки — біурету, яка вступає в аналогічну реакцію.

[2] Назва походить від грецьких слів xanthos — жовтий і prötos — перший.

[3] За допомогою біуретової реакції можна виявити білок у сироватці, молоці, колоїдних розчинах речовин, які є в гороху, квасолі.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

них амінокислот взаємодіють із цією кислотою з утворенням нітрогеновмісних сполук жовтого кольору (*ксантопротеїнова реакція*, мал. 83). Це саме відбувається при потраплянні нітратної кислоти на шкіру (утворюється жовта пляма, яка не змивається водою).

Мал. 83. Результат ксантопротеїнової реакції

ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 4

Ксантопротеїнова реакція

У пробірку налийте 1 мл розчину білка курячого яйця, додайте кілька крапель концентрованої нітратної кислоти та обережно нагрійте вміст пробірки. Що спостерігаєте?[1]

Практичне значення. Білки є невід'ємним складником нашого харчування, а також раціону тварин. Добова потреба дорослої людини в білках становить у середньому 100—110 г. Білкові препарати використовують для лікування і профілактики деяких захворювань. У тваринництві й птахівництві для збільшення харчової цінності кормів їх збагачують штучними білками, які виробляють за допомогою мікробіологічного синтезу.

[1] Розчин амоніаку або лугу посилює забарвлення утворених сполук.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Із давніх часів люди використовують різноманітні речовини і матеріали, що мають білкову основу, — вовну, шкіру, шовк, хутра, клеї та ін. Сучасні пральні порошки містять ферменти, які сприяють розкладу білкових забруднень на тканинах.

ВИСНОВКИ

Білки — поліпептиди, які складаються із залишків молекул α-амінокислот. Вони виконують важливі біологічні функції в живих організмах.

Білки є амфотерними сполуками. При їх нагріванні, опроміненні, додаванні деяких речовин відбувається денатурація білка — руйнування його просторової будови і втрата біологічних функцій. В організмах людини, тварин білки розщеплюються на амінокислоти.

Білки можна виявити за допомогою якісних реакцій — біуретової та ксантопротеїнової.

?

216. Які сполуки називають білками? Охарактеризуйте їх роль у життєдіяльності організмів.
217. Білки, як відомо, є поліпептидами. Чи всі поліпептиди можна зараховувати до білків? Відповідь аргументуйте.
218. Чому білки є амфотерними сполуками?
219. Що таке денатурація білка? Чим вона може бути спричинена?
220. Поясніть появу осаду під час скисання молока.
221. Охарактеризуйте кольорові реакції білків.
222. Масова частка білків у квасолі становить 21 %, а середнє значення масової частки Нітрогену в білках дорівнює 16 %. Яка приблизна маса Нітрогену міститься в 60 г квасолі?

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

5 розділ
Синтетичні високомолекулярні органічні сполуки і матеріали на їх основі

Крохмаль, целюлоза, білки 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 речовин, що мають молекули подібної будови, добувають за допомогою хімічних реакцій. Такі речовини називають *синтетичними високомолекулярними сполуками*.

30 Синтетичні високомолекулярні сполуки

Матеріал параграфа допоможе вам:

- характеризувати синтетичні високомолекулярні сполуки;
- дізнатися про класифікацію цих сполук;
- з'ясувати властивості синтетичних високомолекулярних сполук.

Синтетичні високомолекулярні сполуки становлять основу пластмас, волокон, гуми.

[1] Для словосполучення «високомолекулярні сполуки» використовують скорочення — ВМС.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

За деякими властивостями ці матеріали переважають традиційні — дерево, кераміку, скло, металічні сплави. Синтетичні матеріали набули широкого використання у промисловості, будівництві, медицині, засобах зв'язку, на транспорті, а також у нашому повсякденному житті, на роботі, відпочинку (схема 6).

Схема 6

Застосування матеріалів на основі синтетичних високомолекулярних сполук

Серед синтетичних високомолекулярних сполук — поліетилен, поліпропілен, полістирол. Загальна назва цих та інших подібних речовин — *полімери*. (Часто полімерами називають усі високомолекулярні сполуки.)

Склад і будова. Високомолекулярні сполуки складаються з дуже довгих молекул, які називають *макромолекулами*. У цих частинках багаторазово повторюється певна група атомів — *елементарна ланка*. Кількість таких ланок у макромолекулі називають *ступенем полімеризації*. При написанні формули поліме-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ру або його макромолекули елементарну ланку поміщають у дужки, за якими зазначають ступінь полімеризації n:

$$(-CH_2-CH_2-)_n.$$
поліетилен

Сполуку, від молекули якої походить елементарна ланка полімеру, називають *мономером*. Мономер для поліетилену — етен $CH_2=CH_2$.

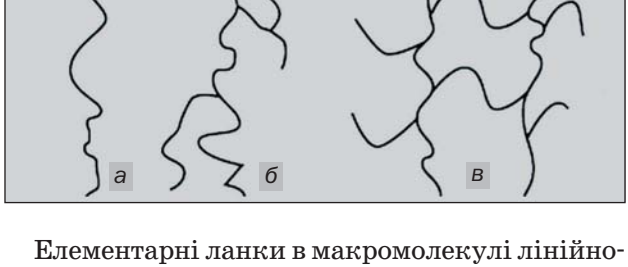
У кожному полімері містяться макромолекули різної довжини, а отже, й різної маси. Тому для характеристики полімеру використовують *середню відносну молекулярну масу*[1]. Її позначають так само, як і відносну молекулярну масу, й обчислюють за формулою

$$M_r(\text{полімеру}) = n \cdot M_r(\text{ел. ланки}),$$

де n — середньоарифметичне значення ступеня полімеризації для даного полімеру. Середня молекулярна маса для різних полімерів здебільшого становить від кількох тисяч до десятків мільйонів.

▶ Обчисліть середню молекулярну масу поліетилену, якщо його ступінь полімеризації дорівнює 5000.

Залежно від будови макромолекул (мал. 84) розрізняють *лінійні*, *розгалужені* та *сітчасті* (просторові) полімери.



Мал. 84. Будова макромолекул: *а* — лінійна; *б* — розгалужена; *в* — сітчаста

Елементарні ланки в макромолекулі лінійного полімеру сполучені в нерозгалужений лан-

[1] Далі цей термін вживатимемо без слова «відносна».

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

цюг. Таку будову мають молекули природного полімеру целюлози і синтетичних — поліетилену, поліпропілену. Макромолекули розгалужених полімерів[1] містять бокові відгалуження, які складаються з багатьох елементарних ланок. У сітчастих полімерів — тривимірна будова. Ланцюги в них «зшиті» окремими атомами чи групами атомів за допомогою ковалентних зв'язків; уся речовина є однією гігантською молекулою. До сітчастих полімерів належать фенолоформальдегідні смоли (с. 190).

Фізичні властивості полімерів значною мірою визначаються масою макромолекул, їх довжиною, розгалуженістю, упорядкованим чи хаотичним розміщенням у твердій речовині.

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 більшу міцність, ніж лінійні полімери.

Для більшості полімерів не існує певних температур плавлення і кипіння. Лінійні полімери при нагріванні спочатку розм'якшуються, потім плавляться в певному температурному інтервалі з утворенням в'язких рідин, а при подальшому нагріванні розкладаються. Полімери сітчастої будови починають розкладатися ще до плавлення.

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*. Серед них — поліетилен, поліпропілен.

[1] Приклад природного полімеру з розгалуженими макромолекулами — амілопектин (с. 147).

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Із термопластичних полімерів за допомогою пресування, лиття виготовляють вироби різного призначення.

Існують також полімери, які під час нагрівання втрачають здатність плавитися, а також пластичність. Це — результат необоротних хімічних змін у речовинах, пов'язаних з утворенням додаткових ковалентних зв'язків і формуванням сітчастої будови. Такі полімери називають *термореактивними*. До них належать фенолоформальдегідні смоли.

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.

Полімери — термічно нестійкі сполуки. Реакцію розкладу поліетилену

$$(-CH_2-CH_2-)_n \xrightarrow{t} nCH_2=CH_2\uparrow$$

використовують у лабораторії для добування етену (мал. 85).

Мал. 85. Розклад поліетилену і знебарвлення етеном бромної води

ВИСНОВКИ

Речовини, молекули яких побудовані з великої кількості однакових або різних груп атомів, називають високомолекулярними сполуками, або полімерами.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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, а за відношенням до нагрівання — термопластичні й термореактивні.

Фізичні властивості полімерів залежать від маси, довжини, розгалуженості макромолекул, їх відносного розміщення у просторі, а хімічні — від наявності кратних зв'язків і різних характеристичних груп у макромолекулах.

?

223. Які сполуки називають високомолекулярними?
224. Чому молекулярну масу полімеру називають середньою?
225. Обчисліть ступінь полімеризації поліпропілену, якщо середня молекулярна маса зразка цього полімеру становить 21 000.
226. Чим різняться:
    а) лінійні, розгалужені та сітчасті полімери;
    б) термопластичні й термореактивні полімери?
227. Що спільного й що відмінного між молекулою етену та елементарною ланкою поліетилену?
228. Молекула мономера складається із двох атомів Карбону й атомів двох галогенів. Масова частка Карбону в сполуці становить 20,6 %, а Хлору — 30,5 %. Знайдіть формулу мономера. Чи можна розв'язати задачу без використання даних про вміст Хлору?

31 Добування високомолекулярних сполук

Матеріал параграфа допоможе вам:

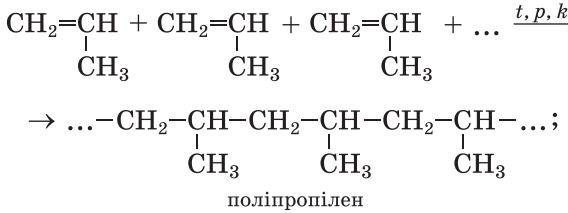
- пригадати суть реакції полімеризації;
- отримати відомості про реакцію поліконденсації.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

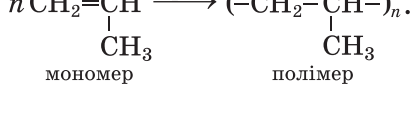
Високомолекулярні сполуки добувають, здійснюючи реакції полімеризації та поліконденсації.

Реакція полімеризації. Із цим типом хімічних реакцій ви ознайомилися, вивчаючи поліетилен. Під час утворення макромолекул цього полімеру в кожній молекулі етену руйнується один зі складників подвійного зв'язку, і молекули сполучаються в довгий ланцюг простим ковалентним зв'язком (с. 53).

Наводимо схему утворення полімеру з іншого ненасиченого вуглеводню — пропену:



поліпропілен



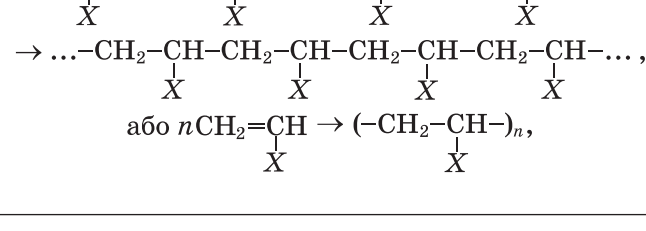
мономер полімер

***Реакція полімеризації* — реакція утворення полімеру в результаті послідовного сполучення молекул мономера за рахунок розриву одного зі складників кратного зв'язку[1].**

Реакція полімеризації

$$\underset{\text{мономер}}{nA{=}B} \rightarrow \underset{\text{полімер}}{(-A-B-)_n}$$

Загальна схема реакцій полімеризації за участю ненасичених вуглеводнів та їх похідних, молекули яких містять один подвійний зв'язок, —



[1] Тобто розриву π-зв'язків.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

де X — H (мономером є етен, полімером — поліетилен), CH_3 (пропен, поліпропілен), Cl (вінілхлорид, полівінілхлорид), C_6H_5 (стирол, полістирол)[1].

▶ Складіть схему утворення полівінілхлориду.

У реакції полімеризації можуть брати участь дві різні сполуки (два мономери); у цьому разі утворюється співполімер.

Реакція поліконденсації. Такі реакції реалізуються за участю характеристичних груп мономерів.

***Реакція поліконденсації* — реакція утворення полімеру в результаті взаємодії характеристичних груп молекул мономера з виділенням води, амоніаку, хлороводню.**

Реакція поліконденсації

$$\text{мономер} \xrightarrow[-H_2O]{} \text{полімер}$$

(або ін.)

Під час реакції поліконденсації взаємодіють між собою характеристичні групи різних молекул мономера. Таких груп у кожній молекулі має бути принаймні дві.

Процес поліконденсації є ступінчастим. Спочатку взаємодіють дві молекули мономера з утворенням молекули димера, потім реагують димерні молекули і т. д.

Наводимо схему реакції поліконденсації двоха́томного спирту етиленгліколю:

$$HO{-}CH_2{-}CH_2{-}O\boxed{H + HO}{-}CH_2{-}CH_2{-}OH \xrightarrow[-H_2O]{k} \rightarrow \underbrace{HO{-}CH_2{-}CH_2{-}O{-}CH_2{-}CH_2{-}OH}_{\text{димер}} \text{ і т. д.;}$$

$$\underbrace{nHO{-}CH_2{-}CH_2{-}OH}_{\text{етиленгліколь}} \xrightarrow[-nH_2O]{k} \underbrace{(-O{-}CH_2{-}CH_2{-})_n}_{\text{поліетиленгліколь}}.$$

Зрозуміло, що маса макромолекули полімеру — продукту реакції поліконденсації — менша, ніж сумарна маса молекул мономера.

У реакції поліконденсації можуть брати участь два мономери або навіть більше. При-

[1] Для двох останніх мономерів наведено традиційні назви.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

кладом такої взаємодії є утворення поліпептиду з кількох амінокислот.

ВИСНОВКИ

Високомолекулярні сполуки добувають за реакціями полімеризації та поліконденсації.

Під час реакції полімеризації молекули мономера сполучаються в результаті розриву однієї зі складових кратного зв'язку, а в реакції поліконденсації — за рахунок взаємодії характеристичних груп молекул мономера.

?

229. Охарактеризуйте реакції полімеризації та поліконденсації.
230. Які особливості складу і будови молекули мономера зумовлюють його участь у реакції:
   а) полімеризації;
   б) поліконденсації?
231. Напишіть схему реакції полімеризації сполуки $CClF{=}CF_2$.
232. Яка сполука може вступати в реакцію полімеризації, а яка — в реакцію поліконденсації:
   а) тетрафлуороетен;
   б) аміноетанова кислота?
   Відповідь підтвердьте схемами відповідних реакцій.
233. Яка кількість пептидних груп міститься в продукті поліконденсації амінокислоти, якщо утворилося: а) 3 моль води; б) 3 г води?

32 Пластмаси. Полімери — основа пластмас

Матеріал параграфа допоможе вам:

- скласти уявлення про пластмаси;
- дізнатися про найважливіші полімери, з яких виробляють пластмаси;
- з'ясувати переваги й недоліки пластмас як матеріалів.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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 їхніх властивостей, розробленням та впровадженням у промисловість технологій виробництва полімерних матеріалів.

За своїми властивостями полімерні матеріали вигідно відрізняються від природних. Вони довговічніші, не зазнають корозії, мають невелику густину, достатню міцність; їх легко формувати, обробляти, фарбувати.

Значна 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 добавки, які покращують їхні властивості, підвищують стійкість до хімічно агресивних речовин, зміни зовнішніх умов. Добавками слугують розмелені деревина, крейда, графіт, а також сажа, подрібнений папір, волокна, барвники. Полімери у відповідних пластмасах є зв'язуючими компонентами. Якщо до мономера додати сполуку, яка при нагріванні розкладається з виділенням газу, то добутий полімер матиме вигляд застиглої піни; його називають пінопластом (мал. 86). Добавки-пластифікатори надають полімерному матеріалу пластичності.

Полімери — основа пластмас. Розглянемо найважливіші полімери, які входять до складу пластмас.

Поліетилен $(-CH_2-CH_2-)_n$ — безбарвний прозорий або білий напівпрозорий матеріал, що зовні нагадує парафін (мал. 87). Механіч-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 86.
Блоки з пінопласту для утеплення будинків

Мал. 87.
Поліетилен

ні та фізичні властивості поліетилену залежать від умов здійснення реакції полімеризації[1].

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. 88). Він також слугує тепло- й електроізоляційним матеріалом. Поліетиленові вироби є морозостійкими, але не витримують нагрівання вище 60—100 °С.

Мал. 88.
Вироби з поліетилену

[1] Розрізняють поліетилен високого й низького тиску. Полімер другого виду має трохи більшу густину.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Політетрафторетилен $(-CF_2-CF_2-)_n$***, або тефлон,*** *схожий на поліетилен. Він має високу хімічну стійкість, не руйнується навіть концентрованими кислотами, не розчиняється й не набрякає в жодному розчиннику. На відміну від поліетилену тефлон — негорючий полімер; він витримує досить високу температуру.*

Поліпропілен $(-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-)_n$ нагадує поліетилен не лише зовні, а й за більшістю властивостей. Він також належить до термопластичних полімерів лінійної будови. Поліпропілен, як і поліетилен, добувають, здійснюючи реакцію полімеризації (§ 31). Цей полімер використовують для виробництва волокон, труб, пакувальної плівки, тари, деталей технічної апаратури, предметів побуту, іграшок, одноразового посуду, а також як ізоляційний матеріал (мал. 89). Вироби з поліпропілену мають підвищену твердість, стійкі до тертя.

Мал. 89. Вироби з поліпропілену

Полівінілхлорид $(-CH_2-\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}-)_n$ — 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, різних деталей. Із полівінілхлориду виготовляють чоботи (мал. 90), захисні рукавички.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 90. Вироби з полівінілхлориду

Полістирол $(-CH_2-\underset{\displaystyle C_6H_5}{\underset{|}{CH}}-)_n$ — аморфний термопластичний полімер лінійної будови. Він не реагує з розбавленими розчинами лугів і кислот, розчиняється в деяких органічних розчинниках. Полістиролу можна надавати будь-якої форми і кольору; він добре склеюється та обробляється. Недоліки цього полімеру — невисокі міцність і термостійкість.

Вироби з полістиролу і пінополістиролу широко використовують у побутовій техніці, електроніці, будівництві, медицині. Із цього полімеру виготовляють звуко- і теплоізоляційні, облицювальні та декоративні плити, деталі для медичних приладів і систем переливання крові, тару для харчових продуктів, дитячі іграшки, рятувальні круги, буйки, захисні шоломи, одноразовий посуд тощо (мал. 91).

Мал. 91. Вироби з полістиролу

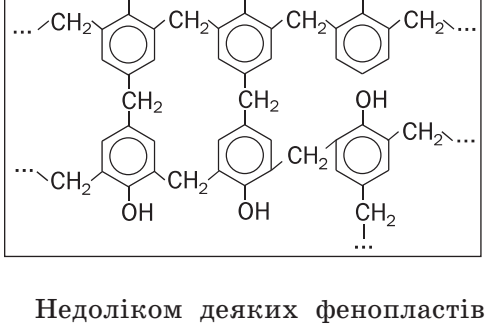
Недоліками пінополістиролу є крихкість і горючість. Плити із цього матеріалу повільно виділяють невеликі кількості стиролу $C_6H_5-CH=CH_2$ — токсичної речовини, здатної накопичуватися в організмі. Крім цього, піно-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

полістирол легко спалахує й горить із виділенням кіптяви і шкідливих речовин.

Фенолоформальдегідні смоли — перші синтетичні полімери, які набули широкого застосування в різних сферах. Їх добувають поліконденсацією фенолу C_6H_5OH з формальдегідом (метаналем) $H-C\overset{O}{\underset{H}{}}$. Залежно від співвідношення вихідних речовин, а також каталізатора утворюються термопластичні або термореактивні смоли.

Фенолоформальдегідний полімер (мал. 92) є основою *фенопластів*. Це термостійкі матеріали, нерозчинні у воді та органічних розчинниках. Із них виготовляють деталі електрообладнання, предмети побуту. Суміші фенопластів із 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.



Мал. 92. Фрагмент макромолекули фенолоформальдегідного полімеру

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. 93). Природа «не вміє» роз-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 93.
Звалище

кладати 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 решту переробляють на органічні сполуки, горючі газові суміші. Іноді залишки полімерних матеріалів подрібнюють і додають до будівельних сумішей. Спалюючи відходи деяких полімерів, отримують теплову енергію. В Україні з відпрацьованого поліетилену виготовляють плівку для сільського господарства. На заміну поліетиленовим пакетам приходять паперові або зроблені з відходів целюлози (цей полімер порівняно швидко руйнується мікроорганізмами в природних умовах).

Цікаво знати
Більше ніж 10 % від маси всіх побутових відходів припадає на синтетичні полімери і пластмаси.

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 є термопластичними полімерами, а фенолоформальдегідні смоли бувають термопластичними і термореактивними.

Вироби з полімерів широко використовують у побуті, техніці, будівництві, медицині, інших сферах.

Забруднення довкілля відходами штучних полімерів є серйозною екологічною проблемою.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

?

234. Назвіть полімери, які є основою пластмас, і наведіть їхні формули.
235. Чи впливає будова полімеру на його властивості? Відповідь обгрунтуйте.
236. Назвіть переваги і недоліки використання пластмас.
237. Склад полівінілацетату (основний компонент клею ПВА) відповідає формулі $(-CH_2-\underset{\underset{X}{|}}{CH}-)_n$, де X — група CH_3COO-. Напишіть схему реакції полімеризації з утворенням цього полімеру.
238. Обчисліть масові частки елементів у полівінілхлориді.
239. За матеріалами з інтернету підготуйте коротке повідомлення про полімер, який називають органічним склом, і сфери його застосування.

33 Каучуки. Гума

Матеріал параграфа допоможе вам:

- скласти уявлення про каучуки і гуму;
- ознайомитись із технологією виробництва гуми з каучуків;
- з'ясувати властивості каучуків і гуми;
- дізнатися про способи утилізації відходів гуми.

Каучуки — полімери рослинного або синтетичного походження, з 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.

Розрізняють природний і синтетичні каучуки.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Природний (натуральний) каучук міститься в соку деяких рослин. Цей сік нагадує молоко (мал. 94) і є емульсією каучуку у воді.

Мал. 94. Збирання соку гевеї

Основу натурального каучуку становить поліізопрен. У макромолекулі цього полімеру групи CH_2 розміщені з одного боку від подвійного зв'язку:

$$\left[\begin{matrix} -H_2C \diagdown \\ H_3C \diagup \end{matrix} C{=}C \begin{matrix} \diagup CH_2- \\ \diagdown H \end{matrix}\right]_n$$

Натуральний каучук має білий колір; він легший за воду, розчиняється в бензині, бензені, деяких інших органічних розчинниках. Полімер повільно окиснюється киснем повітря. Щоб запобігти окисненню каучуку, щойно добутого із соку рослини, і розмноженню в ньому бактерій, його обробляють розбавленими розчинами кислот (мурашиної, оцтової) або інших речовин, промивають водою і висушують. У результаті каучук набуває жовтуватого кольору (мал. 95).

Серед усіх природних високомолекулярних сполук лише каучук виявляє високу еластич-

Мал. 95. На виробництві натурального каучуку

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ність. Така властивість каучуку зумовлена можливістю згортання його лінійних макромолекул у клубки. Якщо пластинку із каучуку розтягувати, то макромолекули випрямляються, а якщо після цього «відпустити», то вони повернуться в попередній стан, і пластинка набуде початкової довжини. Доклавши більшого зусилля, каучукову пластинку можна розірвати.

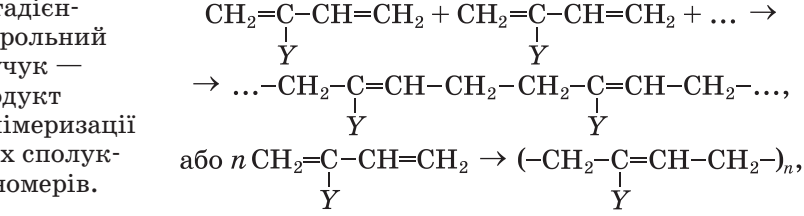
Синтетичні каучуки. Натуральний каучук добувають у значній кількості, проте цього недостатньо для задоволення зростаючих потреб. Тому вчені створили синтетичні каучуки, які успішно замінюють природний каучук і широко застосовуються в різних сферах.

Більшість каучуків походить від вуглеводнів із двома подвійними зв'язками в молекулі (с. 54). Залежно від мономера розрізняють *бутадієновий* каучук, *ізопреновий* (аналог натурального), *хлоропреновий* та ін. Їх добувають, здійснюючи реакції полімеризації, переважно за участю каталізаторів.

Цікаво знати

Бутадієн-стирольний каучук — продукт полімеризації двох сполук-мономерів.

Загальна схема утворення каучуків:



де Y — H (мономером є бута-1,3-дієн, полімером — бутадієновий каучук, або полібутадієн); CH_3 (мономер — ізопрен, полімер — ізопреновий каучук, або поліізопрен); Cl (мономер — хлоропрен, полімер — хлоропреновий каучук, або поліхлоропрен).

▶ Напишіть схему реакції полімеризації бута-1,3-дієну.

Хімічні властивості. Маючи подвійні зв'язки в макромолекулах, натуральний і

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

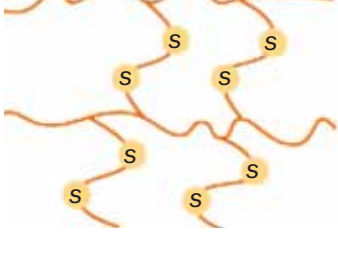
синтетичні каучуки здатні приєднувати водень, галогени, галогеноводні. При нагріванні за відсутності повітря ці полімери розкладаються з утворенням відповідних мономерів.

Каучуки слугують сировиною 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. 96).

Мал. 96. Продукція шинного заводу

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 додають певну кількість сірки. У результаті взаємодії каучуку із сіркою за рахунок розриву одного зі складників подвійного зв'язку відбувається зшивання карбонових ланцюгів за допомогою «містків» –S–S– (мал. 97). При цьому частина подвійних зв'язків у макромолекулі залишається.



Мал. 97. «Зшиті» карбонові ланцюги в гумі

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Якщо взяти надлишок сірки, то всі подвійні зв'язки будуть «витрачені» на зшивання карбонових ланцюгів, і утвориться твердий термореактивний матеріал — ебоніт (мал. 98). Його використовують для виготовлення електротехнічних деталей, хімічної апаратури.

Мал. 98. Ебонітовий стержень

Існують гуми різного призначення — для експлуатації при високих або низьких температурах (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.

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 (набрякне). Це свідчить про здатність гуми вбирати органічний розчинник.

Каучук завдяки наявності в ньому подвійних зв'язків може реагувати з галогенами. Зокрема, його колоїдний розчин у бензені знебарвлює бромну воду. При нагріванні каучуки розкладаються з утворенням ненасичених сполук.

Наявність Сульфуру в гумі можна довести, нагріваючи її в пробірці з газовивідною труб-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

кою, зануреною в блакитний розчин купрум(II) нітрату. Сірководень, що є одним із продуктів термічного розкладу гуми, спричинить утворення в розчині чорного осаду CuS.

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. Цей каучук 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. З нього виготовляють гуму для устаткування, що контактує з нафтою і нафтопродуктами. Каучуки, які містять Флуор, хімічно стійкі, витримують нагрівання до 300 °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 — використані предмети технічного та побутового призначення, старе взуття.

Цікаво знати
У Європі утилізують менше половини шин, непридатних для використання.

Відходи гуми, як і пластмас, не руйнуються в природних умовах. На жаль, більша частина їх потрапляє в навколишнє середовище. Утилізацію гумових відходів здійснюють спалюванням (після подрібнення) і термічним розкладом у спеціальних агрегатах[1]. У першому

[1] При спалюванні гуми на повітрі утворюється багато токсичних речовин.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

випадку отримують теплову енергію (теплота згоряння гуми приблизно така сама, що й вугілля), а у другому — добувають мономери для виробництва каучуку.

Гумові відходи також використовують як поглиначі при очищенні стічних вод, у виробництві ізоляційних матеріалів, будівництві, шляховому господарстві тощо.

ВИСНОВКИ

Каучуки — полімери, з яких виготовляють гуму та гумові вироби. Характерна властивість каучуків — еластичність, тобто здатність після деформації відновлювати свою форму.

Більшість каучуків є полімерами вуглеводнів із двома подвійними зв'язками в молекулах. Розрізняють натуральний і синтетичні каучуки.

Гума — продукт вулканізації каучуку. Цей еластичний матеріал широко використовують у багатьох сферах. Утилізація гумових відходів є одним із важливих екологічних завдань.

?

240. Охарактеризуйте властивості каучуку.
241. У чому полягає процес вулканізації?
242. Чим різняться каучук і гума, гума та ебоніт?
243. Назвіть сфери використання каучуків.
244. За матеріалами з інтернету підготуйте повідомлення:
    а) про походження назви «каучук»;
    б) про історію відкриття гуми;
    в) про винайдення лінолеуму.
245. Назвіть кілька синтетичних каучуків і запишіть їхні хімічні формули.
246. Складіть схему реакції полімеризації з утворенням хлоропренового каучуку.
247. Обчисліть масову частку Хлору в хлоропреновому каучуку.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

34 Природні та хімічні волокна

Матеріал параграфа допоможе вам:

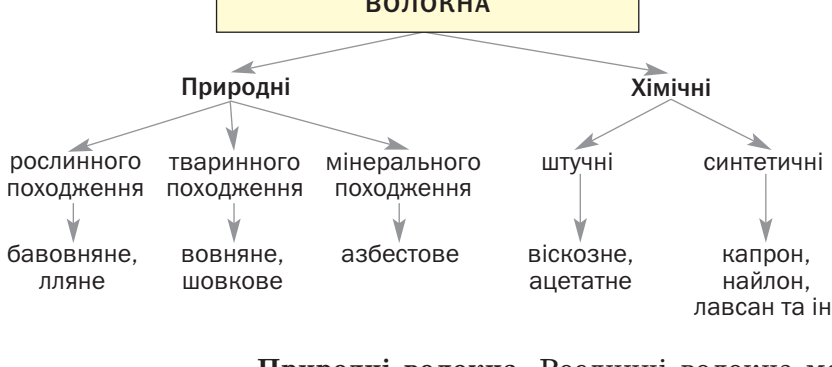
- скласти уявлення про природні та хімічні волокна;
- розрізняти природні та хімічні волокна;
- дізнатися про сфери використання волокон.

Волокна — це довгі гнучкі нитки, які виробляють із природних або синтетичних полімерів і використовують для виготовлення пряжі та текстильних виробів.

Розрізняють *природні* (натуральні) й *хімічні* волокна (схема 7).

Схема 7

Класифікація волокон

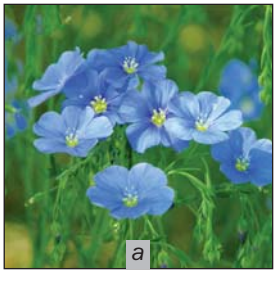


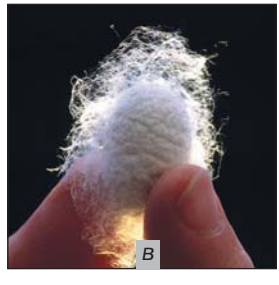
Природні волокна. Рослинні волокна можуть формуватись у стеблах і листі (коноплі, льон), у насінні (бавовник) (мал. 99, *а, б*). Основа цих волокон — целюлоза.

Тваринні волокна є білковими полімерами. Більшу частину вовни дає вівчарство. Шовк — продукт виділення особливих залоз тутового шовкопряда (мал. 99, *в*).

Лляне і бавовняне волокна мають достатню термічну стійкість, хороші механічні власти-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua



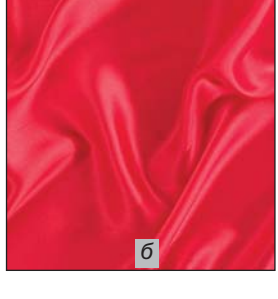


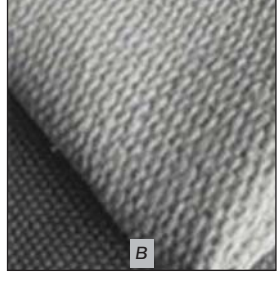
Мал. 99. Льон (*а*), бавовник (*б*), кокон шовкопряда (*в*)

вості (мал. 100, *а*). Вовняне волокно вирізняється високою еластичністю, а шовкове — міцністю й характерним блиском (мал. 100, *б*).

▶ Назвіть сфери використання названих природних волокон.

До мінеральних волокон належить азбестове (мал. 100, *в*). Із нього виготовляють фільтри, брезент, тканини для захисного одягу, шифер, спеціальні папір і картон, тепло- та електроізоляційні покриття.





Мал. 100. Тканини із природних волокон: *а* — лляна; *б* — шовкова; *в* — азбестова

Хімічні волокна виробляють із деяких полімерів лінійної будови. Ці полімери спочатку розплавляють або розчиняють в органічних розчинниках, а утворену рідину пропускають крізь дуже малі отвори. При цьому утворюються довгі й тонкі нитки (мал. 101).

Хімічні волокна поділяють на штучні й синтетичні.

Штучні волокна добувають із природних полімерів, зазвичай — целюлози. Вони мають

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 101.
У цеху з виробництва волокон

Мал. 102.
Штучні волокна:
а — віскозне; *б* — ацетатне

деякі переваги, які стосуються технології та якості виробів із них.

Найважливішими штучними волокнами є *віскозне* й *ацетатне* (мал. 102). Основу віскозного волокна становить целюлоза, ацетатного — її ацетатні естери.

Синтетичні волокна виробляють з органічних сполук, здійснюючи хімічні реакції. До цих волокон належать поліпропіленове, полівінілхлоридне, поліестерні та ін. Вони переважають природні волокна за міцністю, еластичністю, довговічністю, не руйнуються мікроорганізмами. Недоліки синтетичних волокон — низька гігроскопічність, здатність до електризації. З метою їх подолання до синтетичних волокон додають природні, а також речовини-антистатики.

Лавсан — поліестерне волокно. Воно нагадує вовну, але є міцнішим (мал. 103). Вироби із цього волокна не потребують прасування.

Мал. 103.
Тканини з лавсану

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Лавсан — термостійкий, погано загоряється й не обвуглюється, не розчиняється в органічних розчинниках, але руйнується кислотами і лугами. Нитки із цього волокна (мал. 104) мають низьку гігроскопічність. Тому при виготовленні тканин їх часто змішують з бавовняними, лляними або вовняними нитками.

Мал. 104. Нитки і краватки з поліестеру

Поліестерне волокно використовують для виготовлення бензино- й нафтостійких шлангів, канатів, риболовних тралів, електроізоляційних матеріалів, вітрил, декоративних тканин, штучного хутра, ковдр, а також у виробництві шин.

Капрон 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 (мал. 105). Найлонове волокно додають до інших волокон; його застосовують у виробництві ковроліну, спортивного одягу.

Мал. 105. Нитки і тканина з капрону

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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.

?

248. Назвіть найважливіші природні волокна.
249. Які переваги і недоліки мають синтетичні волокна порівняно з натуральними?
250. Розшифруйте позначки на ярлику до спортивної куртки (мал. 106). Використайте відомості, наведені в тексті під заголовком «Прасування тканин», а також інформацію з інтернету.

Мал. 106. Позначки з догляду за тканиною

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, не загоряється). Синтетичні волокна не є термостійкими. Тому тканини з них або не прасують, або прасують за мінімальної температури праски (до 120 °С). На такий режим прасування вказує крапка на контурі праски, зображеному на ярлику до тканини.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Шовк і вовна витримують температуру до 160 °С (дві крапки на зображенні праски). Найбільш термостійкими є лляне і бавовняне волокна. При прасуванні тканин із цих волокон температура може перевищувати 160 °С (три крапки на прасці).

ДЛЯ ДОПИТЛИВИХ

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 (мал. 107). Їх виготовляють із кварцу, спеціального скла (фторидного, фосфатного), деяких органічних полімерів. Сфери використання таких волокон різноманітні. Волоконно-оптичний зв'язок за швидкістю та обсягом інформації, що передається, має значні переваги порівняно з електронним зв'язком. Застосування 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.

Мал. 107. Оптичне волокно

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

6 розділ

Взаємоперетворення органічних речовин. Органічні сполуки в житті людини і суспільства

Органічні сполуки об'єднує їхнє походження. Тому не дивно, що між ними існують взаємозв'язки і різні можливості взаємоперетворень.

Світ органічних речовин не можна відокремити від кожного з нас. У ньому — чимало речовин, важливих для живих організмів. Дедалі більше органічних сполук і матеріалів на їх основі ми використовуємо в повсякденному житті. Досягнення вчених у галузі органічної хімії значною мірою забезпечують розвиток суспільства, дають змогу вирішувати глобальні проблеми цивілізації.

35 Взаємозв'язки між органічними речовинами

Матеріал параграфа допоможе вам:

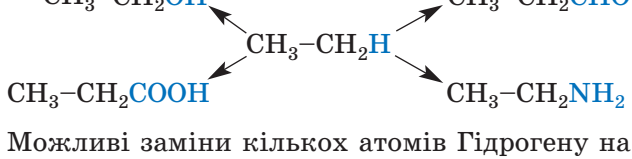
- систематизувати свої знання про склад органічних речовин;
- узагальнити відомості про взаємоперетворення органічних сполук різних класів.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Цікаво знати
У молекулах металорганічних сполук є ковалентні зв'язки між атомами Карбону і металічних елементів.

Склад органічних сполук. Вам добре відомо, що будь-яка органічна речовина є сполукою Карбону. Найпростішими за якісним складом є вуглеводні; це сполуки Карбону з Гідрогеном. Оксигеновмісні органічні сполуки — спирти, альдегіди, карбонові кислоти, вуглеводи, жири — утворені трьома елементами. Їхні молекули, крім атомів Карбону і Гідрогену, містять атоми Оксигену. Аміни — сполуки Карбону, Гідрогену і Нітрогену, а в молекулах амінокислот і білків є ще й атоми Оксигену.

Вуглеводні називають родоначальниками органічних сполук. Якщо атом Гідрогену в молекулі вуглеводню замінити на характеристичну групу атомів — гідроксильну, альдегідну, карбоксильну чи аміногрупу, отримаємо молекулу спирту, альдегіду, карбонової кислоти або аміну:



Можливі заміни кількох атомів Гідрогену на таку саму кількість характеристичних груп.

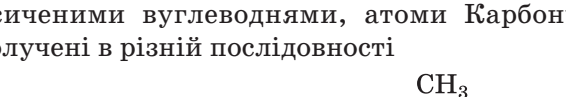
▶ Назвіть насичений вуглеводень, від якого походить гліцерол. Зіставте молекули обох сполук за складом.

Органічні сполуки поділяють на класи. Кожний клас сполук складається з гомологічних рядів. Гомологічний ряд об'єднує велику групу речовин однакового якісного складу, молекули яких різняться на одну або більше груп CH_2. Серед вуглеводнів виокремлюють гомологічний ряд метану (табл. 1, с. 29), гомологічний ряд етену та ін. Приклади сполук, що започатковують гомологічний ряд етину:

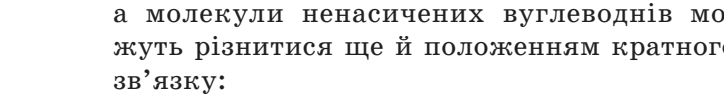
HC≡CH (етин) HC≡C–CH$_3$ (пропін) HC≡C–CH$_2$–CH$_3$. (бут-1-ін)

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Існують речовини, молекули яких мають однаковий якісний і кількісний склад, але різну будову. Ви знаєте, що ці сполуки називають ізомерами. У молекулах ізомерів, що є насиченими вуглеводнями, атоми Карбону сполучені в різній послідовності



а молекули ненасичених вуглеводнів можуть різнитися ще й положенням кратного зв'язку:



Кількість ізомерів серед оксигеновмісних та нітрогеновмісних органічних сполук зростає через можливості різного розміщення характеристичних груп у молекулах.

▶ Зобразіть структурні формули молекул ізомерних пропанолів.

Викладене підтверджує, що у світі органічних сполук існують взаємозв'язки, які ґрунтуються на походженні сполук різних класів від вуглеводнів. Ці зв'язки також виявляються між сполуками кожного класу — гомологами, ізомерами.

Взаємоперетворення органічних сполук. Вивчаючи хімічні властивості органічних речовин, ви довідалися про характерні реакції за їх участю, особливості перебігу таких перетворень.

Із насичених вуглеводнів добувають ненасичені — алкени, алкіни.

▶ Назвіть продукти дегідрування етану.

Будь-який ненасичений вуглеводень може вступати в реакцію з воднем; при цьому з

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

алкіну утворюється алкен, а з алкену — алкан:

$$CH{\equiv}C{-}CH_3 + H_2 \xrightarrow{k,\,t} CH_2{=}CH{-}CH_3;$$

$$CH_2{=}CH{-}CH_3 + H_2 \xrightarrow{k,\,t} CH_3{-}CH_2{-}CH_3.$$

Аналогічні перетворення властиві іншим ненасиченим сполукам, зокрема карбоновим кислотам з подвійним зв'язком у молекулі.

З вуглеводнів можна добувати оксигеновмісні органічні сполуки. Наприклад, алкени взаємодіють з водою з утворенням спиртів.

▶ Напишіть рівняння реакції гідратації вуглеводню, назва якого — бут-2-ен.

Вам відомі взаємоперетворення оксигеновмісних сполук різних класів. Так, продуктом часткового окиснення спирту є альдегід, а окисненням альдегідів добувають карбонові кислоти:

$$\text{спирт} \xrightarrow{[O]} \text{альдегід} \xrightarrow{[O]} \text{карбонова кислота}.$$

З іншого боку, відновленням альдегіду можна отримати спирт (реакція відбувається при нагріванні за наявності каталізатора).

▶ Складіть схему відновлення етаналю воднем.

Взаємодією спиртів з карбоновими кислотами добувають естери:

$$R\text{OH} + R'\text{COOH} \rightarrow R\text{COO}R' + H_2O.$$

Це — реакція естерифікації. Вона є оборотною; за певних умов естер реагує з водою з утворенням спирту і кислоти. Жири при нагріванні й за підвищеного тиску або наявності каталізаторів також зазнають гідролізу; при цьому утворюються трьоха́томний спирт гліцерол і вищі карбонові кислоти[1] (с. 133).

[1] У лужному середовищі — їхні солі.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Взаємоперетворення можливі й серед вуглеводів. Дією води на полісахарид (крохмаль, целюлозу) або дисахарид (сахарозу) за відповідних умов можна добути моносахарид (глюкозу, фруктозу):

$$\underset{\text{крохмаль}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{k \text{ або } t,\ H_2SO_4} \underset{\text{глюкоза}}{nC_6H_{12}O_6}.$$

За участю ферментів або мікроорганізмів вуглеводи зазнають бродіння. Продуктами таких реакцій є органічні речовини інших класів — спирти, карбонові кислоти (§ 23).

Нітрогеновмісні органічні сполуки також здатні до взаємоперетворень. Білки розщеплюються в живих організмах на амінокислоти, а амінокислоти взаємодіють між собою з утворенням інших білків.

Цікаво знати

Незвичайний приклад ізомеризації — перетворення неорганічної сполуки (амоній ціанату) на органічну (сечовину): $NH_4NCO \rightarrow CO(NH_2)_2$.

Існують перетворення органічних речовин, під час яких їхній якісний (елементний) і кількісний склад не змінюється. Це — реакції ізомеризації та полімеризації.

▶ Напишіть рівняння реакції перетворення *н*-бутану на ізобутан.

За реакціями полімеризації з етену, інших ненасичених органічних сполук добувають полімери та каучуки (§ 31, 33). Можна здійснити й зворотні реакції: при нагріванні полімерів за відсутності повітря утворюються мономери (§ 30, 33).

Деякі органічні речовини, молекули яких містять характеристичні групи, здатні вступати в реакції поліконденсації (§ 31). Продукт такої реакції — полімер, сумарна маса макромолекул якого менша за сумарну масу молекул відповідного мономера.

За реакцією поліконденсації добувають капрон. Спрощена схема цього процесу:

$$\underset{\text{ε-амінокапронова кислота}}{nH_2N{-}(CH_2)_5{-}COOH} \xrightarrow{-nH_2O} \underset{\text{капрон}}{(-HN{-}(CH_2)_5{-}CO{-})_n}.$$

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Отже, здатність одних органічних речовин перетворюватися на інші є додатковим підтвердженням існування взаємозв'язків між ними.

ВИСНОВКИ

Органічні сполуки різних класів походять від вуглеводнів. Їх хімічні формули можна вивести, замінюючи атоми Гідрогену в молекулах вуглеводнів на характеристичні групи атомів. Взаємозв'язки між органічними речовинами зумовлені існуванням класів цих сполук, гомологічних рядів, сполук-ізомерів.

Відомо багато взаємоперетворень органічних речовин. Серед них — реакції приєднання за участю ненасичених сполук, а також реакції заміщення, ізомеризації, гідролізу, окиснення й відновлення, полімеризації та поліконденсації.

?

251. Чому вважають, що вуглеводні становлять фундамент органічної хімії?
252. Частинки якого типу містяться в більшості органічних сполук? Які органічні сполуки складаються з інших частинок?
253. Спробуйте дати означення:
    а) одноа́томного спирту і фенолу як сполук, що походять від води;
    б) амінокислот як сполук, що походять від карбонових кислот.
254. Напишіть рівняння кількох реакцій, під час яких утворюються галогеновмісні органічні сполуки:
    а) з алканів;
    б) з алкенів.
255. За допомогою яких реакцій можна:
    а) алкен перетворити на спирт;
    б) зі спирту добути алкен?

    Наведіть відповідні хімічні рівняння із загальними формулами органічних сполук.
256. Напишіть рівняння реакцій таких перетворень:
    а) алкан → алкен → алкін → арен;
    б) спирт → альдегід → кислота → естер;

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

в) амінокислота → дипептид;
г) дисахарид → моносахарид → спирт;
г) полісахарид → моносахарид;
д) полімер → мономер;
е) мономер → полімер (каучук).

257. Під час взаємодії сполук Al_4C_3 і CaC_2 з водою утворюються відповідно метан і етин. Складіть хімічні рівняння.
258. Скільки вуглеводнів мають відносну густину за воднем 29? Назвіть кожну сполуку і зобразіть структурну формулу її молекули.
259. Виведіть формулу одноосно́вної насиченої карбонової кислоти й назвіть речовину, якщо масова частка Гідрогену в ній становить 8,1 %.
260. При взаємодії 20 г фенолу, який містив домішку бензену, з надлишком бромної води утворилося 66,2 г галогеновмісної органічної сполуки. Обчисліть масову частку ароматичного вуглеводню у фенолі.

36 Біологічно активні речовини

Матеріал параграфа допоможе вам:

- дізнатися про те, які речовини називають біологічно активними;
- отримати інформацію про види вітамінів та їхні джерела;
- зрозуміти роль вітамінів і ферментів в організмі.

Наш організм потребує не лише білків, жирів, вуглеводів. Існують інші органічні речовини, які необхідні організму; їх називають *біологічно активними*.

Біологічно активні речовини — це речовини, які активно впливають на різноманітні процеси в живих організмах.

До найважливіших речовин цього типу зараховують вітаміни, ферменти, антибіоти-

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ки, алкалоїди, гормони. Ці сполуки спочатку було виявлено в природі (передусім у рослинах). Згодом більшість таких речовин учені почали добувати в лабораторіях.

Біологічно активні речовини різняться за складом і будовою молекул. Серед них багато нітрогеновмісних сполук. Їхні молекули містять цикли, до яких, крім атомів Карбону, входять атоми Нітрогену, Оксигену.

Біологічно активні речовини є в складі численних лікарських засобів.

Вітаміни. Людині для забезпечення нормальної життєдіяльності, крім води, білків, жирів, вуглеводів, солей, необхідні вітаміни[1].

Вітаміни — органічні сполуки, які потрібні живим організмам у незначній кількості для здійснення важливих біохімічних і фізіологічних процесів.

Молекули вітамінів є «постачальниками» груп атомів, з яких в організмі утворюються молекули ферментів (с. 216).

Вітаміни містяться в харчових продуктах рослинного (мал. 108) і тваринного походження. Деякі з них утворюються в організмах людини і тварин, але в недостатній кількості.

Мал. 108. Овочі та фрукти — джерела вітамінів

Добова потреба людини у вітамінах становить від кількох мікрограмів до кількох міліграмів, а у вітаміні С — 50—60 мг.

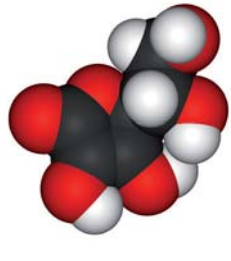
[1] Слово походить від латинського vita — життя і назви класу органічних сполук *аміни*, до якого належить чимало вітамінів.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Вітаміни мають складні формули і назви. Їх прийнято позначати великими латинськими літерами (А, В, С та ін.), іноді — з нижніми числовими індексами. Одну й ту саму літеру використовують для позначення вітамінів, подібних за складом і функціями, які вони виконують в організмі.

Вітаміни поділяють на водорозчинні і жиророзчинні. Останні розчиняються в багатьох органічних розчинниках, але не розчиняються у воді. Жиророзчинних вітамінів організм потребує значно менше (до 1 мг щодня), ніж водорозчинних. Розчинність вітамінів визначає умови засвоєння їх організмом.

Водорозчинні вітаміни. Вітамін С (аскорбінова кислота) — один із найважливіших вітамінів. Його хімічна формула — $C_6H_8O_6$ (мал. 109). Це біла кристалічна речовина з кислим смаком, розчинна у воді, спирті.



Мал. 109. Модель молекули аскорбінової кислоти

Аскорбінова кислота посилює опір організму щодо різних інфекцій. Відсутність вітаміну С в їжі спричиняє хворобу, яку називають цингою; її характерна ознака — слабшають і починають кровоточити ясна.

Вітамін С міститься в шипшині (приблизно 1,5 г на 100 г сухих плодів), горіхах (1,2 г), чорній смородині (0,3 г), солодкому перці (у червоному — 0,25 г), хріні, цитрусових та ін.

Група вітамінів В налічує кілька сполук. Вітаміни B_1, B_2, B_6 і B_{12} зміцнюють нервову і серцево-судинну системи, сприяють виділенню енергії при травленні їжі, активізують роботу м'язів, регулюють окисно-відновні

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

процеси в організмі. Відсутність цих вітамінів призводить до зупинки розвитку організму, а нестача — до порушення зору, захворювань шкіри і слизових оболонок.

Вітамін B_5 (або PP) — загальне позначення двох схожих за складом сполук, які підтримують діяльність нервової системи, щитовидної залози, покращують пам'ять, відіграють важливу роль в окисно-відновних процесах у клітинах.

Цікаво знати
Вітамін B_{12} містить металічний елемент Кобальт.

Вітаміни групи В містяться у висівках, дріжджах, хлібі, крупах, горіхах, бобах, молоці, яйцях, печінці, деяких овочах, фруктах, ягодах.

Жиророзчинні вітаміни. Вітамін А (ретинол) має формулу $C_{20}H_{29}OH$ і є ненасиченим одноатомним спиртом. Він сприяє нормальному розвитку організму, особливо молодого, збільшує його стійкість щодо інфекційних хвороб, підтримує зір. Нестача цього вітаміну викликає «курячу сліпоту» — розлад зору при слабкому освітленні. Ретинол або його естери містяться лише в продуктах тваринного походження — рибному жирі, печінці (зокрема, тріскової), яєчному жовтку, молоці.

Вітамін D існує у двох формах — D_2 і D_3. Обидві форми утворюються під дією сонячного світла: D_2 — в рослинах, D_3 — у шкірі людини. Вони регулюють засвоєння організмом Кальцію і Фосфору, сприяють утворенню кісток і запобігають виникненню рахіту. Ці вітаміни містяться в яєчному жовтку, печінці, молочних продуктах.

До жиророзчинних вітамінів також належать вітаміни груп Е, К, вітамін F.

> ***Відомі речовини, які в організмах тварин і людини перетворюються на вітаміни. Їх називають провітамінами. Серед цих речовин — каротин; він є в моркві, гарбузах, помідорах, деяких фруктах, ягодах і зумовлює їхнє оранжеве або червоне забарвлення. В організмі з молекули каротину утворюються дві молекули вітаміну А.***

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Добування і використання вітамінів. Вітаміни добувають за допомогою хімічних реакцій, мікробіологічним синтезом, а деякі — із природної сировини.

Фармацевтичні підприємства випускають лікарські препарати, загальна назва яких — полівітаміни. Найпростіші з них містять вітаміни A, B і C, а також глюкозу, цукор, крохмаль, харчові барвники. Одна чи кілька пігулок або капсул задовольняють добову потребу людини у відповідних вітамінах. Добре відомі вітчизняні полівітамінні препарати «Ревіт», «Гексавіт», «Декамевіт» (мал. 110).

Мал. 110. Вітамінні препарати

Деякі вітаміни, насамперед аскорбінову кислоту, використовують як добавки до напоїв, солодощів, харчових продуктів для дітей.

Вітаміни, як і інші органічні речовини, розкладаються при нагріванні. Тому, готуючи їжу, слід дотримуватися певного температурного режиму й оптимальної тривалості процесу.

За істотної нестачі будь-якого вітаміну (такий стан організму називають авітамінозом[1]) розвиваються хвороби. Вживання вітамінів у надмірних кількостях призводить до гіпервітамінозу[2], наслідки якого також є негативними.

Вітаміни потрібні не лише людині. У корми для сільськогосподарських тварин добавляють

[1] Грецьке *a…* — початкова частина слова, яка означає заперечення.
[2] Термін походить від грецького слова hyper — над, понад.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ті з них, яких майже немає в рослинах, — вітаміни A, B_{12}, D, E.

Ферменти — група речовин переважно білкової природи, які виконують роль каталізаторів біохімічних реакцій в організмах. Ці речовини також називають ензимами. Ензимологія — наука про ферменти, одна з галузей біохімії.

Функцію ферменту можна спрощено пояснити так: спочатку молекули органічної речовини сполучаються з ним, потім продукт цієї реакції взаємодіє з іншою речовиною, а фермент «вивільнюється».

Відомо понад дві тисячі ферментів. Вони утворюються в рослинах, організмах тварин і людини. Одні ферменти прискорюють синтез білків з амінокислот, інші (протеази[1]) забезпечують протилежний процес — розщеплення білків на амінокислоти. Ліпази є каталізаторами гідролізу жирів — перетворення їх на гліцерол і жирні кислоти. Амілаза сприяє розщепленню молекул крохмалю на молекули простих вуглеводів (моносахаридів). За нестачі ферментів в організмі лікарі рекомендують вживати ферментні препарати.

Ферменти беруть участь у процесах бродіння, які становлять основу виробництва вина, пива, оцту, кисломолочних продуктів, квашення овочів (мал. 111). Дріжджі завдяки наявності в них ферментів використовують при виготовленні хліба (мал. 111), різних виробів із борошна.

На властивості ферментів впливають зовнішні умови. За незначного підвищення температури ферменти починають руйнуватися і втрачають каталітичну активність.

Ферменти добувають із тваринної та рослинної сировини, мікроорганізмів, біологічних рідин (наприклад, крові).

---

[1] Назви багатьох ферментів мають закінчення *-аза*.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 111. Результати «роботи» ферментів

Антибіотики[1] *— речовини, що «синтезуються» деякими мікроорганізмами (пліснявою, бактеріями, грибками), рослинами і мають протибактеріальну та противірусну дію. Для виявлення цих властивостей достатньо дуже малої концентрації антибіотика, наприклад 1 мг на 100 кг маси середовища, в якому він діє.*

Першим антибіотиком, який почали використовувати в медицині, був пеніцилін — речовина, яка виробляється деякими видами плісняви. Починаючи із 40-х років XX ст., цей антибіотик застосовували для лікування туберкульозу, пневмонії, багатьох інфекційних та інших хвороб. Пізніше було винайдено ефективні замінники пеніциліну — тетрациклін, стрептоміцин, левоміцетин.

Бактерії за дії антибіотиків поступово змінюються і стають менш чутливими до них. Збільшення доз цих речовин негативно позначається на організмі людини; виникають алергії, слабшає імунна система. Тому важливим є пошук нових антибіотиків, вивчення їх впливу не лише на шкідливі мікроорганізми, а й на людину.

Більшість антибіотиків добувають за допомогою хімічних реакцій.

ВИСНОВКИ

Біологічно активні речовини — речовини, які впливають на різноманітні процеси в живих

[1] Термін походить від грецьких префікса *anti-* і слова bios — життя.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

організмах. До них належать вітаміни, ферменти, антибіотики, деякі інші групи органічних речовин.

Вітаміни потрібні організму в незначній кількості для здійснення біохімічних і фізіологічних процесів. Розрізняють водорозчинні та жиророзчинні вітаміни. Більшість із них надходить в організм під час харчування.

Ферменти виконують роль каталізаторів хімічних реакцій, які відбуваються в організмі.

?

261. Які групи органічних речовин називають біологічно активними?
262. Яке значення мають вітаміни для людини?
263. Назвіть кілька водорозчинних і жиророзчинних вітамінів.
264. Обчисліть відносну молекулярну масу вітаміну B_2, якщо його молекула містить чотири атоми Нітрогену, а масова частка цього елемента у вітаміні становить 14,9 %.
265. Яку функцію виконують ферменти в організмі?

ДЛЯ ДОПИТЛИВИХ

Алкалоїди

Щодня ми п'ємо чай, а часто — і каву. Ці популярні напої містять біологічно активну речовину, назва якої — *кофеїн*. Масова частка сполуки в чайному листі може сягати 5 %, а в кавових зернах — 1,5 % (мал. 112). Кофеїн міститься і в горіхах кола; їх використовують для виготовлення напою «кока-кола».

Мал. 112. Джерела кофеїну

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Кофеїн — тверда речовина, розчинна у воді. Після чашки кави або міцного чаю людина відчуває прилив бадьорості, зростання розумової та фізичної активності. Так діє невелика кількість кофеїну на організм. Ця сполука є компонентом деяких лікарських препаратів.

У шоколаді, чайному листі міститься інша біологічно активна речовина — *теобромін*. Як і кофеїн, вона активізує діяльність організму, має судинорозширювальну, спазмолітичну дію. Масова частка теоброміну в бобах какао не перевищує 2 %.

Кофеїн і теобромін належать до групи речовин із загальною назвою *алкалоїди*[1]. Це — нітрогеновмісні органічні сполуки, які істотно впливають на біологічні процеси.

Відомо кілька тисяч алкалоїдів. Вони містяться в насінні, плодах, корі, листях, корінні деяких рослин. Молекули найпростіших алкалоїдів мають циклічні фрагменти, які складаються з атомів Карбону і Нітрогену.

До алкалоїдів належить і шкідлива речовина — *нікотин*. Незначна кількість цієї сполуки, потрапляючи в легені, спричиняє в людини збудження. Паління завдає серйозної шкоди організму, призводить до різних захворювань, насамперед онкологічних, легеневих, серцево-судинних.

37 Роль органічної хімії в розв'язанні глобальних проблем людства, створенні нових матеріалів

Матеріал параграфа допоможе вам:

- зрозуміти роль органічної хімії в галузі переробки сировини;
- дізнатися про біотехнології;
- оцінити значення органічної хімії в розв'язанні енергетичної та продовольчої проблем, охороні здоров'я людини, створенні нових матеріалів.

[1] Термін походить від арабського слова *аль-калі* — луг і грецького eidos — вид. Алкалоїди, як і аміни, виявляють основні властивості.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Хімічні реакції за участю органічних речовин становлять основу багатьох технологічних процесів. Їх здійснюють у нафтопереробній промисловості, виробництві метанолу, етанолу, оцтової кислоти, інших органічних сполук. Перетворення органічних речовин відбуваються на підприємствах легкої та харчової промисловості.

Органічна хімія і переробка сировини. У різних технологіях використовують багато органічних сполук. Вихідними речовинами на хімічних виробництвах часто слугують вуглеводні. Їхні запаси в природі обмежені й не відновлюються. Тому цю сировину намагаються витрачати економно й переробляти з найбільшим виходом корисних речовин, запроваджуючи оптимальні режими здійснення реакцій. Розроблення ефективних технологічних процесів є одним з 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.

Нині переробка нафти полягає не лише в її перегонці. Високотемпературні фракції — гас, газойль, мазут — піддають сильному нагріванню за підвищеного тиску, наявності каталізаторів; назви відповідних процесів — крекінг, риформінг. За таких умов розриваються хімічні зв'язки в карбонових ланцюгах молекул вуглеводнів й утворюються нові молекули. Унаслідок цього зростає вихід бензину, підвищується його якість.

Будь-яке виробництво неможливе без відходів. Їх переробка має бути обов'язковою, комплексною і максимально повною з одночасним знешкодженням токсичних речовин. Відходи, які використовують чи переробляють, називають вторинними ресурсами. Дуже актуальною є переробка використаних виробів із полімерів і пластмас (мал. 113), в результаті якої знову добувають полімери.

Органічна хімія й енергетична проблема. Природний газ і продукти нафтопереробки є

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 113. Пластмасові ємності перед переробкою

традиційною сировиною для світової енергетики. Запаси нафти й газу на планеті невпинно зменшуються. Тому разом із пошуком нових джерел добування енергії активно залучається в енергетичну сферу вугілля, якого в надрах Землі значно більше.

Цікаво знати
На вугілля припадає приблизно 80 % від маси усіх горючих копалин.

Частину вугілля за допомогою хімічних реакцій перетворюють на суміші горючих газів. У спеціальних установках на вугілля діють за високої температури обмеженою кількістю повітря, водяною парою, вуглекислим газом. Газові суміші, що утворюються, містять карбон(II) оксид, водень, метан. Вони як вид палива мають істотні переваги над вугіллям. У світі використовують також технології перетворення вугілля на рідке пальне за дії водню. Поширюється використання горючих сланців як енергетичної сировини. За певною технологією зі сланців добувають сланцевий газ.

Органічна хімія і продовольча проблема. Зростання чисельності населення на планеті потребує збільшення виробництва харчових продуктів. Однак багато країн, переважно малорозвинутих, відчувають їх нестачу. Ґрунти з часом втрачають родючість, сільськогосподарські рослини дедалі більше потерпають від хвороб і шкідників.

Серед заходів, спрямованих на розв'язання продовольчої проблеми, — використання

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

засобів захисту рослин від хвороб і шкідників — пестицидів, фунгіцидів (мал. 114), а також стимуляторів росту рослин. Це, як правило, певні органічні сполуки або їх суміші. Підвищенню продуктивності тваринництва сприяють білкові кормові добавки.

Мал. 114. Хімічні засоби захисту рослин

Харчові продукти недостатньо виробляти в необхідній кількості. Потрібно забезпечити їх зберігання. Учені, які працюють у галузі органічної хімії, займаються пошуком ефективних і водночас безпечних консервантів, стабілізаторів, емульгаторів, а технологи та інженери — їх виробництвом.

Біотехнології. Останнім часом у промисловість та інші сфери виробництва впроваджують технології, що істотно відрізняються від традиційних. Особливе місце серед них посідають *біотехнології* — процеси перетворення органічних речовин за участю мікроорганізмів або продуктів їх життєдіяльності.

Однією з перших біотехнологій, яку застосовувала людина, був процес виготовлення вина із соків винограду, інших ягід і фруктів. Вам відомо, що 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.

Рослини — відновлюваний природний ресурс. Залучаючи біотехнології, дедалі більше

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 115. Виробництво біогазу

такої сировини, а також відходів землеробства переробляють на суміші горючих газів — так званий біогаз (мал. 115).

Із біотехнологіями пов'язане виробництво медичних препаратів для профілактики і лікування інфекційних та інших захворювань. У галузі охорони довкілля використовують здатність певних бактерій та мікроорганізмів розкладати нафту, нафтопродукти, токсичні сполуки у промислових і побутових стічних водах. Досягнення біотехнологій ми застосовуємо й у побуті. Наприклад, сучасні пральні порошки містять біодобавки, які розкладають органічні забруднення на тканинах.

Біотехнології економічно вигідні й екологічно безпечні. Однак їх розроблення передбачає проведення тривалих і складних експериментів, оскільки процеси, в яких беруть участь мікроорганізми, відбуваються досить повільно.

Найбільш перспективним для України є застосування біотехнологій у сільському господарстві та медицині, а також виробництво біопалива. Спеціалістів відповідної кваліфікації готують вищі навчальні заклади.

Органічна хімія і здоров'я людини. Переважна більшість ліків є органічними сполуками. За останні десятиліття істотно зросла кількість медичних препаратів, які дають змогу перемагати хвороби, зокрема й ті, що раніше вважали невиліковними. Учені, маючи інформацію про групи атомів, які

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Дороті-Мері Кроуфут-Ходжкін (1910—1994)

Англійський хімік і біохімік, член Лондонського королівського товариства. Досліджувала структуру амінокислот, пептидів. Здійснила рентгеноструктурний аналіз пеніциліну, вітаміну B_{12}, вивчала гемоглобін, інші білки, що містяться в крові. Встановила просторову будову молекули інсуліну, яка складається майже з 800 атомів. Виступала в багатьох країнах із лекціями про важливість цього препарату для хворих на діабет. Очолювала антивоєнний Пагуоський рух учених. Член академій наук багатьох країн. Лауреатка Нобелівської премії з хімії (1964).

містяться в молекулах органічних речовин і зумовлюють їх біологічну активність, синтезують нові сполуки. Біологи і медики після ретельних досліджень визначають, які з них є найбільш ефективними для подальшого використання в лікувальній практиці. Вагомі результати в дослідженні будови біологічно активних речовин належать нобелівській лауреатці Дороті Кроуфут-Ходжкін.

Органічна хімія і створення нових матеріалів. Розвиток сучасної техніки, виробництво комп'ютерів, засобів зв'язку і запису інформації, створення космічних апаратів, будівництво неможливі без використання нових матеріалів із необхідними механічними та фізичними 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 (мал. 116).

Синтетичні волокна мають багато переваг порівняно з природними. Завдяки кращим механічним властивостям та хімічній стійкості ці волокна з успіхом використовують у легкій промисловості (виробництво взуття,

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Мал. 116. Вироби з надстійкого полімеру — тефлону

одягу, спортивного обладнання, технічних тканин), транспортній галузі, для наукового і медичного устаткування, військових потреб. Оптичні волокна на основі органічних полімерів стали незамінними в системах передавання інформації, приладах медичної діагностики.

Матеріал, викладений у параграфі, доводить, що стійкий розвиток нашої цивілізації без впровадження досягнень органічної хімії та технології органічних речовин неможливий.

ВИСНОВКИ

Дослідження в галузі органічної хімії дають змогу вдосконалювати процеси переробки нафти, природного газу, вугілля. Розширюється сфера використання біотехнологій — процесів перетворення рослинної сировини за участю мікроорганізмів.

Сільське господарство отримує численні засоби захисту рослин, що сприяє зростанню виробництва продовольчих ресурсів.

Хіміки синтезують нові біологічно активні органічні сполуки, які виявляють високу ефективність у лікуванні багатьох хвороб.

Завдяки досягненням учених, що досліджують полімери, створюються нові матеріали із заданими властивостями, які поступово замінюють традиційні.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

?

266. Назвіть якомога більше видів природної сировини, з якої добувають органічні речовини.
267. Які вимоги, на вашу думку, мають висуватися до матеріалів на основі органічних речовин, що застосовуються:
   а) у космічній техніці;
   б) на морських суднах?
268. Уявімо ситуацію, коли запаси нафти на Землі майже вичерпалися. Якими можуть бути дії розвинутих країн із наближенням такої кризи?
269. Який рецепт приготування тіста для пирога, млинців, інших борошняних виробів можна вважати біотехнологією?
270. Як, використовуючи хімічні реакції, можна видалити домішку фенолу з газових викидів хімічного підприємства, які складаються з азоту, кисню і водяної пари?

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Післямова

У цьому навчальному році тривало ваше ознайомлення з найважливішими органічними сполуками. Ви розширили свої знання про вуглеводні — родоначальники інших органічних сполук, а також про спирти, карбонові кислоти, вуглеводи, дізналися про альдегіди, естери, аміни, ароматичні сполуки — бензен і фенол. На уроках і зі сторінок підручника ви довідалися про органічні полімери та матеріали на їх основі, біологічно активні речовини. Тепер кожний із вас знає, що органічні речовини значною мірою відрізняються від неорганічних за складом, будовою, властивостями.

Серед органічних сполук є багато важливих для людини, її здоров'я. У живому організмі відбувається безліч хімічних реакцій, під час яких органічні речовини утворюються і взаємодіють з іншими речовинами.

Сучасне життя неможливе без використання пластмас, синтетичних волокон, ефективних фармацевтичних препаратів, засобів побутової хімії. Учені вдосконалюють технологічні процеси, працюють над тим, щоб досягти якомога повнішої переробки природної органічної сировини, не забруднюючи природу й не зашкоджуючи здоров'ю людини.

Сподіваємося, що у вас сформувалося уявлення про розділ хімічної науки — органічну хімію, і ви зрозуміли, наскільки широкі перспективи відкривають перед людством досягнення в цій галузі.

Ми впевнені, що знання з хімії, отримані в 10 класі, знадобляться вам у різних життєвих ситуаціях, збагатять вашу ерудицію.

Бажаємо подальших успіхів у навчанні!

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Додаток 1

Хімічні властивості і способи добування органічних сполук

НАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ

↓

АЛКАНИ

C_nH_{2n+2}

Хімічні властивості[1]

1. Реакції заміщення

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu \text{ або } t} CH_3Cl + HCl.$$

2. Термічний розклад

$$CH_3{-}CH_3 \xrightarrow{t} CH_2{=}CH_2 + H_2; \qquad 2CH_4 \xrightarrow{t} HC{\equiv}CH + 3H_2;$$

$$C_6H_{14} \xrightarrow{t,\ k} \text{ } + 4H_2;$$

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t} CH_3{-}CH_3 + CH_2{=}CH_2.$$

3. Реакції ізомеризації

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t,\ p,\ AlCl_3} CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3.$$

Добування

У промисловості —

з нафти і газу;

$$nC + (n + 1)H_2 \xrightarrow{t,\ p,\ k} C_nH_{2n+2} \text{ (рідкі)};$$

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

---

[1] Алкани згоряють на повітрі з утворенням вуглекислого газу і води.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

НЕНАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ

АЛКЕНИ C_nH_{2n} — АЛКІНИ C_nH_{2n-2}

Хімічні властивості

1. Реакції приєднання

$CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{t,\ k} CH_3{-}CH_3$;

$CH_2{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br{-}CH_2Br$;

$CH_2{=}CH{-}CH_3 + HBr \xrightarrow{t} \rightarrow CH_3{-}CHBr{-}CH_3$;

$CH_2{=}CH{-}CH_3 + HOH \xrightarrow{t,\ p,\ k} \rightarrow CH_3{-}CHOH{-}CH_3$.

$CH{\equiv}CH \xrightarrow{+H_2,\ k} CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{+H_2,\ k} \rightarrow CH_3{-}CH_3$;

$CH{\equiv}CH \xrightarrow{+Br_2} CHBr{=}CHBr \xrightarrow{+Br_2} \rightarrow CHBr_2{-}CHBr_2$;

$CH{\equiv}CH \xrightarrow{+HCl,\ t,\ k} CH_2{=}CHCl \xrightarrow{+HCl} \rightarrow CH_3{-}CHCl_2$;

$CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{t,\ Hg^{2+},\ H^+} CH_3{-}C(=O){-}H$.

2. Реакції полімеризації

$nCH_2{=}CH_2 \xrightarrow{t,\ p,\ k} (-CH_2{-}CH_2-)_n$.

Позапрограмний матеріал

3. Реакції окиснення[1]

$CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{+[O],\ H_2O} CH_2(OH){-}CH_2(OH)$.

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

Добування

У промисловості — з нафти та інших природних джерел;

$CH_3{-}CH_3 \xrightarrow{t} CH_2{=}CH_2 + H_2$.

У лабораторії —

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

$(-CH_2{-}CH_2-)_n \xrightarrow{t} nCH_2{=}CH_2\uparrow$.

У промисловості —

$2CH_4 \xrightarrow{t} C_2H_2 + 3H_2$;

$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2\uparrow + Ca(OH)_2$.

У лабораторії —

$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2\uparrow + Ca(OH)_2$.

[1] Алкени й алкіни згоряють на повітрі з утворенням вуглекислого газу і води.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

АРОМАТИЧНІ ВУГЛЕВОДНІ

↓

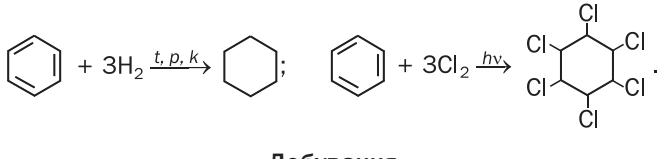
АРЕНИ
(бензен C_6H_6)

Хімічні властивості[1]

1. Реакції заміщення

$$C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{t,\ FeCl_3} C_6H_5Cl + HCl.$$

2. Реакції приєднання



Добування

У промисловості —

з нафти та інших природних джерел;

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{t,\ k} C_6H_6 + 4H_2.$$

ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

СПИРТИ	ФЕНОЛ
$C_nH_{2n+1}OH$, $C_nH_{n+2}(OH)_n$	C_6H_5OH

Хімічні властивості

1. Реакції з активними металами

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2\uparrow;$$

$$2CH_2(OH){-}CH(OH){-}CH_2(OH) + 6Na \rightarrow 2CH_2(ONa){-}CH(ONa){-}CH_2(ONa) + 3H_2\uparrow.$$

$$2C_6H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_6H_5ONa + H_2\uparrow.$$

2. Реакції з лугами

—

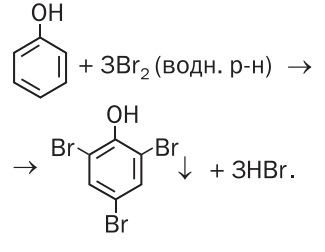
$$C_6H_5OH + NaOH \rightleftarrows C_6H_5ONa + H_2O.$$

[1] Арени згоряють на повітрі з утворенням вуглекислого газу і води.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

3. Реакції з галогенами

Позапрограмний матеріал



4. Реакції з галогеноводнями

$C_2H_5OH + HBr \rightleftarrows C_2H_5Br + H_2O.$ | —

5. Реакції з кислотами

$C_2H_5OH + CH_3COOH \xrightarrow{H_2SO_4\ (конц.)} \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O.$ | Позапрограмний матеріал

6. Реакції дегідратації

міжмолекулярної:

$2C_2H_5OH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4\ (конц.)} \rightarrow C_2H_5{-}O{-}C_2H_5 + H_2O;$

внутрішньомолекулярної:

$C_2H_5OH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4\ (конц.)} \rightarrow CH_2{=}CH_2\uparrow + H_2O.$ | —

7. Реакції окиснення[1]

первинних спиртів:

$CH_3{-}CH_2OH + [O] \xrightarrow{t} CH_3{-}C\overset{O}{\underset{H}{}} + H_2O.$ | Позапрограмний матеріал

8. Реакції з деякими гідроксидами, солями

Багатоа́томні спирти, молекули яких містять дві сусідні групи ОН, взаємодіють з купрум(II) гідроксидом з утворенням розчинних сполук синього кольору. | Фенол взаємодіє з ферум(III) хлоридом з утворенням розчинної сполуки фіалкового кольору.

[1] Спирти згоряють на повітрі з утворенням вуглекислого газу і води.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Добування

У промисловості —

$CO + 2H_2 \xrightarrow{t, p, k} CH_3OH$;

$CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{t, p, k} C_2H_5OH$;

$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{ферменти} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$.

У промисловості —

з кам'яновугільної смоли;
із продуктів переробки нафти — бензену і пропену.

ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

АЛЬДЕГІДИ

$C_nH_{2n+1}-C(=O)-H$

КАРБОНОВІ КИСЛОТИ

$C_nH_{2n+1}-C(=O)-OH$

(одноосно́вні)

Хімічні властивості[1]

1. Реакції приєднання

$CH_3-C(=O)-H + H_2 \xrightarrow{t, k} CH_3-CH_2OH$.

2. Реакції окиснення

$CH_3-C(=O)-H \xrightarrow{[O]} CH_3-C(=O)-OH$;

$CH_3-C(=O)-H + Ag_2O + NH_3 \xrightarrow{t, H_2O}$

$\rightarrow CH_3-C(=O)-ONH_4 + 2Ag\downarrow$;

$CH_3-C(=O)-H + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t}$

$\rightarrow CH_3-C(=O)-OH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$.

1. Реакції з металами

$2CH_3COOH + Mg \rightarrow (CH_3COO)_2Mg + H_2\uparrow$.

2. Реакції з осно́вними оксидами

$2CH_3COOH + BaO \rightarrow$
$\rightarrow (CH_3COO)_2Ba + H_2O$.

3. Реакції з основами

$2CH_3COOH + Cu(OH)_2 \rightarrow$
$\rightarrow (CH_3COO)_2Cu + 2H_2O$.

4. Реакції із солями

$2CH_3COOH + CaCO_3 \rightarrow$
$\rightarrow (CH_3COO)_2Ca + CO_2\uparrow + 2H_2O$.

5. Реакції зі спиртами

$CH_3COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4\ (конц.)}$
$\rightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$.

6. Реакції окиснення метанової кислоти:

$HCOOH + Ag_2O + 2NH_3 \rightarrow 2Ag\downarrow +$
$+ (NH_4)_2CO_3$;
$HCOOH + [O] \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O$.

[1] Альдегіди і пари кислот згоряють на повітрі з утворенням вуглекислого газу і води.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Добування

У промисловості —

$CH_2{=}CH_2 + [O] \xrightarrow{k} CH_3{-}C(=O)H$;

$CH_3{-}CH_2OH + [O] \xrightarrow{k,\ t} CH_3{-}C(=O)H + H_2O$;

$CH_3{-}CH_2OH \xrightarrow{k,\ t} CH_3{-}C(=O)H + H_2$.

У лабораторії —

$CH_3{-}CH_2OH + [O] \xrightarrow{t} CH_3{-}C(=O)H + H_2O$.

У промисловості —

$2CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 + 5O_2 \xrightarrow{t,\ p,\ k} \rightarrow 4CH_3COOH + 2H_2O$;

$2CH_4 + 3O_2 \xrightarrow{t,\ k} 2HCOOH + 2H_2O$;

$CH_3{-}C(=O)H \xrightarrow{+[O]} CH_3{-}C(=O)OH$;

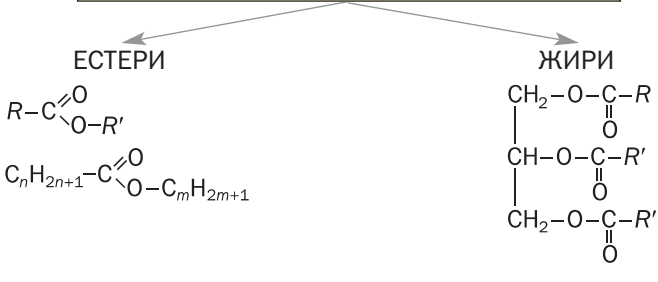
$CH_3{-}CH_2OH \xrightarrow[-H_2O]{+[O],\ k,\ t} CH_3{-}C(=O)H \xrightarrow{+[O]} \rightarrow CH_3{-}C(=O)OH$.

У лабораторії —

$2R\text{COONa} + H_2SO_4 \rightarrow 2R\text{COOH} + Na_2SO_4$.

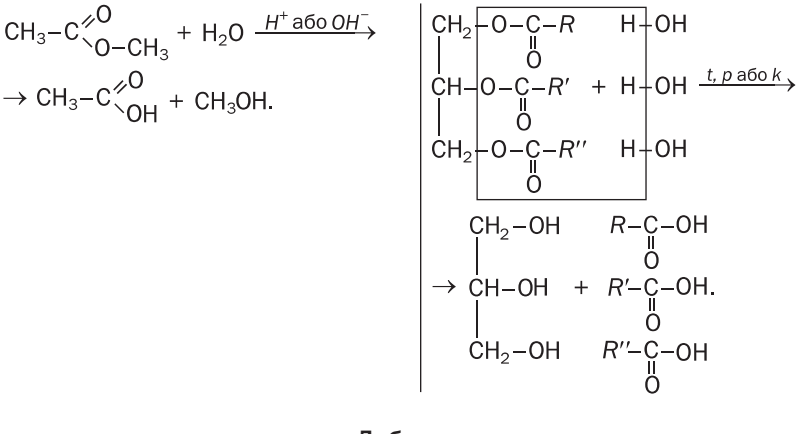
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ



Хімічні властивості[1]

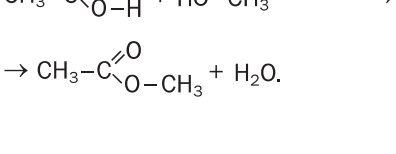
Реакції гідролізу



Добування

У промисловості — виділяють із природної сировини;

У лабораторії —



У промисловості — виділяють із природної сировини.

[1] Естери і жири згоряють на повітрі з утворенням вуглекислого газу і води.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

ВУГЛЕВОДИ

МОНОСАХАРИДИ

глюкоза
$C_6H_{12}O_6$

ДИСАХАРИДИ

сахароза
$C_{12}H_{22}O_{11}$

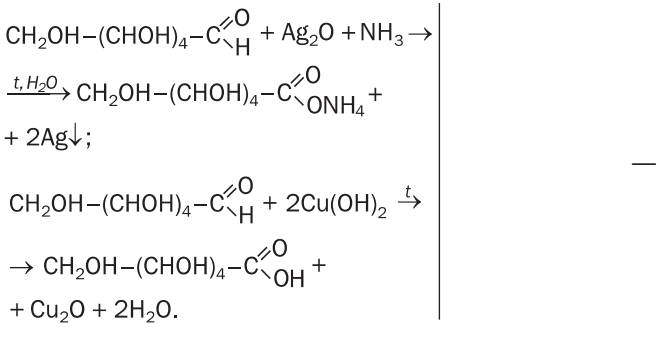
Хімічні властивості

1. Реакції гідролізу

—

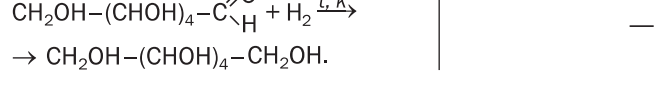
$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{k \text{ або } t,\ H_2SO_4} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6.$
глюкоза фруктоза

2. Реакції окиснення



—

3. Реакції відновлення



—

4. Реакції бродіння

спиртове:
$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow;$

молочнокисле:
$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3{-}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}{-}COOH.$

—

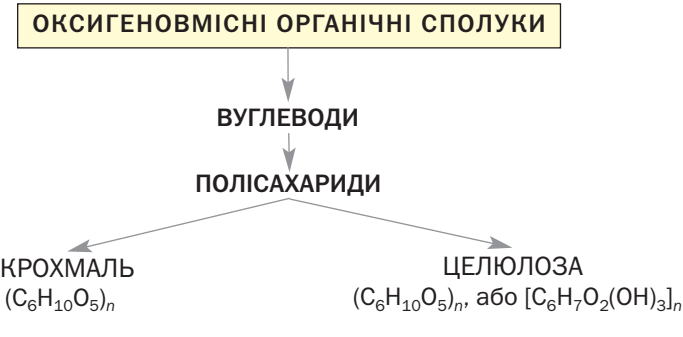
Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

5. Реакції з деякими гідроксидами

Глюкоза взаємодіє з купрум(II) гідроксидом з утворенням розчинної сполуки синього кольору.	Сахароза взаємодіє з купрум(II) гідроксидом (продукт реакції — розчинна сполука синього кольору), кальцій гідроксидом.

Добування

У промисловості — гідроліз природних сполук — крохмалю, сахарози.	У промисловості — вилучають із рослин — цукрового буряку, цукрової тростини.



Хімічні властивості[1]

Реакції гідролізу

$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{t,\ H^+} nC_6H_{12}O_6$.	$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{t,\ H^+} nC_6H_{12}O_6$.

Добування

У промисловості — з картоплі, кукурудзи.	У промисловості — з деревини, соломи.

[1] Целюлоза згоряє на повітрі з утворенням вуглекислого газу і води.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

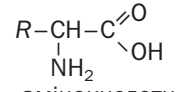
НІТРОГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

АМІНИ

$C_nH_{2n+1}–NH_2$
(насичені, первинні)

$C_6H_5–NH_2$
(анілін)

АМІНОКИСЛОТИ



α-амінокислоти

Хімічні властивості

1. Реакції з водою

$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftarrows CH_3NH_3^+ + OH^-$.
У водних розчинах насичених амінів — лужне середовище.

У водних розчинах α-амінокислот — майже нейтральне середовище.

2. Реакції з кислотами

$CH_3NH_2 + HCl \rightarrow [CH_3NH_3]Cl$;
$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow [C_6H_5NH_3]Cl$.

$NH_2CH_2COOH + HCl \rightarrow$
$\rightarrow [NH_3CH_2COOH]Cl$.

3. Реакції з основами

—

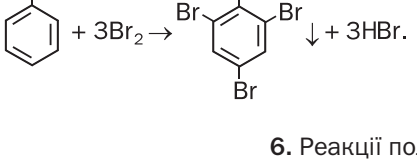
$NH_2CH_2COOH + NaOH \rightarrow$
$\rightarrow NH_2CH_2COONa + H_2O$.

4. Реакції окиснення

Анілін легко окиснюється на повітрі[1].

—

5. Реакція з бромною водою



5. Реакція з купрум(II) гідроксидом

α-Амінокислота взаємодіє з купрум(II) гідроксидом з утворенням розчинної сполуки синього кольору.

6. Реакції поліконденсації

—

$nR–CH(NH_2)–COOH \xrightarrow[-nH_2O]{} \rightarrow$ пептиди, білки.

Добування

У промисловості —

$C_6H_5NO_2 + 3H_2 \xrightarrow{t,\ k} C_6H_5NH_2 + 2H_2O$.

У промисловості та лабораторії — гідроліз білків, мікробіологічний синтез, синтетичні методи.

---

[1] Аміни згоряють на повітрі з утворенням вуглекислого газу, азоту і води.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Додаток 2

Якісні реакції на деякі органічні сполуки

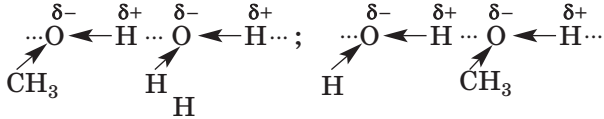
Назва або тип сполуки	Реагент, умови перебігу реакції	Зовнішній ефект
Алкен, алкін	Бромна вода	Знебарвлення бурого розчину
	Водний розчин $KMnO_4$	Знебарвлення фіалкового розчину й утворення бурого осаду MnO_2
Спирт (одноа́томний)	CuO, нагрівання	Зміна кольору твердої речовини на темно-червоний («мідний»), поява нового запаху
Гліцерол, глюкоза	$Cu(OH)_2$, без нагрівання	Утворення синього розчину
Фенол	Бромна вода	Знебарвлення бурого розчину й утворення білого осаду
	Водний розчин $FeCl_3$	Розчин забарвлюється у фіалковий колір
Альдегід, метанова кислота, глюкоза	Амоніачний розчин Ag_2O, нагрівання	Утворення «срібного дзеркала»
Альдегід, метанова кислота, глюкоза	$Cu(OH)_2$, нагрівання	Зміна кольору осаду на червоний
Етанова кислота, ацетат	Водний розчин $FeCl_3$	Поява темно-червоного забарвлення
Крохмаль	Спиртовий розчин I_2	Поява темно-синього забарвлення
Анілін	Бромна вода	Знебарвлення бурого розчину й утворення білого осаду
	Водний розчин хлорного вапна	Розчин забарвлюється у фіалковий колір
α-Амінокислота	$Cu(OH)_2$	Утворення синього розчину
Білок	$Cu(OH)_2$	Утворення фіалкового розчину
	HNO_3(конц.)	Утворення нерозчинних речовин жовтого кольору

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

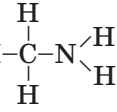
Відповіді до задач і вправ

Розділ 1.
Теорія будови органічних сполук

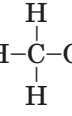
5. Можливі приклади — метиловий спирт CH_3OH, мурашина кислота HCOOH.
6. В етиловому спирті: $w(C) = 52{,}2\ \%$.
7. ρ(сполуки) = 2,946 г/л; D_{H_2}(сполуки) = 33.
10. *а, б, в, ґ, д*.
11. *в*) так.
12. Зв'язок C–O в молекулі етеру, зв'язок O–H у молекулі спирту.
18.



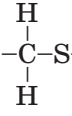
21. CH_3NH_2;



22. C_7H_{16}.
23. а) CH_4; б) C_2H_6.
24. C_6H_{14}.
25. а) CH_3OH,



б) CH_3SH,



26. Так.

Розділ 2.
Вуглеводні

30. Кількість ізомерів — 3: *н*-пентан, метилбутан і диметилпропан.
31. 1б, 2в, 3г, 4а.
32. Кількість ізомерів — 7.
33. Ізомери — сполуки з формулою C_8H_{18}.
34. $\rho(C_4H_{10}) = 2{,}59$ г/л; $D_{H_2}(C_4H_{10}) = 29$.
35. Алкан — диметилпропан.
38. Реакції аналогічні тим, які відбуваються за участю хлору.
40. V(пов.) = 77,9 м^3.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

41. $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$; $\Delta H = -2200$ кДж;
$2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$; $\Delta H = -5760$ кДж.
42. M(суміші) = 54,2 г/моль.
43. а) C_7H_{16}; б) CH_4; в) C_3H_8.
44. C_9H_{20}.
45. CH_3Br.
46. C_2Cl_6.
47. C_4H_{10}.
48. C_2H_6.
49. $C_2H_4Br_2$; C_2H_6.
51. 1в, 2б, 3а.
54. Структурних ізомерів — 5: пент-1-ен, пент-2-ен, 2-метилбут-1-ен, 3-метилбут-1-ен, 2-метилбут-2-ен.
55. Один (2,3,3-триметилбут-1-ен).
56. а) C_5H_{10}; б) C_3H_6.
60. $C_nH_{2n} + \frac{3n}{2}O_2 \rightarrow nCO_2 + nH_2O$.
61. C_3H_6.
63. а) пент-1-ін; б) 4-метилгекс-2-ін; в) 4,4-диметилпент-2-ін.
65. Всього — 3 ізомери: пент-1-ін, пент-2-ін, метилбут-1-ін.
67. Метилбут-1-ін; 1,2-дибромо-3-метилбут-1-ен; 1,1,2,2-тетрабромо-3-метилбутан.
69. $V(H_2) = 4,48$ л.
70. $V(CO_2) = 1,2$ л.
71. а, б, в — C_5H_8.
78. $m(C_6H_{12}) = 16,8$ г.
79. C_6H_6.
80. $\varphi(C_2H_2) = 0,6$; $\varphi(C_6H_6) = 0,4$.
84. а) $\varphi(C_2H_2) = \varphi(H_2) = 4/9$; $\varphi(C_2H_4) = 1/9$;
б) M(суміші) = 15,6 г/моль.
85. $V(C_2H_2) : V(C_6H_6) = 1 : 1$.

Розділ 3.
Оксигеновмісні органічні сполуки

90. а) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-\underset{|}{CH}(CH_3)-CH_2-CH_3$; б) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-CH_3$;
в) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}(C_2H_5)-CH_2-CH_3$.

91. Таких спиртів — 4: 2-метилбутан-1-ол, 3-метилбутан-1-ол, 2-метилбутан-2-ол, 3-метилбутан-2-ол.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

92. Кількість атомів Карбону в молекулі спирту: а) п'ять; б) шість; в) два; г) один.
93. $C_4H_7(OH)_3$. Скористайтеся загальною формулою для трьохáтомних спиртів $C_nH_{2n-1}(OH)_3$.
94. C_3H_7OH.
95. $C_3H_5(OH)_3$.
103. $m(Na) = 0{,}46$ г; V(спирту) = 1,16 мл.
104. $w(C_2H_5OH) = 6\ \%$.
105. $V(C_2H_4) = 905$ л.
106. Два розв'язки.
109. $V(H_2) = 3{,}36$ л.
110. w(гліцеролу) = 33,8 %.
111. $C_3H_5(OH)_3$.
113. $C_2H_4(OH)_2$.
119. C_6H_5OH.
125. $C_nH_{2n+1}OH + [O] \rightarrow C_{n-1}H_{2n-1}CHO + H_2O$ ($n = 1, 2, \ldots$) або $C_{n+1}H_{2n+3}OH + [O] \rightarrow C_nH_{2n+1}CHO + H_2O$ ($n = 0, 1, \ldots$).
126. Альдегід — диметилпропаналь.
127. Ні.
130. б) 2,3-диметилпентанова кислота; в) 3-бромопропанова кислота.
132. Таких кислот — 4: пентанова, 2-метилбутанова, 3-метилбутанова, диметилпропанова.
133. Таких кислот — 4: 2-етилбутанова, 2,2-диметилбутанова, 2,3-диметилбутанова, 3,3-диметилбутанова.
134. а) $C_6H_{13}COOH$; б) C_4H_9COOH.
135. 2,3-диметилбутанова кислота.
136. CH_3COOH.
143. а) w(к-ти) = 40 %; б) w(к-ти) = 44,5 %; в) w(к-ти) = 49,6 %.
144. m(р-ну) = 10 г.
145. V(води) = 2086,5 мл.
146. $w(HCOOH) = 60{,}5\ \%$.
147. m(етанолу) = 47,2 кг.
148. w(води) = 10,2 %.
149. Фенол не містив помітної кількості домішок.
150. $m(CH_3CHO) = 12{,}1$ г.
151. $V(H_2) = 3{,}1$ л.
152. w(дом.) = 5,4 %.
153. $m(CO_2) = 3{,}3$ т.
160. $m(CH_3OH) = 8$ г.
165. m(р-ну) = 2,79 т.
166. m(гліцеролу) = 1,02 кг.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

171. m(води) = 460 г.
172. m(5 %-го р-ну) = 150 г; m(25 %-го р-ну) = 50 г.
173. m(Ag) = 86,4 г.
174. $V(CO_2)$ = 22,4 л.
175. m(глюкози) = 12 г.
179. w(C) = 40 %.
180. а) ненасичений розчин; б) насичений розчин.
181. m(цукру) = 22,2 г, m(10 %-го р-ну) = 177,8 г.
182. На моносахариди перетворилося 95 % сахарози.
184. m(кисню) = 118,5 т.
186. m(етанолу) = 113,6 кг.

Розділ 4.
Нітрогеновмісні органічні сполуки

200. w(дом.) = 11,4 %.
201. а) $C_4H_9NH_2$; б) $C_2H_5NH_2$.
202. CH_3NH_2.
206. $m(C_6H_5NO_2)$ = 278,4 кг.
214. m(к-ти) = 20 г.
215. w(гліцину) = 45,7 %.
222. m(N) ≈ 2 г.

Розділ 5.
Синтетичні високомолекулярні органічні сполуки і матеріали на їх основі

228. $CClF{=}CF_2$. Так.
233. а) $N(-NH-CO-) = 1{,}8 \cdot 10^{24}$; б) $N(-NH-CO-) = 1 \cdot 10^{23}$.
238. w(C) = 38,4 %; w(Cl) = 56,8 %.
247. w(Cl) = 40,1 %.

Розділ 6.
Взаємоперетворення органічних речовин. Органічні сполуки в житті людини і суспільства

252. Молекули. Солі органічних кислот складаються з йонів, амінокислоти — з біполярних йонів.
258. Два вуглеводні — бутан та ізобутан.
259. Пропанова кислота.
260. w(бензену) = 6 %.
264. M_r(вітаміну) = 376.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Словник термінів

Алкадієни — вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг із двома подвійними зв'язками.

Алкани — насичені вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг.

Алкени — вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг з одним подвійним зв'язком.

Алкіни — вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг з одним потрійним зв'язком.

Альдегіди — речовини, в молекулах яких альдегідна група сполучена з атомом Гідрогену або вуглеводневим залишком.

Альдегідна група — група атомів $-C\overset{O}{\underset{H}{<}}$.

Аміни — продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулах амоніаку NH_3 на вуглеводневі залишки.

Аміногрупа — група атомів $-NH_2$.

Амінокислоти — похідні вуглеводнів, у молекулах яких містяться аміно- і карбоксильні групи.

α-Амінокислоти — амінокислоти, в молекулах яких аміногрупа сполучена з найближчим до карбоксильної групи атомом Карбону.

Антибіотики — речовини, що «синтезуються» деякими мікроорганізмами та рослинами і мають протибактеріальну та противірусну дію.

Арени, або *ароматичні вуглеводні,* — вуглеводні, в молекулах яких міститься одне або кілька бензенових кілець.

Багатоа́томні спирти — спирти, в молекулах яких міститься кілька гідроксильних груп.

Білки — поліпептиди, які складаються із фрагментів молекул α-амінокислот і виконують особливі функції в живих організмах.

Біологічно активні речовини — речовини, які активно впливають на різноманітні процеси в живих організмах.

Біотехнологія — технологія, яка ґрунтується на перетворенні речовин за участю мікроорганізмів або продуктів їхньої життєдіяльності.

Біполярний йон — йон, який має на двох атомах однакові протилежні заряди.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Біуретова реакція — якісна реакція на пептидні групи в молекулах.

Високомолекулярні сполуки — речовини, які мають відносну молекулярну масу від кількох тисяч до десятків мільйонів.

Вищі карбонові кислоти — карбонові кислоти, молекули яких містять 10 і більше атомів Карбону.

Вітаміни — органічні сполуки, необхідні організму в незначній кількості для здійснення важливих біохімічних і фізіологічних процесів.

Водневий зв'язок — електростатична взаємодія між молекулами за участю атомів Гідрогену.

Волокна — довгі гнучкі нитки із природних або синтетичних полімерів.

Вторинна структура білка — певна просторова форма, якої набуває поліпептидний ланцюг.

Вуглеводи — органічні сполуки із загальною формулою $C_n(H_2O)_m$.

Вуглеводневий залишок — замісник або частина молекули органічної сполуки, що складається з атомів Карбону й Гідрогену.

Вуглеводні — сполуки Карбону з Гідрогеном.

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 й різняться на одну або кілька груп атомів CH_2.

Денатурація білка — втрата білком біологічних функцій унаслідок руйнування його просторової структури.

Дисахариди — вуглеводи, молекули яких складаються із двох залишків молекул одного або двох моносахаридів.

Еластичність — здатність матеріалу після деформації відновлювати свою форму.

Елементарна ланка — група сполучених атомів, яка багаторазово повторюється в макромолекулі полімеру.

Естери[1] — похідні карбонових кислот, у молекулах яких атом Гідрогену карбоксильної групи заміщений на вуглеводневий залишок.

---

[1] Інший термін — складні ефіри.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Етери[1] — органічні сполуки, в молекулах яких атом Оксигену сполучений із двома вуглеводневими залишками.

Жири — естери гліцеролу і вищих карбонових кислот.

Замісник — атом[2] або група атомів, що є відгалуженням у карбоновому ланцюзі.

Ізомери — сполуки, які мають однаковий склад, але різну будову молекул.

Істинна формула — формула, яка відповідає реальному складу молекули.

Карбоксильна група — група атомів $-C\begin{matrix}=O\\ \diagdown OH\end{matrix}$.

Карбонільна група — група атомів $\rangle C{=}O$.

Карбонові кислоти — речовини, в молекулах яких карбоксильна група сполучена з атомом Гідрогену або вуглеводневим залишком.

Каучуки — полімери рослинного або синтетичного походження, з яких виготовляють гуму.

Ксантопротеїнова реакція — якісна реакція на фрагменти молекул ароматичних амінокислот у молекулі білка.

Макромолекула — молекула полімеру (високомолекулярної сполуки).

Мила́ — солі лужних елементів і вищих карбонових кислот.

Мономер — вихідна речовина в реакції полімеризації або поліконденсації.

Моносахариди — вуглеводи із загальною формулою $C_n(H_2O)_m$, в якій n і m можуть мати значення 5 і/або 6.

Найпростіша формула — формула, яка відповідає співвідношенню кількості атомів елементів у молекулі.

Насичені вуглеводні — вуглеводні, в молекулах яких атоми Карбону сполучені простими ковалентними зв'язками.

Незамінні α-амінокислоти — амінокислоти, необхідні для синтезу білків в організмах.

Ненасичені вуглеводні — вуглеводні, в молекулах яких атоми Карбону сполучені не лише простими ковалентними зв'язками, а й кратними зв'язками.

Одноа́томні спирти — спирти, в молекулах яких міститься одна гідроксильна група.

---

[1] Інший термін — прості ефіри.

[2] Крім атома Гідрогену.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

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 залишків молекул амінокислот, з'єднаних пептидними групами.

Пептидна група — група атомів –CO–NH–.

Первинна структура білка — поліпептидний ланцюг із чіткою послідовністю амінокислотних залишків.

Пластмаси — матеріали на основі полімерів, здатні при нагріванні й під тиском набувати певної форми і зберігати її.

Полімери — сполуки, молекули яких складаються з великої кількості однакових 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.

Реакції бродіння — перетворення органічних сполук (вуглеводів) за участю мікроорганізмів або виділених із них ферментів.

Реакція галогенування — реакція органічної речовини з галогеном.

Реакція гідратації — реакція сполучення речовини з водою.

Реакція гідрування — реакція сполучення речовини з воднем.

Реакція дегідратації — реакція відщеплення води від речовини.

Реакція дегідрування — реакція відщеплення водню від речовини.

Реакція естерифікації — реакція між спиртом і кислотою з утворенням естеру і води.

Реакція ізомеризації — реакція перетворення сполуки на її ізомер.

Реакція заміщення (в органічній хімії) — реакція, в якій атоми в молекулах органічної сполуки заміщуються на інші атоми або групи атомів.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Реакція поліконденсації — реакція утворення полімеру в результаті взаємодії характеристичних груп молекул мономера з виділенням води, амоніаку, хлороводню.

Реакція полімеризації — реакція утворення полімеру в результаті послідовного сполучення молекул мономера за рахунок розриву одного зі складників кратного зв'язку.

Реакція приєднання — те саме, що й реакція сполучення.

Реакція хлорування — реакція органічної сполуки з хлором.

Систематична номенклатура — система назв речовин, згідно з якою кожній речовині надають назву, що вказує на її склад і будову.

Спирти — похідні вуглеводнів, молекули яких містять одну або кілька гідроксильних груп.

Співполімер — речовина, яка утворилася в реакції полімеризації за участю двох сполук (мономерів).

Структурна ізомерія — ізомерія, зумовлена різною послідовністю сполучення атомів у молекулах, а також різним розміщенням у них кратних зв'язків, характеристичних груп.

Ступінь полімеризації — кількість елементарних ланок у макромолекулі полімеру.

Термопластичні полімери — полімери, які після нагрівання й подальшого охолодження зберігають свої властивості.

Термореактивні полімери — полімери, які під час нагрівання зазнають змін у будові, втрачають здатність плавитись і деякі інші властивості.

Третинна структура білка — форма молекули білка, яка утворюється внаслідок згортання спіралі поліпептидного ланцюга у клубок (глобулу).

Ферменти — група речовин білкової природи, які є каталізаторами біохімічних реакцій в організмах.

Характеристична (функціональна) група — група атомів у молекулах сполук даного класу, яка зумовлює їхні характерні хімічні властивості.

Цикл — замкнений ланцюг зі сполучених атомів у молекулі.

Циклоалкани — насичені вуглеводні, молекули яких мають циклічну будову.

Четвертинна структура білка — єдиний комплекс, у якому об'єднано кілька глобул молекул білка.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Предметний покажчик

А

Алкадієни 54
Алкалоїди 218
Алкани 27
  ізомерія 27
  назви 28
  фізичні властивості 34
  хімічні властивості 35
Алкени 45
  ізомерія 48
  назви 46
  фізичні властивості 50
  хімічні властивості 50
Алкіни 55
  ізомерія 56
  назви 56
  фізичні властивості 56
  хімічні властивості 56
Альдегіди 101
  будова молекул 103
  добування 105
  застосування 106
  назви 102
  фізичні властивості 103
  хімічні властивості 104
Альдегідна група 101
Амілоза 147
Амілопектин 147
Аміни 155
  насичені 156
    будова молекул 156
    назви 156
    фізичні властивості 157
    хімічні властивості 157
Аміногрупа 155
Амінокислоти 164
  будова 166
  властивості 167
  назви 165
  незамінні 165
Анілін 160
  будова молекули 160
  добування 162
  хімічні властивості 161
Антибіотики 217
Арени
  див. Ароматичні вуглеводні
Ароматичні вуглеводні 65
Аскорбінова кислота (вітамін С) 213
Ацетилен *див.* Етин
Ацетон 108

Б

Бензен (бензол) 60
  будова молекули 60
  фізичні властивості 63
  хімічні властивості 63
Бензин 74
Білки 170
  будова молекул 171
  властивості 172
  склад 171
Біологічно активні речовини 211
Біполярний йон 166
Бродіння
  молочнокисле 140
  спиртове 87, 140
Бутадієн 54, 194

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

В

Високомолекулярні
  сполуки 8, 177
Вітаміни 212
  водорозчинні 213
  жиророзчинні 214
Водневий зв'язок 19
Волокна 199
  класифікація 199
  природні 199
  синтетичні 201
  хімічні 200
  штучні 200
Волокно
  ацетатне 201
  віскозне 201
  поліамідне 202
  поліестерне 201
Вуглеводи 136
  класифікація 136
Вуглеводневий залишок 29
Вуглеводні 6, 26
  ароматичні 65
  добування 67
  застосування 69
  класифікація 26
  насичені 7
  ненасичені 7
Вулканізація 195

Г

Гліцерол (гліцерин) 91
  добування 93
  застосування 93
  фізичні властивості 91
  хімічні властивості 92
Глюкоза 136
  будова молекули 136
  використання 140
  властивості 138
  добування 140
Гомологи 27
Гомологічна різниця 27
Гомологічний ряд 27
Гума 195

Д

Денатурація білків 173
Дисахариди 136, 142

Е

Ебоніт 196
Еластичність 192
Елементарна ланка 178
Естери 117, 125
  властивості 126
  добування 125
  назви 125
Етаналь 102
Етен
  будова молекули 17
  властивості 50
  добування 69, 181
Етери 80, 85
Етиленгліколь 91
Етин
  будова молекули 18
  властивості 56, 106
  добування 68

Ж

Жири 129
  властивості 132
  гідроліз 132
  гідрування 133
  застосування 134
  класифікація 131
  окиснення 134
  омилення 133

З

Замісник 29

І

Ізомери 13
Ізомерія 13
Ізопрен 194

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Й

Йонний зв'язок 19

К

Капрон 202, 209
Карбоксильна група 109
Карбонільна група 101
Карбонові кислоти 109
  вищі 111
  жирні 130
  ізомерія 112
  класифікація 110
  назви 111
  одноосно́вні 110, 114
    будова молекул 114
    дисоціація 116
    добування 118
    застосування 119
    фізичні властивості 115
    хімічні властивості 116
  поширеність 110
Каучуки 192
  природний 193
  синтетичні 194
    бутадієновий 194
    ізопреновий 194
    хлоропреновий 194
Кислота
  мурашина 111, 118
  олеїнова 110, 130
  оцтова 112
  пальмітинова 112, 130
  стеаринова 112, 130
Ковалентний зв'язок 15
Крохмаль 146
  добування 148
  застосування 148
  склад 147
  хімічні властивості 147

Л

Лавсан 201
Лактоза 142

М

Макромолекула 178
Мальтоза 142
Метан
  будова молекули 16
Мила 133
Мономер 179
Моносахариди 136

Н

Найлон 202
Нафта 74
  перегонка 74
Нітрогліцерин 128
Номенклатура
  систематична 6

О

Органічна хімія 26
Органічні сполуки 5
  класифікація 7
  назви 6
Оцтовий альдегід
  див. Етаналь

П

Парафін 35, 70
Пептид 167
Пептидна група 168
Пластмаси 186
Полівінілхлорид 184, 188
Поліетилен 53, 181, 186
Полімери 178
  лінійні 179
  розгалужені 179
  сітчасті (просторові) 179
  термопластичні 180
  термореактивні 181
  фізичні властивості 180
  хімічні властивості 181
Поліпропілен 188
Полісахариди 136, 146
Полістирол 189

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Політетрафторетилен 188
Полярність зв'язку 18

Р

Реакція
біуретова 174
бромування 50
галогенування 36, 50
гідратації 50
гідролізу 125
гідрування 50, 57, 64, 67
дегідратації 69, 85
дегідрування 68
естерифікації 117, 125
ізомеризації 37
ксантопротеїнова 175
поліконденсації 184
полімеризації 53, 183
«срібного дзеркала» 104, 118, 138
хлорування 36, 64

С

Сахароза 142
будова молекули 143
добування 144
застосування 144
хімічні властивості 143
Середня молекулярна маса полімеру 179
Спирти 77
багатоа́томні 77, 91
вторинні 78
ізомерія 79
класифікація 77
назви 78
одноа́томні 77, 83
будова молекул 83
добування 87
застосування 88
фізичні властивості 84
хімічні властивості 84
первинні 78
третинні 78
Співполімер 184
Стирол 184, 189
Ступінь полімеризації 178

Т

Теорія будови органічних сполук 10
Тефлон
див. Політетрафторетилен
Тригліцериди 129

Ф

Фенол 95
будова молекули 95
застосування 99
фізичні властивості 96
хімічні властивості 97
Фенолоформальдегідні смоли 190
Фенопласти 190
Ферменти 87, 216
Формальдегід 103
Формула
істинна 23
найпростіша 23
Фруктоза 137
Функціональна група
див. Характеристична група

Х

Характеристична група 8
Хлоропрен 194

Ц

Целюлоза 146, 148
властивості 149
добування 150
застосування 150
склад 149
Циклоалкани 39

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Література для учнів

1. Василега М. Д. Цікава хімія / М. Д. Василега. — К. : Рад. шк., 1989. — 188 с.
2. Вороненко Т. І. Хімія щодня. Це треба знати кожному / Тетяна Вороненко, Тетяна Іваха. — К. : Шк. світ, 2011. — 128 с.
3. Котляр З. В. Хімія елементів / З. В. Котляр, В. М. Котляр. — К. : Вид. дім «Перше вересня», 2016. — 224 с.
4. Лєєнсон І. А. Дивовижна хімія / І. А. Лєєнсон. — Х. : Ранок, 2011. — 176 с.
5. Смаль Ю. Цікава хімія. Життєпис речовин / Юля Смаль. — Львів : Вид-во Старого Лева, 2016. — 112 с.

Інтернет-сайти, які містять цікавий матеріал з хімії

1. http://chemistry-chemists.com
2. https://www.facebook.com/www.chemisjohn.org
3. http://www.thoughtco.com/chemistry-4133594

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Зміст

Шановні десятикласники! 3

1 розділ
Теорія будови органічних сполук

§ 1. Органічні сполуки 5
§ 2. Теорія будови органічних сполук.....10
§ 3. Хімічний зв'язок в органічних сполуках 15
§ 4. Розв'язування задач на виведення хімічної формули речовини (I) 21

2 розділ
Вуглеводні

§ 5. Алкани 27
§ 6. Властивості алканів.....34
Для допитливих. Циклоалкани.....39
§ 7. Розв'язування задач на виведення хімічної формули речовини (II) 40
§ 8. Алкени 45
§ 9. Властивості алкенів.....50
Для допитливих. Алкадієни 54
§ 10. Алкіни.....55
§ 11. Бензен. Арени.....60
§ 12. Добування і застосування вуглеводнів.....67
Для допитливих. Перегонка нафти 73

3 розділ
Оксигеновмісні органічні сполуки

§ 13. Спирти.....76
§ 14. Насичені одноатомні спирти 83

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

§ 15. Багатоатомні спирти. Гліцерол 91
§ 16. Фенол 95
§ 17. Альдегіди 101
Для допитливих. Ацетон 108
§ 18. Карбонові кислоти 109
§ 19. Насичені одноосновні карбонові кислоти 114
§ 20. Розв'язування задач у разі наявності домішок у реагентах 121
§ 21. Естери 124
Для допитливих. Нітрогліцерин 128
§ 22. Жири 129
§ 23. Вуглеводи. Глюкоза 135
§ 24. Дисахариди. Сахароза 141
§ 25. Полісахариди. Крохмаль, целюлоза 145
Практична робота. Розв'язування експериментальних задач 152

4 розділ
Нітрогеновмісні органічні сполуки

§ 26. Аміни 154
§ 27. Анілін 160
§ 28. Амінокислоти 164
§ 29. Білки 170

5 розділ
Синтетичні високомолекулярні органічні сполуки і матеріали на їх основі

§ 30. Синтетичні високомолекулярні сполуки 177
§ 31. Добування високомолекулярних сполук 182
§ 32. Пластмаси. Полімери — основа пластмас 185
§ 33. Каучуки. Гума 192
§ 34. Природні та хімічні волокна 199
Для допитливих. Прасування тканин 203
Для допитливих. Оптичні волокна 204

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

6 розділ
Взаємоперетворення органічних речовин. Органічні сполуки в житті людини і суспільства

§ 35. Взаємозв'язки між органічними речовинами.....205
§ 36. Біологічно активні речовини 211
Для допитливих. Алкалоїди 218
§ 37. Роль органічної хімії в розв'язанні глобальних проблем людства, створенні нових матеріалів 219

Післямова 227
Додаток 1.....228
Додаток 2.....238
Відповіді до задач і вправ 239
Словник термінів 243
Предметний покажчик 248
Література для учнів 252

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Навчальне видання

ПОПЕЛЬ Павло Петрович
КРИКЛЯ Людмила Сергіївна

ХІМІЯ

Рівень стандарту

Підручник для 10 класу
закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Редактор Г. Т. Сенькович
Коректор Г. А. Теремко
Художнє оформлення В. М. Штогрина
Комп'ютерна верстка Є. М. Байдюка

Формат 60×90/16. Ум. друк. арк. 16.

Видавничий центр «Академія»,
м. Київ, вул. Дегтярівська, 38—44.
Тел./факс: (044) 483-19-83; 456-84-63.
E-mail: academia.book@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 555 від 03.08.2001 р.

Видрукувано у ПрАТ
«Харківська книжкова фабрика "Глобус"
корпоративне підприємство
ДАК Укрвидавполіграфія»
вул. Різдвяна, 11, м. Харків, 61052.
Свідоцтво серія ДК № 3985 від 22.02.2011 р.

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua

Видавничий центр «Академія»

ХІМІЯ

10 клас

Право для безоплатного розміщення підручника в мережі Інтернет має
Міністерство освіти і науки України http://mon.gov.ua/ та Інститут модернізації змісту освіти https://imzo.gov.ua