



Г.А. Лашевська
А.А. Лашевська
С.Р. Ющенко

ХІМІЯ

РІВЕНЬ СТАНДАРТУ



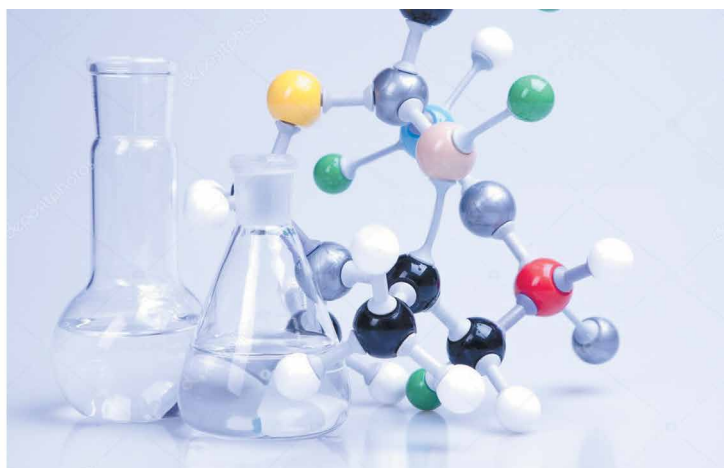
Г.А. Лашевська, А.А. Лашевська, С.Р. Ющенко

ХІМІЯ

(рівень стандарту)

Підручник для 10 класу
закладів загальної середньої освіти

*Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України*



Київ
«Генеза»
2018

УДК 57(075.3)
Л32

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.10.2018 № 1085)

**Видано за рахунок державних коштів.
Продаж заборонено**

Лашевська Г.А.

Л32 Хімія (рівень стандарту): підруч. для 10-го кл. закл. заг. серед. освіти / Г.А. Лашевська, А.А. Лашевська, С.Р. Ющенко. – Київ : Генеза, 2018. – 192 с. : іл.

ISBN 978-966-11-0944-4.

Підручник побудовано на основі системно-діяльнісного підходу, що забезпечує різноманітність організаційних форм роботи з урахуванням індивідуальних можливостей кожного учня й учениці, зростання їхнього творчого потенціалу, пізнавальних мотивів, гарантує досягнення очікуваних результатів навчання. Використано компетентнісний підхід у навчанні хімії в закладах загальної середньої освіти.

У підручнику гармонійно поєднані традиції та інновації, простота форми й багатство змісту. Значну увагу приділено розв'язуванню розрахункових задач і навчальному хімічному експерименту, зокрема з використанням засобів ужиткової хімії.

УДК 57(075.3)

ISBN 978-966-11-0944-4

© Лашевська Г.А., Лашевська А.А.,
Ющенко С.Р., 2018
© Видавництво «Генеза»,
оригінал-макет, 2018

Вітаємо вас, шановні десятикласниці та десятикласники!

Цього навчального року ви продовжите формувати й розвивати ключові та предметні компетентності, набуватимете нового досвіду. Надійним помічником у цій відповідальній справі буде для вас підручник із хімії. Під час роботи з ним вам допоможуть умовні позначення – піктограми. Які саме?

У тексті параграфа:

- заплановані результати опрацювання параграфа;



визначення найважливіших понять і формулювання законів хімії;



завдання, що актуалізують опорні знання або пов'язані із застосуванням щойно здобутих знань;



ПРО ГОЛОВНЕ

- найважливіше в параграфі;



практичні роботи;



лабораторні досліді;

У методичному апараті:



репродуктивні запитання, що допомагають засвоїти й відтворити знання;



продуктивні запитання та завдання, які спонукають до мислення;



творчі завдання;



посилання на інтернет-джерела: цікаві факти, відео- та анімаційні фільми з хімії;



тестові завдання для самоконтролювання знань з теми;



завдання-кейси, виконання яких потребує вміння застосовувати хімічні та інші предметні знання для розв'язування реальних життєвих проблем;



завдання для охочих «Розумова руханка».

У рубриці «Цікаво і пізнавально» наведено стислу інформацію для допитливих учнів і учениць, яка заохочуватиме вас до подальшого пізнання.

Під час роботи над завданнями рубрики «Творча майстерня» зважте на те, що виконати їх усі навряд чи можливо та й недоцільно. Вибирайте з-поміж них ті, що вам до душі та до снаги. Зверніть увагу: матеріал, позначений *, наведено для ознайомлення; ви можете також опрацювати його, якщо матимете охоту.

Навички критичного мислення та глибокі наукові знання, здобуті в результаті роботи з підручником, дадуть вам змогу долучитися до новаторської спільноти й сприяти розвитку людства. Пам'ятайте, що **осягнути сучасну наукову картину світу неможливо без знань основ хімії**. Тож не шкодуйте зусиль, щоб опанувати їх. Це допоможе вам стати *компетентними*, а тому – конкурентоспроможними та успішними особистостями.

Ми віримо у вас і зичимо успіхів!

Авторки



Повторення початкових понять про органічні речовини

§ 1. Склад, властивості, застосування деяких представників вуглеводнів, оксигено- і нітрогеновмісних органічних речовин

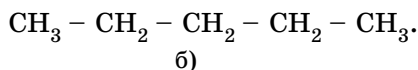
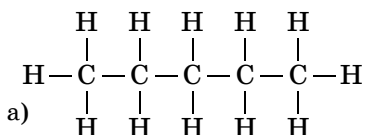
Опрацювавши параграф, ви застосуєте набуті знання й уміння, щоб з'ясувати, чи можете:

- **назвати перші** десять членів гомологічного ряду алканів;
- **класифікувати** органічні речовини за їхнім складом на вуглеводні, оксигеновмісні та нітрогеновмісні сполуки;
- **скласти** молекулярні, структурні (розгорнуті й скорочені) формули метану та дев'яти його гомологів складу $C_2H_6 - C_{10}H_{22}$, етену, етину, метанолу, етанолу, гліцеролу, етанової та аміноетанової кислот; рівняння реакцій горіння (повного окиснення) вуглеводнів, заміщення для метану (хлорування), приєднання для етену й етину (галогенування, гідратування), які описують хімічні властивості етанової кислоти (дія на індикатори, взаємодія з металами, лугами, солями з погляду електролітичної дисоціації);
- **обґрунтувати** застосування метану, етану, етену, етину, метанолу, етанолу, гліцеролу, етанової кислоти; роль органічних сполук у природі;
- **оцінити вплив** на здоров'я й довкілля деяких органічних речовин;
- **висловити судження** щодо необхідності знань про органічні сполуки для безпечного застосування їх;
- **виявити й усунути** прогалини в знаннях.

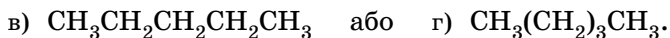
Діяльність – єдиний шлях до знання. Усвідомлення цього влучного й слушного твердження ірландського драматурга та публіциста, лауреата Нобелівської премії з літератури Б. Шоу дуже важливе саме для вас. Чому? Бо допоможе ефективно актуалізувати початкові поняття про органічні речовини, систематизувати уявлення про них.

Щоб обстежити й укріпити підмурок, на якому продовжите розбудовувати знання в царині органічної хімії й удосконалюватимете вміння їх застосовувати, **виконайте завдання**, використавши наведену далі *інформацію*. Які завдання виконати під час уроку хімії, а які – удома, індивідуально чи в малій навчальній групі, вам порадить учитель або вчителька хімії.

Окрім повних структурних формул органічних речовин, використовують скорочені. У них зв'язки з атомами Гідрогену не позначають валентними рисочками. Наприклад, повна (а) і скорочена (б) структурні формули пентану C_5H_{12} такі:

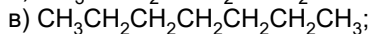
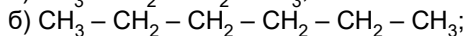
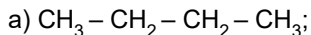


Інколи використовують ще коротші варіанти запису, у яких не позначають рисочками зв'язки й між атомами Карбону (в), а фрагменти, що повторюються, беруть у дужки (г). Правий нижній (підрядковий) індекс поруч із дужкою показує кількість повторюваних фрагментів:



1. Складіть (на свій вибір) скорочені структурні формули кількох гомологів метану.

2. Назвіть гомологи метану за їхніми скороченими структурними формулами:



3. Проаналізуйте склад і будову органічних речовин, моделі молекул¹ яких зображено на рисунку 1.1, та класифікуйте їх на: а) вуглеводні; б) оксигеновмісні органічні сполуки; в) нітрогеновмісні органічні сполуки.

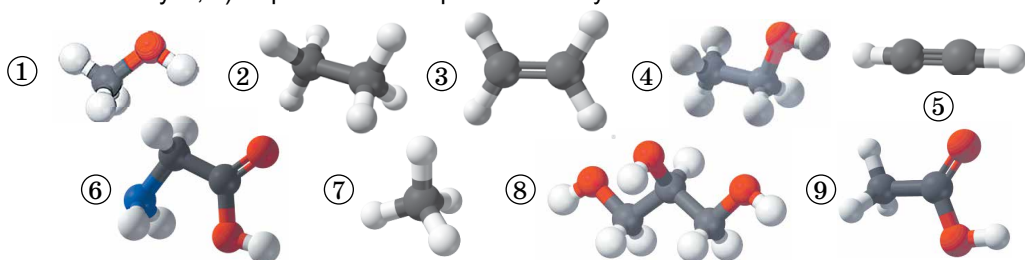


Рис. 1.1. Кулестержневі моделі молекул деяких речовин

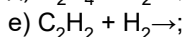
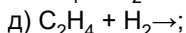
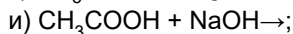
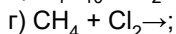
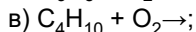
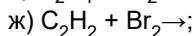
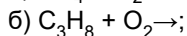
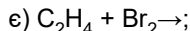
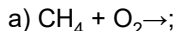
Результати класифікації (цифри, якими позначено моделі молекул) запишіть у робочому зошиті до таблиці, складіть молекулярні, повні та скорочені структурні формули цих речовин (для більшої наочності використовуйте кольорові олівці або ручки), зазначте їхні назви:

Таблиця 1.1

Вуглеводні			Оксигеновмісні органічні сполуки			Нітрогеновмісна органічна речовина
алкани	алкен	алкін	спирти		карбонова кислота	амінокислота
			одноатомні	триатомний		

Поясніть, за якими ознаками ви розрізнили вуглеводні, оксигено- й нітрогеновмісні речовини, алкани, алкен і алкін, одноатомні й багатоатомний спирти, карбонову кислоту й амінокислоту.

4. Перетворіть наведені далі схеми на хімічні рівняння:



¹ У моделях молекул атоми зображено кульками: Карбону – чорного кольору, Гідрогену – білого, Оксигену – червоного, Нітрогену – синього.

5. Проаналізуйте рисунок 1.2 та обґрунтуйте зображені на ньому галузі застосування речовин їхніми властивостями. Де ще й чому застосовують ці речовини?



Рис. 1.2. Приклади застосування деяких органічних речовин: метану (1), етену (2), етину (3), метанолу й етанолу (4), гліцеролу (5), етанової кислоти (6), аміноетанової кислоти (7)

6. Заповніть рефлексивну карту роботи над параграфом¹, використавши слова: *зацікавлено, без інтересу, наполегливо, поверхнево, охоче, з примусу, повністю, переважно, частково* тощо, а також піктограми, наприклад емодзі (смайлики). На бажання можете редагувати наведену рефлексивну карту (доповнити, скоротити або запропонувати свій варіант).



Яка мета моєї роботи над параграфом?	Чи досягнуто поставленої мети?	Що з параграфа виявилось відомим для мене?		Що нового я дізнався/дізналася?
Що в параграфі найбільше зацікавило мене?	Що під час опрацювання параграфа було найважчим для мене?	Чого під час опрацювання параграфа я не зрозумів/зрозуміла?		Про що я захотів/захотіла дізнатися більше?
Тепер я можу	Як я опрацьовував/опрацьовувала параграф	Мій настрій		
		до		після
		опрацювання параграфа		

¹ Радимо робити це після опрацювання кожного параграфа та теми.



Тема 1. Теорія будови органічних сполук

«Аналіз органічних речовин був першим кроком до судження щодо того, яка їхня хімічна природа з погляду складу. Згодом з'явилися... факти, які... показали, що за однакового складу речовини можуть мати різні властивості. Тобто з поняттям про гомологію має бути зіставлене поняття про ізомерію. Історія науки є історією розвитку ідей. Гете колись зауважив, що наука є рослиною, яка розвивається незалежно від тих осіб, які вивчають її, і дає пуп'янки, які зриває той, хто вчасно нагодиться, коли цей пуп'янок розквітнув. Дуже бажано, щоб ті, хто тепер береться розбудовувати хімію, менше зупинялися на дрібницях і присвячували свої сили питанням загальнішим і більшим. Сподіватимемось, що з досвіду минулого молоді хіміки черпатимуть для себе наставлення, щоб працювати з більшою користю в майбутньому!...»

(О.М. Бутлеров)

§ 2. Поняття про явище ізомерії та ізомери. Теорія будови органічних сполук. Залежність властивостей речовин від складу та хімічної будови молекул

Під час опрацювання параграфа ви зможете:

- **пригадати** найважливіші наукові методи пізнання;
- **дізнатися**, які речовини називають **ізомерами** й у чому суть явища ізомерії;
- **пересвідчитися**, що теорія є вищою формою наукових знань;
- **осягнути** зміст основного положення теорії хімічної будови і в подальшому **застосувати** набуті знання для **пояснення** багатоманітності органічних речовин.

Ізомери – речовини з однаковим якісним і кількісним складом, але різними властивостями. Як таке може бути і як було відкрито ізомерію¹ – явище існування ізомерів?

Ви, звичайно, пам'ятаєте, що хімічний *аналіз* і *синтез* – наукові *методи пізнання*, які допомагають хімікам і хімікиням осягнути таємниці світу речовин і їхніх перетворень. Зокрема, ці методи широко використовували Ф. Велер (рис. 2.1) і Ю. Лібіх (рис. 2.2).

Видатний німецький хімік, професор Геттінгенського університету. Працював у галузі органічної та неорганічної хімії. Синтезував низку органічних сполук, визначив їхні формули. Започаткував органічний синтез

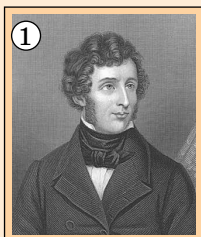


Рис. 2.1. 1. Велер Фрідріх (1800–1882). 2. До 100-річчя смерті Ф. Велера в Німеччині 12 серпня 1982 року випущено поштову марку. На ній зображено кулестержневу модель молекули сечовини і схему її синтезу з амоній ізоціанату

¹ Від грец. ἴσος μέρος – рівної, однакової міри; назву запропонував Й.Я. Берцеліус 1830 р.



Видатний німецький хімік, президент Баварської АН. Відкрив (спільно з Ф. Велером) явище ізомерії, розробив методику аналізу та встановив склад багатьох органічних речовин. Висунув хімічну теорію бродіння та гниття. Запропонував поділ харчових продуктів на жири, білки та вуглеводи. Один із засновників агрохімії

Рис. 2.2. Лібіх Юстус (1803–1873)

На початку XIX ст. ці вчені *експериментальним шляхом* виявили, що в ізоціанатної і фульмінатної¹ кислот однаковий якісний і кількісний склад молекул (рис. 2.3). Однак їхні властивості істотно різняться. Властивості солей цих кислот також різні. Наприклад, аргентум(I) фульмінат² легко вибухає, тож ще від часів Наполеона його використовують як детонатор. Натомість аргентум(I) ізоціанат – порівняно стійка сполука.

Така відмінність у властивостях зацікавила й збентежила Й.Я. Берцеліуса (рис. 2.4), який системно досліджував елементний склад органічних сполук. Він піддав сумніву достовірність *експериментальних даних*, які здобули й оприлюднили німецькі колеги. Однак результати повторних *хімічних аналізів*, які виконав Ю. Лібіх, були переконливими.



а) б)
Рис. 2.3. Моделі кислот: а) фульмінатної б) ізоціанатної



Шведський хімік і мінералог, член Королівської шведської АН. Дослідив велику кількість органічних сполук, запропонував назву «органічна хімія». Його підручники й щорічні огляди праць із хімії сприяли розвитку та популяризації хімічних знань

Рис. 2.4. Берцеліус Йєнс Якоб (1779–1848)

Згодом Ф. Велер довів, що якісний і кількісний склад органічної речовини сечовини, яку він *синтезував* з неорганічних речовин, такий самий, як і в амоній ізоціанату.

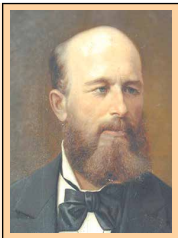
У подальшому виявлено ще чимало аналогічних *фактів*, які потребували наукового пояснення.

Чому виникають нові теорії? Причину цього ми визначили в попередньому пункті – відкриття явищ, які не можна пояснити в межах певних теоретичних уявлень. Для пояснення існування ізомерів Й.Я. Берцеліус висунув *гіпотезу*: відмінності у властивостях сполук однакового складу зумовлені тим, що в їхніх молекулах атоми сполучені в різній послідовності. Це припущення було частково обґрунтоване тогочасними знаннями й потребувало подальшої перевірки, підтвердження, пояснення.

Гіпотеза Й.Я. Берцеліуса була лише предтечею створення О.М. Бутлеровим (рис. 2.5) *теорії*, яка логічно й досконало відобразила та обґрунтувала систему наукових фактів, пов'язаних з існуванням ізомерів.

¹ Від лат. *fulmen* – блискавка, тривіальна назва – *гримуча кислота*.

² Тривіальна назва – *гримуче срібло*.



Видатний російський хімік, академік Петербурзької АН. Автор теорії хімічної будови органічних сполук. Уперше добув суміш синтетичних цукристих речовин. Створив наукову школу хіміків-органіків. Високоосвічена й ерудована людина, цікавився медициною, захоплювався бджільництвом, садівництвом

Рис. 2.5. Бутлеров Олександр Михайлович (1828–1886)

Підхід О.М. Бутлерова ґрунтувався на провідних наукових ідеях того часу щодо валентності хімічних елементів¹, здатності атомів Карбону сполучатися в ланцюги², існування атомів і молекул³. Однак погляд науковця на будову молекул був принципово новим.

Свої міркування із цього питання О.М. Бутлеров уперше виклав перед науковою громадськістю на З'їзді німецьких природодослідників і лікарів у м. Шпаєрі (1861). У доповіді «Про хімічну будову речовини» Олександр Михайлович зазначав: «...я назвав би хімічною будовою хімічний зв'язок, або спосіб взаємного сполучення атомів у складному тілі. Хімічну натуру складної частинки зумовлює натура елементарних складових частин, кількість їх і хімічна будова». Ці твердження донині не втратили своєї актуальності. Сучасне формулювання *основного положення теорії хімічної будови* органічних речовин таке:

 **Властивості органічних речовин залежать не лише від їхнього якісного та кількісного складу, а й від будови молекул.**

Осягнути зміст поняття *хімічна будова* допоможе *модельовання*. Цей науковий метод пізнання відомий вам не лише з основної школи, а й з повсякденного життя (*наведіть приклади*).

Теорія хімічної будови – наріжний камінь наукового фундаменту органічної хімії. Перш ніж це стало загальновідомою й беззаперечною істиною, О.М. Бутлеров багаторазово експериментально перевіряв теоретичні положення, які він сформулював. Тобто науковець не лише *пояснив явище ізомерії*, а й *передбачив* існування різноманітних ізомерів. Він блискуче підтвердив свої припущення *синтезом* низки сполук, які до того часу не були відомі (приклад наведено на рис. 2.6).

Важливим є *висновок* О.М. Бутлерова, який він виклав у статті «Про різні способи пояснення деяких видів ізомерії». Науковець наголошував: якщо за однакового складу речовини виявляють різні властивості, то й хімічна будова в них різна. Тож *за властивостями речовини можна судити про її хімічну будову, а за будовою – прогнозувати властивості*. Тобто *теорія*⁴ – система знань, яка має передбачувальну силу стосовно певного явища (*поміркуйте й висловіть припущення, чому теорію хімічної будови, яку створив О.М. Бутлеров, порівнюють з науковим подвигом Д.І. Менделєєва*).

¹ 1852 р. Е. Франкклад запровадив поняття «сполучна сила», що стало фундаментом для розвитку вчення про валентність.

² 1854 р. А. Кекуле висловив думку щодо чотиривалентності атомів Карбону; 1858 р. (одночасно з А. Купером) зазначив здатність атомів Карбону сполучатися в ланцюги.

³ 1860 р. у м. Карлсруе (Німеччина) на першому Міжнародному з'їзді хіміків було розмежовано поняття *атом* і *молекула*.

⁴ Від грец. θεωρία – розгляд, дослідження.

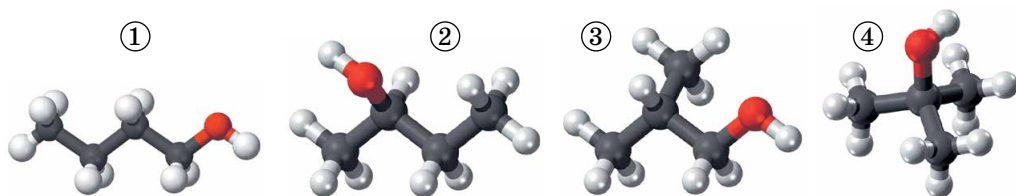


Рис. 2.6. Спирти-ізомери мають однакову молекулярну формулу (яку?). За часів О.М. Бутлерова був відомий лише один з ізомерів – (3), який добували з рослинної сировини. Існування інших трьох він передбачив, синтезував їх, вивчив властивості (спрогнозуйте, однаковими чи різними виявилися властивості цих сполук; складіть їхні повні структурні формули)

На прикладі наукового доробку О.М. Бутлерова ви мали нагоду пересвідчитися, що *теорії формують, розробляють і перевіряють згідно з науковим методом*. Теорія хімічної будови органічних сполук дає цілісне уявлення про закономірності й суттєві зв'язки між складом, будовою і застосуванням органічних речовин. Тобто *є вищою формою наукових знань*.

Наукові ідеї О.М. Бутлерова щодо залежності властивостей органічних речовин від будови їхніх молекул згодом дістали блискуче підтвердження й розвиток завдяки дослідженням, здійсненим багатьма наступними поколіннями хіміків і хімікинь у всьому світі. Ви, напевно, звернули увагу, що структурна формула не надає всієї інформації про будову молекули. Натомість за масштабними та кулестержневими моделями можна дістати уявлення щодо просторового розташування атомів у молекулі.

Використання комп'ютерних програм дає змогу створити моделі, що відображають розподіл електронної густини в молекулах. Це полегшує прогнозування ймовірності існування речовин, їхніх властивостей і, як наслідок, галузей застосування. Не менш важливим є значення моделювання для вибору раціональних способів добування й розроблення стратегій створення новітніх матеріалів, ефективних лікарських засобів.

Цікаво і пізнавально

Наукова школа О.М. Бутлерова – чи не найвагоміший його здобуток. Поміж плеканців бутлеровської школи є відомі хіміки, чия подальша доля пов'язана з Україною. В.В. Марковников після років праці в Казанському університеті продовжив дослідження в Новоросійському (нині Одеському). Засновник київської школи хіміків-органіків С.М. Реформатський – професор Київського університету і Київського політехнічного інституту, голова Київського фізико-хімічного товариства, автор багаторазово перевиданого підручника «Початковий курс органічної хімії». О.А. Альбицький – професор Харківського університету, брав участь в організації Харківських вищих жіночих курсів.

Громадська діяльність О.М. Бутлерова також пов'язана з викладанням на Вищих жіночих педагогічних курсах у Петербурзі. Це не дивина – адже ще 1861 р. Казанський університет, який він очолював, висловився за допущення жінок до вищої освіти. Упродовж чотирьох років О.М. Бутлеров був президентом Російського фізико-хімічного товариства. Він брав активну участь у роботі Вільного економічного товариства, переймався розвитком раціонального бджільництва, культивуванням чаю на Кавказі. Бутлеров уважав, що справжні науковці й науковчині мають популяризувати свою науку. Тому, окрім наукових статей, він писав загальнодоступні брошури, у яких цікаво розповідав про хімію та свої відкриття.

Докладніше про деякі види ізомерії буде далі.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Теорія – вища форма наукових знань.
- Теорія хімічної будови – наріжний камінь наукового фундаменту органічної хімії.
- Ізомери – речовини з однаковим якісним і кількісним складом, але різною будовою і, як наслідок, різними властивостями.
- Ізомерія – явище існування ізомерів.
- Властивості речовин залежать не лише від їхнього якісного й кількісного складу, а й від хімічної будови молекул.



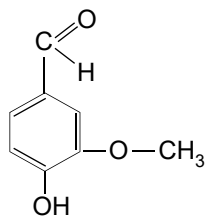
Перевірте себе

1. Які найважливіші методи наукового пізнання? 2. Які речовини називають ізомерами? 3. У чому суть явища ізомерії? 4. Чому виникають нові теорії? 5. Яке основне положення теорії хімічної будови? 6. Яке значення створення теорії хімічної будови органічних сполук?

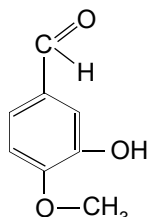


Застосуйте свої знання й уміння

7. Висловте припущення щодо однієї з причин різноманітності органічних речовин і поясніть його. 8. Учнівство 10 класу посперечалось: одні стверджували, що неорганічні речовини можна добути з органічних, і навпаки. Інші заперечували такі можливості. Долучіться до дискусії, аргументуйте свою позицію. 9. Доведено, що аромат ванілі заспокоює й зменшує стрес. Цей запах також використовують для ароматизування помешкань і відлякування комарів. Речовина, що зумовлює запах ванілі, – ванілін (1). Поміркуйте та поясніть, чи можливо таке, що речовина (2) з таким самим якісним і кількісним складом майже не пахне. 10. Проаналізуйте формули речовин (рис. 2.7), порівняйте їх з формулами, зображеними на рисунку 2.6. Якого висновку ви дійшли? Аргументуйте його.



①



②

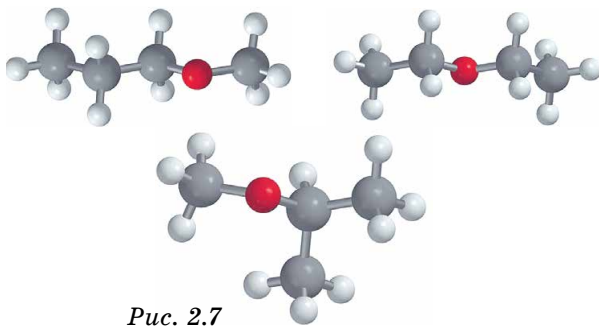


Рис. 2.7



Творча майстерня

11. Використайте блоки Lego, щоб наочно й доступно пояснити молодшим школярам і школяркам явище ізомерії. 12. Складіть сенкан «Ізомери».



Дізнайтеся більше

<https://www.e-reading.club/book.php?book=83403>

<https://naurok.com.ua/scho-take-senkan-yak-pisati-senkan-7191.html>

<https://archive.org/details/ShortHistoryOfChemistry-English-IsaacAsimov>

<https://www.youtube.com/watch?v=EoxYmhnqS3c>

§ 3. Ковалентні Карбон-Карбонові зв'язки в молекулах органічних сполук: простий, подвійний, потрійний. Класифікація органічних сполук

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **наводити приклади** органічних сполук із простими, подвійними, потрійними карбон-карбовими зв'язками;
- **розрізняти** органічні сполуки за якісним складом: вуглеводні, оксигено- і нітрогенномісні речовини; простий, подвійний, потрійний Карбон-Карбонові зв'язки;
- **робити висновки** про багатоманітність органічних сполук на основі теорії їхньої будови.

Багатоманітність органічних сполук зумовлена унікальними особливостями атомів Карбону. За рисунком 3.1 пригадаймо їхню будову в основному і збудженому станах.

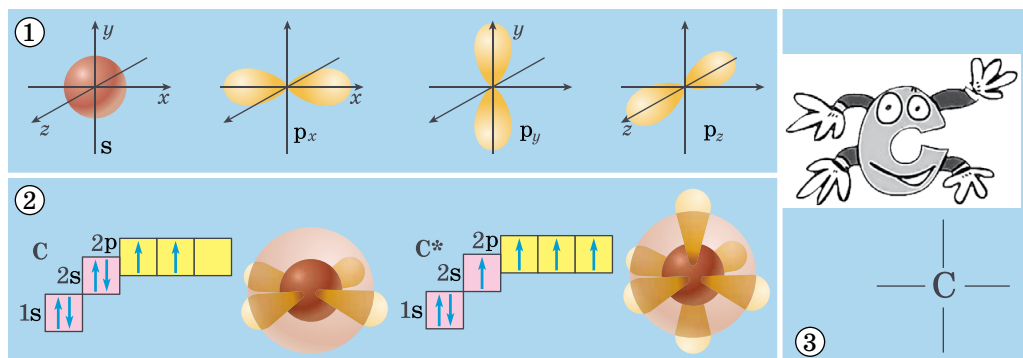


Рис. 3.1. 1. Види електронних орбіталей. 2. Будова атома Карбону в основному і збудженому* станах. 3. Атоми Карбону в збудженому стані виявляють валентність IV

За номером групи в періодичній системі хімічних елементів легко визначити, що на зовнішньому (другому від ядра) енергетичному рівні атома Карбону чотири електрони. Якщо атом Карбону перебуває в основному стані, то на зовнішньому енергетичному рівні є два s- і два p-електрони.



Визначте, які з електронів зовнішнього енергетичного рівня в атомі Карбону в основному стані спарені, а які – ні.

Під час хімічних реакцій атом Карбону отримує ззовні енергію (теплову, світлову тощо) і переходить у *збуджений стан*.



Збуджений стан атома – енергетично нестабільний стан, у який атом переходить унаслідок отримання енергії іззовні.

Унаслідок цього один з 2s-електронів, поглинувши порцію енергії, займає вільну 2p-орбіталь. Тобто на зовнішньому рівні в атомі Карбону всі чотири електрони стають неспареними. Ось чому атому Карбону в збудженому стані властива валентність IV.

Електронегативність Карбону $\chi = 2,5$, що приблизно дорівнює півсумі значень електронегативності найбільш електронегативного ($\chi = 4$) й найбільш електропозитивного ($\chi = 0,7$) хімічних елементів (*назвіть ці елементи, скориставшись періодичною системою*). У нього – найменший

у IVA підгрупі радіус атома. Проаналізувавши цю інформацію, ви зможете самостійно дійти висновку, чому атоми Карбону переважно утворюють ковалентні, а не йонні зв'язки (*зробіть це*).

З курсу хімії основної школи ви вже знаєте про здатність атомів Карбону сполучатися в довгі ланцюги (*яке явище цим зумовлене?*). Окрім того, карбонові ланцюги можуть набувати найрізноманітніших форм – лінійних, розгалужених, циклічних. А між атомами Карбону можуть утворюватися ординарні (прості) й кратні (подвійні та потрійні) хімічні зв'язки (*наведіть приклади відомих вам з курсу хімії 9 класу вуглеводнів з такими зв'язками*).

Тобто властивість атомів цього хімічного елемента сполучатися у вигадливі, часом химерні конструкції є однією з причин *розмаїття органічних речовин*.

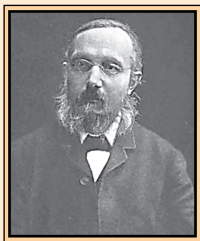
Цікаво і пізнавально

Атоми Карбону здатні утворювати зв'язки чи не з усіма хімічними елементами, що зумовило появу окремої галузі органічної хімії, пов'язаної з дослідженням гетероциклічних і елементоорганічних сполук. Світовою науковою спільнотою визнано велике теоретичне і практичне значення досліджень, здійснюваних в Інституті органічної хімії НАН України (рис. 3.2) у галузі гетероциклічних, фосфоро-, флуоро- і сульфуроорганічних сполук. Указом Президента України № 675/2014 від 23.08.2014 присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки колективу авторів: В.І. Кальченку, Ю.Г. Шермоловичу, А.Д. Синиці (помертно), П.П. Ониську, В.Ю. Пашиннику, О.М. Пінчуку, М.І. Поволоцькому, А.П. Марченку, А.О. Толмачову, О.І. Колодяжному – за цикл наукових праць «Наукові засади створення нових елементоорганічних сполук і матеріалів на їхній основі».



Рис. 3.2. Емблема Інституту органічної хімії НАН України

Унаслідок безлічі хімічних перетворень з вуглеводнів утворюються найрізноманітніші органічні сполуки. Це зазначав ще К. Шорлеммер (рис. 3.3): «Органічна хімія – це хімія вуглеводнів і їхніх похідних, тобто продуктів реакцій, під час яких відбувається заміна атомів Гідрогену на інші атоми або групи атомів».



Головні роботи присвячені загальним проблемам органічної хімії й синтезу найпростіших вуглеводнів. Запропонував розглядати насичені вуглеводні як основу для утворення решти класів органічних сполук. Визначив органічну хімію як хімію вуглеводнів і їхніх похідних. З огляду на це перебудував усю систематику органічних сполук і створив на її основі «Підручник карбонових сполук», який тричі перевидавали

Рис. 3.3. Шорлеммер Карл (1834–1892), німецький хімік

Тож дуже слушним є зауваження Д.І. Менделєєва: «...у жодного з елементів здатність до ускладнення не розвинута такою мірою, як у Карбону».

З курсу хімії 9 класу ви дізналися про існування груп атомів, пов'язаних з карбоновим ланцюгом (скелетом). Ці групи визначають належність сполуки до певного класу та (у його межах) її найважливіші хімічні властивості (рис. 3.4). Тому такі групи атомів називають *характеристичними*. Докладніше про них буде в наступних параграфах.

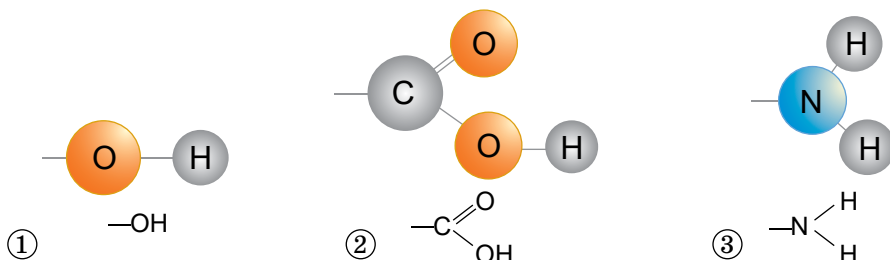


Рис. 3.4. 1. Гідроксильна група. 2. Карбоксильна група. 3. Аміногрупа



Пригадайте склад і будову молекул метанолу, етанолу, гліцеролу, етанової та аміноетанової кислот. Складіть їхні повні структурні формули. Які характеристичні групи є в складі їхніх молекул? Виокреміть їх кольором. Сполуки, що містять кілька характеристичних груп, називають *поліфункціональними*. Чи є така сполука поміж зазначених у завданні?

Отже, будова карбонового ланцюга й характеристичні групи – важливі чинники, що зумовлюють фізичні й хімічні властивості будь-якої органічної сполуки, яких наразі відомо понад 50 мільйонів. Тож, щоб не заблукати «...у дрімучому лісі, повному чудесних речей, у величезній хащі без виходу, без кінця, куди не наслідуюєшся проникнути...»¹, потрібно систематизувати органічні сполуки, класифікувати їх.

Класифікація органічних сполук ґрунтується на теорії хімічної будови. Ознаки класифікації такі: 1) за елементним складом; 2) за будовою карбонового скелета й наявністю в ньому ординарних і кратних зв'язків; 3) за характеристичними групами.

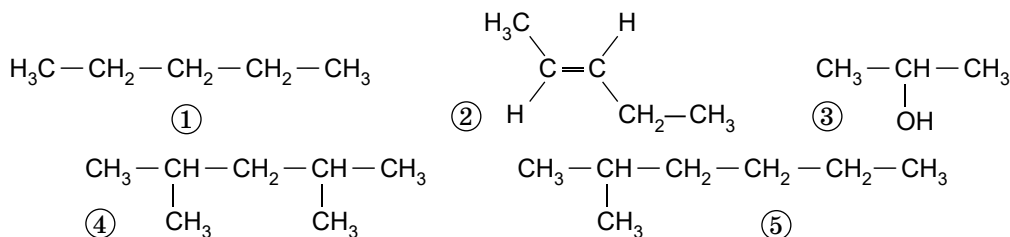


Рис. 3.5



Проаналізуйте структурні формули органічних речовин, зображені на рисунку 3.5. Визначте, які з-поміж цих речовин є насиченими, а яка – ненасиченою; які мають нерозгалужений, а які – розгалужений ланцюг, яка зі сполук є оксигеновмісною.

Знання, здобуті в результаті опрацювання параграфів 1–3, ви зможете застосувати для складання структурних формул ізомерів речовин. Молекулярні формули речовин ви навчитеся виводити за масовими частками елементів у них (про це буде в наступному параграфі). Також матимете нагоду класифікувати речовини, структурні формули яких складете, за різними ознаками.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Багатоманітність органічних сполук, явища ізомерії та гомології зумовлені особливостями будови атомів Карбону.

¹ Саме так майже два століття тому схарактеризував Ф. Велер органічну хімію.

- Будова карбонового ланцюга (скелета) й характеристичні групи – важливі чинники, що зумовлюють фізичні й хімічні властивості будь-якої органічної сполуки.
- Класифікація органічних сполук ґрунтується на теорії хімічної будови.
- Органічні сполуки класифікують за елементним складом, будовою карбонового ланцюга, наявністю в ньому ординарних (простих) і кратних зв'язків та за характеристичними групами.



Перевірте себе

1. Чому атоми Карбону в органічних сполуках чотиривалентні? 2. Які зв'язки – йонні чи ковалентні – переважно утворюють атоми Карбону в органічних сполуках? 3. Які зв'язки – ординарні чи кратні – в молекулах пропану, етену, етину? 4. Які групи атомів називають характеристичними? Наведіть приклади характеристичних груп у складі органічних речовин, які ви вивчили в курсі хімії основної школи. 5. На чому ґрунтується класифікація органічних речовин? 6. За якими ознаками класифікують органічні речовини? Наведіть приклади.



Застосуйте свої знання й уміння

7. Складіть структурні формули органічних речовин, моделі молекул яких зображено на рисунку 3.6. Класифікуйте речовини за ознаками, про які йшлося в параграфі. Чи є поміж них ізомери? Багатофункціональні сполуки?

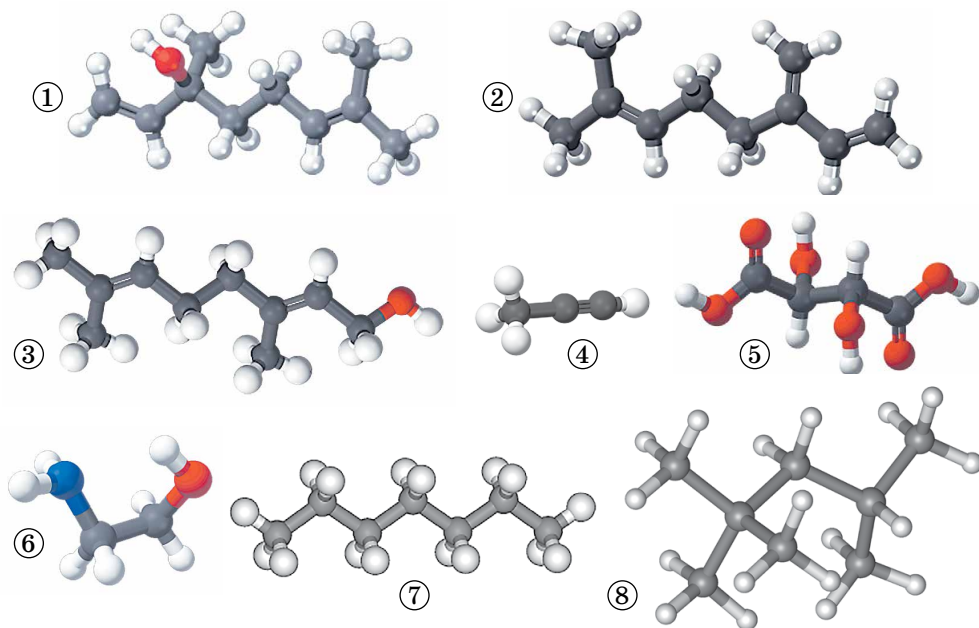


Рис. 3.6. 1. Ліналоол має аромат конвалій і є складником низки ароматизаторів. 2. Мірцен міститься в ефірних оліях хмелю, кропу, коріандру тощо, входить до складу парфумерних композицій. 3. Гераніол – безбарвна рідина з ароматом троянд, його застосовують як ароматизатор. 4. Пропін використовують як ракетне паливо. 5. Винна кислота – харчова добавка Е 334. 6. Коламін застосовують у складі фарб для волосся замість амоніаку. Алкани *n*-гептан (7) та ізооктан (8) використовують як еталони стійкості бензинів до детонації – процесу поширення зони хімічної реакції з надзвуковою швидкістю



8. Випробуйте себе в ролі журналіста чи журналістки: напишіть для підліткового журналу науково-популярну статтю про розмаїття органічних речовин і причини цього явища. 9. Структурні формули популярних речовин (*дізнайтеся про це більше з додаткових джерел інформації*) надихають ювелірів на створення вишуканих прикрас. Уявіть себе дизайнером або дизайнеркою, пригадайте зміст поняття *характеристична група* й створіть колекцію ескізів для виставки ювелірних виробів «Краса з характером».



Дізнайтеся більше

<http://padaread.com/?book=15064>

§ 4. Виведення молекулярної формули речовини за масовими частками елементів

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **розв'язувати** задачі на виведення молекулярної формули речовини за масовими частками елементів;
- **обґрунтовувати** вибір способу розв'язування.

Кількісний органічний елементний аналіз має на меті визначення вмісту (у відсотках або частках від одиниці) хімічних елементів у складі органічної речовини, тобто їхніх масових часток. Німецький хімік Юстус Лібіх наполегливо й плідно працював над удосконаленням методики якісного й кількісного аналізу органічних речовин і в 1831 році на основі здобутих *експериментальних даних* зміг визначити досить достовірні *емпіричні* формули багатьох з них.

Емпірична формула (від грец. *εμπειρια* – досвід) – *найпростіша* формула речовини. Найпростішу формулу записують як послідовний перелік символів хімічних елементів з нижніми (підрядковими) індексами. У такій формулі індекси є *найменшими цілими числами*, що відображують співвідношення (пропорцію) кількості атомів усіх хімічних елементів у складі речовини. Тобто йдеться про мольне співвідношення їх.

В органічній хімії спочатку зазначають (з відповідними підрядковими індексами) символи C і H, а далі за абеткою – інші елементи складу. Наприклад, молекулярна формула етанової (оцтової) кислоти CH_3COOH , або $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, а її найпростіша формула – CH_2O (*поясніть чому*). Вона показує кількісні співвідношення між атомами хімічних елементів у молекулі: $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 1 : 2 : 1$.



1. У перші десятиліття XIX ст. у хімічній науковій спільноті побутувала думка, що для кожної сполуки характерна унікальна емпірична формула і що у двох різних сполук вона не може бути однаковою. Чи згодні ви, що одній емпіричній формулі відповідає лише одна речовина? Поясніть чому.
2. Пригадайте молекулярну формулу глюкози. Складіть її найпростішу формулу й порівняйте з емпіричною формулою етанової кислоти. Поміркуйте й зробіть висновок, чи містять емпіричні формули речовин інформацію про їхню хімічну будову й кількість атомів у їхніх молекулах.

Як вивести молекулярну формулу речовини за масовими частками елементів у ній? Якщо відомі лише масові частки елементів, то в процесі розв'язування задачі можна вивести тільки найпростішу (емпіричну) формулу речовини. Для виведення її істинної формули потрібні додаткові дані, зокрема відомості про молярну масу речовини.

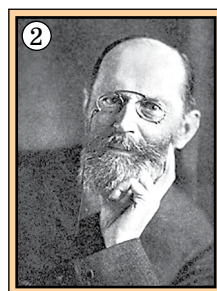


Рис. 4.1. Кофеїн – психостимулятор, складник кави (1), чаю, багатьох прохолоджувальних напоїв. Структуру кофеїну визначив наприкінці XIX ст. Герман Еміль Фішер (2), який також уперше синтезував кофеїн. Він став лауреатом Нобелівської премії з хімії 1902 року, яку частково одержав і за цю роботу

Розгляньмо приклад. Складниками кофеїну (рис. 4.1), окрім Карбону й Гідрогену, є Нітроген і Оксиген. Масові частки Карбону, Гідрогену й Нітрогену в кофеїні такі:

Молярна маса кофеїну становить 194 г/моль. Виведемо молекулярну (істинну) формулу цієї речовини.

Щоб розв'язати задачу, спочатку обчислимо маси Карбону, Гідрогену, Нітрогену й Оксигену в кофеїні кількістю речовини 1 моль:

$m(\text{кофеїн}) = 1 \text{ моль} \cdot 194 \text{ г/моль} = 194 \text{ г}; \quad m(\text{C}) = 194 \text{ г} \cdot 0,495 = 96,03 \text{ г};$

$m(\text{H}) = 194 \text{ г} \cdot 0,052 = 10,088 \text{ г}; \quad m(\text{N}) = 194 \text{ г} \cdot 0,289 = 56,066 \text{ г};$

$m(\text{O}) = 194 \text{ г} - (96,03 + 10,088 + 56,066) \text{ г} = 31,024 \text{ г}.$

Затим обчислимо кількості речовин кожного з хімічних елементів у кофеїні кількістю речовини 1 моль:

$$n(\text{C}) = \frac{96,03 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} \approx 8 \text{ моль}; \quad n(\text{H}) = \frac{10,088 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} \approx 10 \text{ моль};$$

$$n(\text{N}) = \frac{56,066 \text{ г}}{14 \text{ г/моль}} \approx 4 \text{ моль}; \quad n(\text{O}) = \frac{31,024 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} \approx 2 \text{ моль}.$$

Отже, молекулярна (істинна) формула кофеїну $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$.



Запишіть найпростішу формулу кофеїну.

Чи можна розв'язати цю задачу в інший спосіб? Міркуватимемо так: нехай маса кофеїну становить 100 г. Тоді маса Карбону в ньому – 49,5 г, Гідрогену – 5,2 г, Нітрогену – 28,9 г і Оксигену – 16,4 г (різниця між масою кофеїну та сумою мас Карбону, Гідрогену й Нітрогену в ньому). Обчислимо кількість речовини кожного з хімічних елементів у складі кофеїну масою 100 г:

$$n(\text{C}) = \frac{49,5 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} \approx 4 \text{ моль}; \quad n(\text{H}) = \frac{5,2 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} \approx 5 \text{ моль};$$

$$n(\text{N}) = \frac{28,9 \text{ г}}{14 \text{ г/моль}} \approx 2 \text{ моль}; \quad n(\text{O}) = \frac{16,4 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} \approx 1 \text{ моль}.$$

Тобто $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) : n(\text{O}) \approx 4 : 5 : 2 : 1$, і найпростіша (емпірична) формула кофеїну – $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}_2\text{O}$. Молярна маса речовини такого складу становить 97 г/моль, вона вдвічі менша за молярну масу кофеїну. Тож молекулярна (істинна) формула кофеїну – $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$.

Досить часто трапляються випадки, коли обчислені в процесі розв'язування задач цього типу кількості речовин хімічних елементів є дробовими числами. *Як діяти в таких випадках?* З'ясуймо це, розв'язавши таку задачу: молярна маса одноатомного спирту – 46 г/моль. Масові частки Карбону й Гідрогену в ньому – 52,2 % і 13 % відповідно. Виведіть молекулярну формулу цього спирту.

Обчислимо масову частку Оксигену в спирті як різницю між 100 % і сумою масових часток Карбону та Гідрогену. Масова частка Оксигену в ньому становить 34,8 %.

$$n(\text{C}) = \frac{52,2 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} \approx 4,35 \text{ моль}; \quad n(\text{H}) = \frac{13 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} \approx 13 \text{ моль};$$

$$n(\text{O}) = \frac{34,8 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} \approx 2,175 \text{ моль}.$$

Тобто $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 4,35 : 13 : 2,175$. Розділимо кожне із цих чисел на найменше з них – 2,175. Співвідношення стане таким:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 2 : 5,98 : 1.$$

Найпростіша формула речовини, про яку йдеться в задачі, – $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. Цій формулі відповідає молярна маса 46 г/моль. Отже, найпростіша формула речовини збігається з її істинною (молекулярною) формулою.



З огляду на те, що речовина, про яку йдеться в задачі, є одноатомним спиртом, складіть її повну структурну формулу. Назвіть цю речовину.

Графічний спосіб розв'язування задач на виведення формул речовин зручний і доступний. *У чому він полягає?* Масову частку елемента Е в

речовині обчислюють за формулою $w(\text{E}) = \frac{n(\text{E}) \cdot A_r(\text{E})}{M_r(\text{речовини})}$, де n – кількість атомів елемента Е в молекулі речовини. Ця залежність – лінійна, її графік – пряма лінія, яку можна побудувати в системі координат ($w(\text{E})$, %; M_r) за двома точками. Точці $M_r = 0$ відповідатиме точка $w(\text{E}) = 0$ %, а точці $M_r = 194$ – точка $w(\text{E}) = 100$ %. Побудуйте цей графік на міліметровому папері чи використавши один з *on-line* сервісів побудови графіків.

Визначте на вертикальній осі точки, що відповідають масовим часткам Карбону, Гідрогену, Нітрогену й Оксигену в кофеїні, і проведіть від них горизонтальні лінії до перетину з лінією графіка функції. Від точок перетину опустіть перпендикуляри на ось M_r і визначте масу кожного із цих елементів у молекулі кофеїну. Кількість атомів певного елемента в формулі речовини обчисліть як частку від ділення маси хімічного елемента в молекулі на його відносну атомну масу:

$$n(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{A_r(\text{E})}.$$

Чи дістали ви такі самі результати, як у попередніх варіантах розв'язання?

Проаналізувавши наведені способи розв'язування задач на виведення молекулярної формули речовини, ви мали нагоду пересвідчитися, що всі вони ґрунтуються на співвідношеннях, які ви добре знаєте: між масою, молярною масою та кількістю речовини, масою речовини та масовими частками хімічних елементів у ній. Виберіть той спосіб, який вам найбільше до вподоби. З наступних параграфів ви дізнаєтеся, які ще є різновиди задач на виведення молекулярних формул речовин і як їх розв'язують.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Емпіричну (найпростішу) формулу речовини виводять за результатами кількісного аналізу. Її записують як послідовний перелік символів хімічних елементів з нижніми (підрядковими) індексами – найменшими цілими числами, що відображають кількісні співвідношення між атомами всіх хімічних елементів у складі речовини.
- Для виведення істинної формули речовини потрібні дані про її молярну масу.



Перевірте себе

1. Що таке емпірична формула речовини? Чому її так називають? 2. Чим подібні і чим відрізняються найпростіша та істинна формули речовини? 3. Чи завжди речовини з однаковою найпростішою формулою мають однакові молекулярні формули, і навпаки? 4. Як записують найпростішу формулу речовини? 5. Що відображають індекси в емпіричній формулі речовини? 6. У якій послідовності записують символи хімічних елементів в емпіричних формулах органічних речовин?



Застосуйте свої знання й уміння

7. Складіть алгоритм розв'язування задач того типу, про який йшлося в параграфі.
8. Пригадайте з курсу біології, що таке вітаміни, яке їхнє значення. Визначте найпростіші й молекулярні формули вітамінів, дані щодо яких наведено в таблиці:

Традиційна назва вітаміну	Молярна маса вітаміну, г/моль	Масові частки хімічних елементів у вітаміні, %				
		C	H	N	O	S
A ₁	286	83,9	10,5	–	5,6	–
C	176	40,9	4,5	–	54,5	–
D ₂	396	84,8	11,1	–	4	–
D ₃	384	84,4	11,46	–	4,2	–
H	244	49,2	6,6	11,5	19,7	13,1
U	149	40,3	7,4	9,4	21,5	21,5

9*. Укладіть індивідуально чи колегіально міні-збірник задач щойно розглянутого типу. Використайте додаткові джерела інформації, щоб в умові задачі йшлося про органічні речовини, властивості яких і застосування сприятимуть зростанню інтересу учнівства до вивчення хімії (включіть цікаву інформацію про речовини до умови). Щоб перевірити, чи правильно ви склали умови задач, скористайтеся одним з доступних *on-line* хімічних калькуляторів.



Творча майстерня

10. Складіть ментальну карту за результатами опрацювання параграфа. 11. Складіть сенкани «Емпірична формула», «Істинна формула».

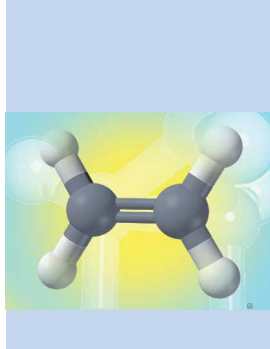


Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=AFqwtY7m2PI>

<http://www.living-democracy.com.ua/textbooks/volume-1/part-3/unit-2/tool-8/>

<http://www.mindmapart.com/chemistry-mind-map-jane-genovesse/>



Тема 2. Вуглеводні

Сучасну цивілізацію часто називають цивілізацією вуглеводневої людини. Економічну спроможність багатьох країн вимірюють саме запасами вуглеводневої сировини. Та чи не можуть вуглеводневі енергетичні й сировинні джерела, які використовує людство, згодом вичерпатися? Чи є їм альтернатива?

Щоб ви змогли знайти правильні відповіді на ці нагальні питання, важливо розширити й поглибити початкові уявлення про вуглеводні, які ви дістали з курсу хімії 9 класу. Більше про класифікацію, номенклатуру, властивості, способи добування й галузі застосування вуглеводнів ви дізнаєтеся під час опрацювання наступних параграфів.

§ 5. Класифікація вуглеводнів

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **розрізняти й класифікувати** вуглеводні різних гомологічних рядів;
- **складати** на основі загальної формули молекулярні формули вуглеводнів певного гомологічного ряду.

Початкові уявлення про класифікацію вуглеводнів, здобуті торік, ви успішно застосували під час повторення початкових понять про органічні речовини, коли виконали завдання § 1. Настав час розширити й поглибити знання про розмаїтий світ вуглеводнів, дізнатися більше, за якими структурними ознаками, що визначають їхні властивості, класифікують ці речовини.

Чому це важливо? Тому що саме вуглеводні наукова хімічна спільнота вважає базовими сполуками органічної хімії, а решту органічних речовин – їхніми похідними (*пригадайте, про це йшлося в § 3*). Тож знання підходів до класифікування вуглеводнів дадуть змогу надалі застосувати ці підходи під час класифікування інших органічних речовин – оксигено- й нітрогеновмісних.

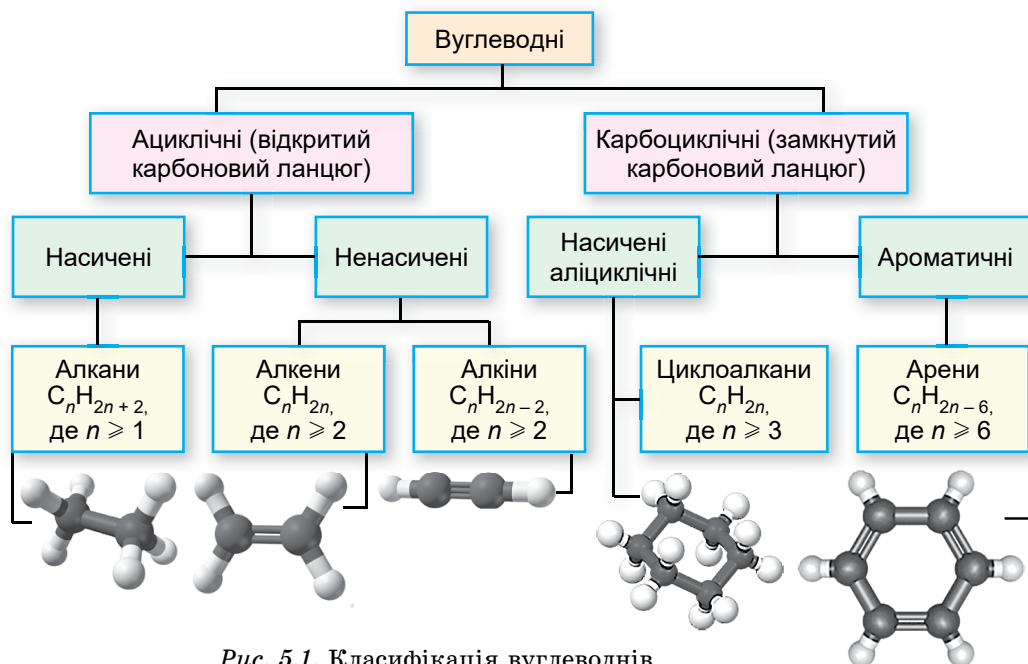
За якими ознаками класифікують вуглеводні? За будовою карбонового ланцюга (карбонового скелета) та за ступенем насиченості (*пригадайте, він залежить від того, чи є в карбоновому ланцюзі кратні зв'язки – подвійні $C=C$ та потрійні $C\equiv C$*). За будовою карбонового скелета вуглеводні поділяють на ациклічні¹ та циклічні. Спрощену класифікацію вуглеводнів наведено на рисунку 5.1.

Щоб віднести вуглеводень до певної групи, потрібно передусім визначити характер карбонового ланцюга – відкритий він чи замкнутий – та ступінь насиченості атомів Карбону в його складі.

З курсу хімії 9 класу ви знаєте, що насичений атом Карбону сполучений із чотирма іншими атомами чотирма ординарними (простими) зв'язками, а ненасичений бере участь в утворенні кратного зв'язку. Також важливо з'ясувати, чи є в молекулі вуглеводню особлива *ароматична* система зв'язків (*докладно про неї буде в § 12*).

З наступних параграфів ви дізнаєтеся більше про склад, будову, властивості, добування та застосування вуглеводнів, генетичні зв'язки між ними.

¹ Їх ще називають аліфатичними, тобто жирними (від грец. *αλειφαρ* – жир), адже вперше структури з довгими карбоновими ланцюгами виявили саме в складі жирів.



Отже, молекулярна формула алкану – C_4H_{10} .

Розгляньмо приклад 2: виведемо молекулярну формулу алкану, густина якого становить $1,964 \frac{\text{г}}{\text{л}}$ (н. у.). Спочатку обчислимо молярну масу алкану як добуток його густини на молярний об'єм, який для будь-якого газу становить за н. у. $22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}$:

$$M(C_nH_{2n+2}) = \rho(C_nH_{2n+2})V_m(C_nH_{2n+2});$$

$$M(C_nH_{2n+2}) = 1,964 \frac{\text{г}}{\text{л}} \cdot 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} \approx 44 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Далі діємо за вже відомим вам з попереднього прикладу алгоритмом:

$$12n + 1 \cdot (2n + 2) = 44; \quad 14n = 42; \quad n = 3.$$

Отже, молекулярна формула алкану – C_3H_8 .

З одного з наступних параграфів ви дізнаєтеся, як вивести молекулярну формулу речовини за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів або продуктів реакції.

ПРО ГОЛОВНЕ

- За загальною формулою гомологічного ряду та густиною або відносною густиною можна вивести молекулярну формулу речовини.
- Під час розв'язування задач цього типу використовують такі формули:

$$M_r(X) = M_r(Y)D_Y(X); \quad M(C_nH_{2n+2}) = \rho(C_nH_{2n+2})V_m(C_nH_{2n+2});$$

$$M_r(X) = 12n + 1 \cdot (2n + 2); \quad n = \frac{M_r(X) - 2}{14}.$$



Перевірте себе

- Як визначити молярну або відносну молекулярну масу газуватої речовини за її відносною густиною за іншим газом? За її абсолютною густиною?



Застосуйте свої знання й уміння

2. Проаналізуйте загальні формули вуглеводнів різних гомологічних рядів, наведені на схемі (рис. 5.1). Складіть у загальному вигляді формули для обчислення індексу n для вуглеводнів кожного із цих гомологічних рядів за відомою відносною молекулярною масою. 3. За даними щодо вуглеводнів, наведеними в таблиці 6.1, складіть повні умови задач двох типів, про які йшлося в параграфі (які саме задачі вибрати, наприклад 1.1 чи 3.2, вам порадить учитель або вчителька хімії). Перетворіть повні умови задач, які ви склали, на скорочені й розв'яжіть задачі.

Таблиця 6.1

№ завдання	Загальна формула вуглеводнів гомологічного ряду	Густина	
		1	2
		відносна	абсолютна, $\frac{\text{г}}{\text{л}}$ (н. у.)
1	C_nH_{2n+2}	$D_{H_2}(C_nH_{2n+2}) = 15$	1,34
2	C_nH_{2n}	$D_{O_2}(C_nH_{2n}) = 1,75$	2,5
3	C_nH_{2n-2}	$D_{\text{пов.}}(C_nH_{2n-2}) = 0,9$	1,16

*4. Виведіть молекулярну формулу вуглеводню, відносна густина за воднем якого дорівнює 22, а масова частка Карбону в ньому – 81,82 %. *5. Виведіть молекулярну формулу вуглеводню, відносна густина пари якого за повітрям дорівнює 3,45, а масова частка Гідрогену в ньому – 16 %. *6. Обчисліть масову частку Карбону або Гідрогену у вуглеводнях, молекулярні формули яких ви вивели, виконавши завдання 3. Складіть повні умови задач на виведення молекулярних формул вуглеводнів за масовою часткою Карбону або Гідрогену й відомостей щодо густин (відносної або абсолютної) цих сполук. Перетворіть повні умови задач, які ви склали, на скорочені й розв'яжіть їх.



Творча майстерня

7. Складіть або рефлексивну, або ментальну карту за результатами опрацювання параграфа.

§ 7. Алкани¹ – ациклічні насичені вуглеводні. Будова їхніх молекул, ізомерія

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **наводити приклади** алканів, **називати** їхню загальну формулу і **складати** на її основі відповідні молекулярні формули;
- **пояснювати** суть структурної ізомерії алканів; **складати** й **розпізнавати** структурні формули алканів і їхніх ізомерів за відповідною молекулярною формулою;
- **робити висновки** щодо залежності властивостей алканів від їхньої будови і про будову – на підставі їхніх властивостей.

Початкові уявлення щодо загальної формули алканів, їхньої структурної ізомерії і назв у вас уже сформовані: ви дістали їх під час вивчення хімії в 9 класі та нещодавнього опрацювання параграфів 1, 2 та 5. *У чому вони полягають?*



C_nH_{2n+2} , де $n \geq 1$ – загальна формула алканів.

В алканах атоми Карбону сполучені між собою лише простими (ординарними) зв'язками, а решта зв'язків з'єднує їх з атомами Гідрогену.

Ізомерія – явище існування ізомерів – сполук, однакових за хімічним складом, але різних за будовою і властивостями.

Структурні ізомери – хімічні сполуки однакового складу, що різняться послідовністю сполучення атомів у молекулі, тобто хімічною будовою і властивостями.

У гомологічному ряду алканів структурні ізомери є не в усіх гомологів (*ви значте мінімальну кількість атомів Карбону в ланцюзі насичених вуглеводнів, за якої стає можливим утворення ізомерів*). Число ізомерів зростає зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулі.

Структурна ізомерія алканів зумовлена здатністю атомів Карбону утворювати ланцюги різної будови. Цей вид ізомерії називають *ізомерією карбонового скелета*. На рисунку 7.1 зображено карбоновий ланцюг ізобутану – ізомеру бутану (*нарисуйте карбоновий ланцюг бутану*).

Існування цієї сполуки передбачив і підтвердив експериментально О.М. Бутлеров. Ізомери виявляють різні властивості. Пересвідчіться в цьому на прикладі ізомерів бутану (рис. 7.2) і гексану (рис. 7.3).

Чому температура кипіння ізобутану нижча за температуру кипіння бутану, молекула якого має нерозгалужену будову? Відстань між нерозгалуженими молекулами в речовині менша, отже, міжмолекулярна взаємодія сильніша. Цю закономірність відображено на діаграмі (рис. 7.3).

¹ Тривіальна назва алканів – *парафіни* – походить від лат. *parum* – мало, трохи і *affinis* – споріднений; парафіни мають малу реакційну здатність щодо більшості хімічних реагентів.

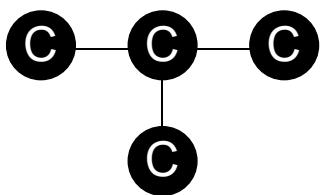


Рис. 7.1. Карбоновий ланцюг (скелет) ізобутану

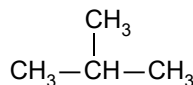
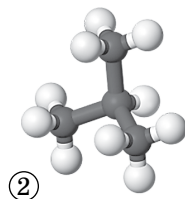
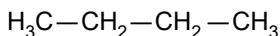
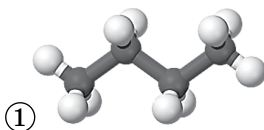


Рис. 7.2. Будова і властивості ізомерів бутану.
1. Бутан, $t_{\text{кип.}} = -0,5^\circ\text{C}$. 2. Ізобутан, $t_{\text{кип.}} = -11,4^\circ\text{C}$

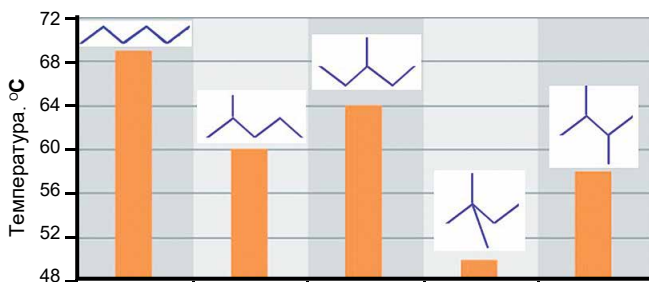
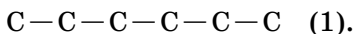


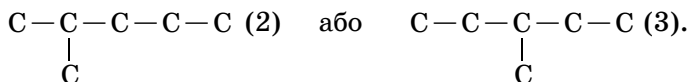
Рис. 7.3. Залежність температури кипіння ізомерів гексану від ступеня розгалуженості карбонового ланцюга

Як побудувати структурні формули ізомерів? Розгляньмо алгоритм розв'язування завдань такого типу на прикладі насиченого вуглеводню складу C_6H_{14} .

1. Зобразимо карбоновий ланцюг лінійного ізомеру:



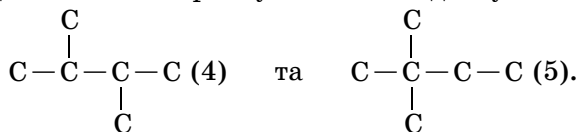
2. Скоротимо ланцюг на атом Карбону та приєднаймо його до будь-якого атома карбонового ланцюга, за винятком крайніх:



Пильнуймо, щоб не було повторів. Адже структура $\begin{array}{c} \text{C} \\ | \\ \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \end{array}$ така сама, як структура (2).

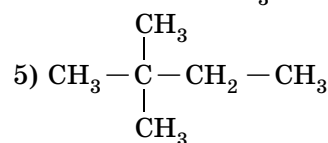
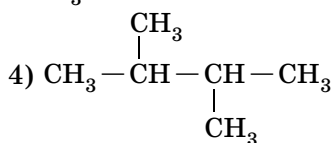
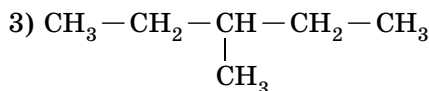
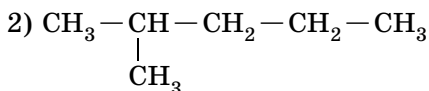
Поміркуймо також, чому не можна приєднувати замісники до крайніх атомів Карбону в ланцюзі. Якщо знехтувати цим, хімічна будова ланцюга не зміниться, оскільки послідовно будуть з'єднані шість атомів Карбону $\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}$.

3. Після того як усі положення головного ланцюга вичерпано, знову скоротимо його на атом Карбону: $\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}$. Можливі такі комбінації розташування двох атомів Карбону в бічних відгалуженнях:



Зверніть увагу: бічний замісник —С—С— можна розташовувати лише в ланцюзі, що містить п'ять атомів Карбону та більше. Його потрібно приєднувати тільки до третього й далі атома від кінців ланцюга.

4. Доповнивши побудовані карбонові ланцюги ізомерів зв'язками з атомами Гідрогену, дістанемо структурні формули п'яти ізомерів:



Пам'ятайте, Карбон в органічних сполуках чотиривалентний! **Перевірте:** у кожного атома Карбону сума кількості атомів Гідрогену і кількості рисочок, якими позначено хімічні зв'язки, має становити 4 (*пояснить чому і здійснить самоконтролювання за рисунком 3.1*).

Зі збільшенням числа атомів у молекулах стрімко зростає кількість ізомерів алканів, наприклад від 159 ($\text{C}_{11}\text{H}_{24}$) до $5,921 \cdot 10^{33}$ ($\text{C}_{100}\text{H}_{202}$).

Цікаво і пізнавально

Задачу щодо теоретично можливого числа ізомерів алканів уперше розв'язав англійський математик Артур Келі (1821–1895), один з основоположників важливого розділу математики – топології.

Тож нагальною стає потреба в *систематичній номенклатурі* – системі правил, яка забезпечує можливість надання однозначної назви кожній індивідуальній речовині (рис. 7.4). Про неї ви дізнаєтеся з наступного параграфа.

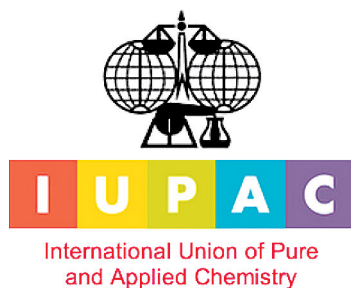


Рис. 7.4. Логотип IUPAC (ІЮПАК) – міжнародної недержавної організації, діяльність якої спрямована на розвиток хімії як науки. Міжнародний союз теоретичної (чистої) та прикладної хімії – визнане авторитетне джерело з розвитку стандартів хімічної номенклатури

ПРО ГОЛОВНЕ

- Структурна ізомерія алканів зумовлена здатністю атомів Карбону утворювати ланцюги різної будови.
- Мінімальна кількість атомів Карбону в ланцюзі насичених вуглеводнів, за якої стає можливим утворення ізомерів, становить чотири.
- Структурні ізомери – сполуки однакового складу, що різняться послідовністю сполучення атомів у молекулі, тобто хімічною будовою, і властивостями.



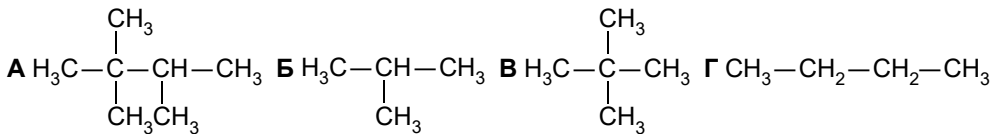
Перевірте себе

1. Яка загальна формула алканів? 2. Які сполуки називають структурними ізомерами? 3. Чим зумовлена структурна ізомерія алканів? 4. Які алкани не мають структурних ізомерів?

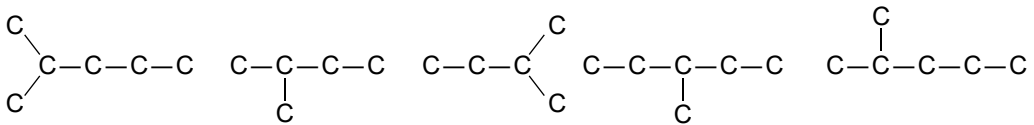


Застосуйте свої знання й уміння

5. Якою структурною формулою зображено ізомер пентану?

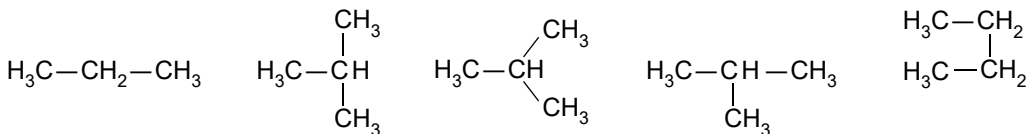


6. Визначте, скільки речовин зображено карбоновими ланцюгами.



A 2 **Б** 3 **В** 4 **Г** 5

7. Визначте, скільки речовин зображено структурними формулами.



A 2 **Б** 3 **В** 4 **Г** 5

8. Складіть структурні ізомери алкану: а) у молекулі якого п'ять атомів Карбону; б) у молекулі якого вісімнадцять атомів Гідрогену; в) відносна густина пари якого за воднем – 36.

9. Порівняйте гомологи й ізомери за якісним і кількісним складом, хімічною будовою. Відповідь оформіть як таблицю:

Поняття	Приклади	Ознаки порівняння		
		склад молекул		будова молекул
		якісний	кількісний	
Гомологи				
Ізомери				



Творча майстерня

10. Розробіть дизайн сувеніра, зображення та слоган на якому були б пов'язані зі змістом § 7.

§ 8. Систематична номенклатура алканів

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **називати** алкани за систематичною номенклатурою;
- **складати** структурні формули алканів за їхніми систематичними назвами.

Як назвати алкан за його структурною формулою? Сполучі певної будови відповідає лише одна **систематична** назва, за якою можна уявити й відтворити будову сполуки, тобто її структурну формулу. Алгоритм по-

будови назв алканів за систематичною номенклатурою наведено на схемі (рис. 8.1). **Зверніть увагу:** назви *алкільних замісників*¹ утворюють заміною суфікса **-ан** у назві алкану на суфікс **-ил (-іл)**, наприклад:

метан – метил ($-\text{CH}_3$), етан – етил ($-\text{C}_2\text{H}_5$), пропан – пропіл ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$) та ізопропіл ($-\text{CH}-\text{CH}_3$).

Кількість однакових алкільних замісників позначають *множинними префіксами*. Два однакові замісники позначають префіксом *ди-*, три – префіксом *три-*, чотири – *тетра-*, п'ять – *пента-* тощо. Перед приголосними потрібно писати *ди-*, перед голосними – *ді-*: диметил, але діетил.

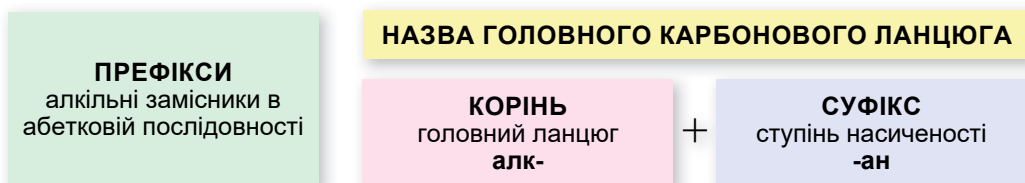
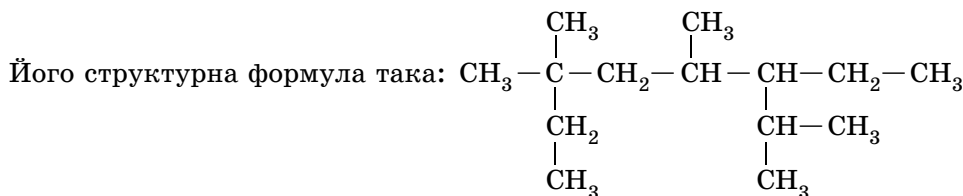
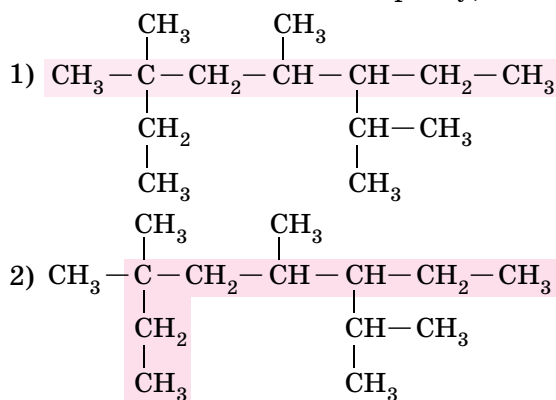


Рис. 8.1. Алгоритм побудови назв алканів за систематичною номенклатурою

За алгоритмом (рис. 8.1) утворімо назву алкану розгалуженої будови.

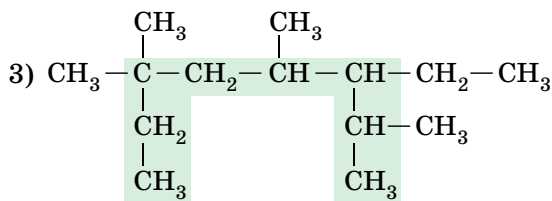


1. Виберімо головний карбонівий ланцюг – найдовший, з більшою кількістю найпростіших розгалужень. **Зверніть увагу:** у варіанті (1) ланцюг не найдовший, містить сім атомів Карбону, у варіанті (2) ланцюг, хоча й містить вісім атомів Карбону, але не є найбільш розгалуженим.



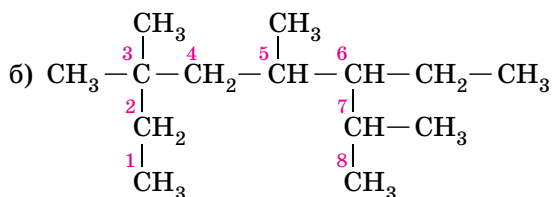
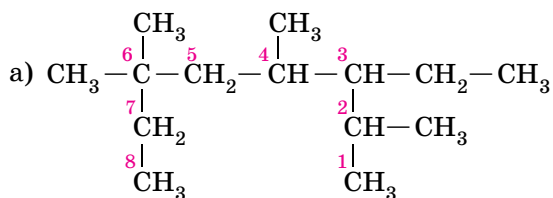
¹ Алкільна група (араб. *al-kohl* – тонкий стибієвий порошок; пудра, пил) утворена відщепленням атома Гідрогену в алкані. Її скорочене позначення в органічній хімії – Alk.

Правильним є варіант (3):



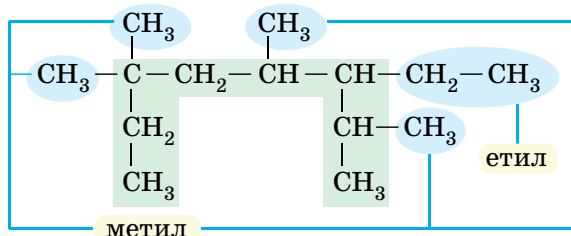
Головний карбоновий ланцюг містить вісім атомів Карбону, тому його назва – октан.

2. Пронумеруймо атоми Карбону головного карбонового ланцюга так, щоб положення замісників були позначені найменшими числами. Тобто атоми Карбону потрібно нумерувати з того кінця ланцюга, до якого ближче розташований замісник. **Зверніть увагу:** якщо в молекулі алкану кілька замісників, то потрібно скласти можливі послідовності нумерування атомів Карбону:



Яку з них вибрати? Ту, у якій першу відмінність позначено найменшим числом. Якщо замісники розташовані на однаковій відстані від обох кінців головного ланцюга, то в процесі нумерування зважають на абеткову послідовність переліку назв цих замісників. Щоб з двох можливих варіантів нумерування вибрати правильний, потрібно визначити й назвати замісники.

3. Визначмо алкільні замісники та їхнє положення в ланцюзі.



У молекулі цього алкану чотири однакові замісники $-\text{CH}_3$, тому потрібно використати множинний префікс *тетра-*. Оскільки два з них розташовані біля того самого атома Карбону, число шість, що відповідає їхньому положенню в ланцюзі, зазначають у назві двічі. Щоб визначити префікси в назві алкану, перелічимо алкільні замісники з їхніми порядковими номерами за абеткою. Під час визначення цієї послідовності мно-

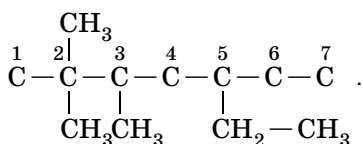
жинні префікси до уваги не беремо. Порядкові номери алкільних замісників відокремимо дефісом від їхніх назв. **Зверніть увагу:** порядкові номери однакових алкільних замісників записують за зростанням.

Відповідно до варіанта (а) нумерування атомів Карбону головного ланцюга префікси в назві алкану такі: 3-етил-2,4,6,6-тетраметил-, а згідно з варіантом (б) – 6-етил-2,3,5,5-тетраметил-. З огляду на попередній пункт алгоритму правильним є варіант нумерування (а). **Зверніть увагу:** назву останнього замісника записують разом з назвою головного ланцюга. Тож назва алкану згідно із загальноприйнятою в хімії номенклатурою IUPAC така: 3-етил-2,4,6,6-тетраметилоктан.

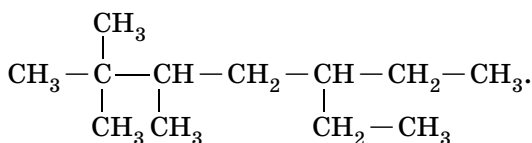
Складання структурної формули алкану за його систематичною назвою – завдання, обернене попередньому. Розгляньмо алгоритм розв'язування завдань такого типу на прикладі 5-етил-2,2,3-триметилгептану.

1. Зобразимо карбоновий ланцюг алкану, що відповідає головному ланцюгу (гептану), і пронумеруємо його: $\overset{1}{\text{C}}-\overset{2}{\text{C}}-\overset{3}{\text{C}}-\overset{4}{\text{C}}-\overset{5}{\text{C}}-\overset{6}{\text{C}}-\overset{7}{\text{C}}$.

2. До атомів Карбону, позначених у назві цифрами, додаємо формули відповідних алкільних замісників:



3. Дopiшемо символи атомів Гiдрогену, пам'ятаючи, що кожен атом Карбону має бути чотиривалентним:



Здобуті під час опрацювання параграфу знання полегшать вам опанування систематичної номенклатури органічних сполук інших класів. Також ви зможете застосувати їх під час виконання завдань наступного параграфу, з якого дізнаєтеся, як вивести молекулярну формулу речовини за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів або продуктів реакції.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Систематична номенклатура – система правил, яка забезпечує можливість надання однозначної назви кожній індивідуальній речовині.
- Загальноприйнятою в хімії є систематична номенклатура IUPAC.
- Систематичні назви речовин – джерело інформації про їхню будову.
- Сполуці певної будови відповідає лише одна систематична назва, за якою можна уявити і відтворити будову сполуки, тобто її структурну формулу.



Перевірте себе

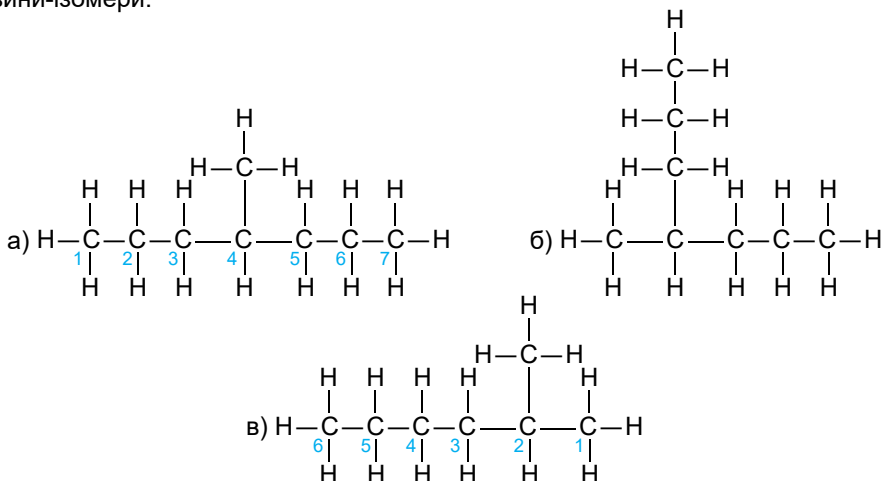
1. Скільки систематичних назв відповідає сполуці певної будови? 2. Що таке систематична номенклатура? 3. Яка систематична номенклатура є загальноприйнятою в хімії? 4. За яким принципом вибирають головний карбоновий ланцюг? 5. У якій послідовності нумерують атоми Карбону головного карбонового ланцюга? 6. Які множинні пре-

фікси використовують для позначення однакових замісників? 7. Як порядкові номери алкільних замісників відокремлюють від їхніх назв?

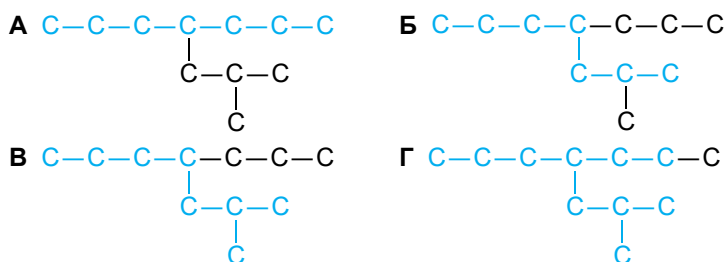


Застосуйте свої знання й уміння

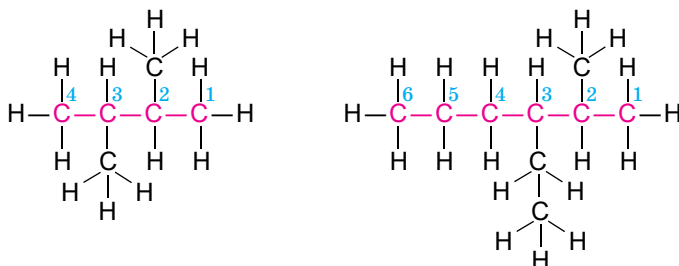
8. Порівняйте структурні формули (а), (б) і (в). Визначте головний карбоновий ланцюг у формулі (б). Поясните, чи структурні формули зображують ту саму речовину, чи речовини-ізомери.



9. На якому зображенні правильно позначено головний ланцюг?



10. Оцініть правильність нумерації атомів Карбону головного карбонового ланцюга і назвіть речовини за їхніми структурними формулами:



11. Назвіть за систематичною номенклатурою ізомери алкану, у молекулі якого 14 атомів Гідрогену. 12. Складіть структурні формули речовин за систематичними назвами: а) 3-метилоктан; б) 2,3,5-триметилгексан; в) 3-етил-2,5-диметилгептан. Складіть по одній структурній формулі ізомерів цих сполук і назвіть їх за систематичною номенклатурою.



Творча майстерня

13. Складіть ментальну карту за результатами опрацювання параграфу.

§ 9. Виведення молекулярної формули речовини за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів або продуктів реакції

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **розв'язувати задачі** на виведення молекулярної формули речовини за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів або продуктів реакції;
- **обґрунтовувати** вибраний спосіб розв'язування.

Виведення молекулярної формули речовини не є новим для вас типом задач. Ви вже опанували кілька способів розв'язування їх (*пригадайте ці способи*). Під час опрацювання параграфа ви пересвідчитесь, що молекулярну формулу речовини можна вивести не лише за масовими частками хімічних елементів, а ще й за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів чи продуктів реакції. Адже масові частки хімічних елементів розраховували саме на основі цих експериментальних даних, одержаних у результаті проведення *кількісного елементного аналізу*. Для органічних речовин він полягає в руйнуванні їх шляхом спалювання та подальшого кількісного вловлювання продуктів згоряння.

Розгляньмо приклади. Задача 1. Унаслідок згоряння органічної речовини *X* масою 60 г утворився карбон(IV) оксид об'ємом 44,8 л (н. у.) і вода масою 36 г. Визначте молекулярну формулу речовини *X*, відносна густина пари якої за воднем дорівнює 30.

За законом збереження маси речовин, увесь Карбон, який містився в речовині *X*, перейшов до складу карбон(IV) оксиду – продукту її згоряння, а весь Гідроген – до складу води, що утворилася.

Обчислимо кількості речовин карбон(IV) оксиду й води:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m(\text{CO}_2)}; \quad n(\text{CO}_2) = \frac{44,8 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 2 \text{ моль};$$
$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})}; \quad n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{36 \text{ г}}{18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 2 \text{ моль}.$$

Обчислимо кількості речовин Карбону та Гідрогену в них.

У молекулі карбон(IV) оксиду один атом Карбону, тому

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 2 \text{ моль}.$$

У молекулі води два атоми Гідрогену, тому

$$n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) = 4 \text{ моль}.$$

Обчислимо масу Карбону в карбон(IV) оксиді й масу Гідрогену у воді:

$$m(\text{C}) = n(\text{C})M(\text{C}); \quad m(\text{C}) = 2 \text{ моль} \cdot 12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 24 \text{ г};$$
$$m(\text{H}) = n(\text{H})M(\text{H}); \quad m(\text{H}) = 4 \text{ моль} \cdot 1 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 4 \text{ г}.$$

Обчислимо суму мас Карбону й Гідрогену в продуктах реакції:

$$m(\text{C}) + m(\text{H}) = 24 \text{ г} + 4 \text{ г} = 28 \text{ г}.$$

Порівнявши її з масою речовини X , доходимо висновку, що до її складу, окрім Карбону й Гідрогену, входить Оксиген. Його маса дорівнює різниці між масою речовини X і сумою мас Карбону й Гідрогену в продуктах її згоряння:

$$m(C) = m(X) - (m(C) + m(H)) = 60 \text{ г} - 28 \text{ г} = 32 \text{ г}.$$

Обчислимо кількість речовини Оксигену в речовині X :

$$n(O) = \frac{m(O)}{M(O)}; \quad n(O) = \frac{32 \text{ г}}{16 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 2 \text{ моль}.$$

Отже, співвідношення числа атомів Карбону, Гідрогену й Оксигену в речовині X таке:

$$n(C) : n(H) : n(O) = 2 \text{ моль} : 4 \text{ моль} : 2 \text{ моль}.$$

Скоротивши, дістанемо співвідношення:

$$n(C) : n(H) : n(O) = 1 : 2 : 1.$$

Найпростіша формула речовини X – CH_2O , їй відповідає молярна маса $30 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Щоб вивести істинну формулу речовини X , обчислимо її молярну масу:

$$M(X) = D_{(\text{H}_2)}M(\text{H}_2) = 30 \cdot 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 60 \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Отже, молекулярна формула речовини X – $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

Задача 2. Унаслідок згоряння оксигеновмісної речовини масою 2,3 г утворився карбон(IV) оксид масою 4,4 г і вода масою 2,7 г. Визначте молекулярну формулу цієї речовини, відносна густина пари якої за воднем становить 23.

Обчислимо відносну молекулярну масу речовини $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ як добуток її відносної густини за воднем на відносну молекулярну масу водню:

$$M_r(X) = 2D_{(\text{H}_2)}(X).$$

Запишемо рівняння реакції, узявши до уваги, що весь Карбон у складі речовини X перейде до складу карбон(IV) оксиду, а Гідроген – до складу води, і складемо пропорції:

$$\begin{array}{ccccccc} 2,3 \text{ г} & & 4,4 \text{ г} & & 2,7 \text{ г} \\ \text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z & + & \text{O}_2 & \rightarrow & x\text{CO}_2 & + & \frac{y}{2} \text{H}_2\text{O} \\ 46 \frac{\text{г}}{\text{моль}} & & x \cdot 44 \frac{\text{г}}{\text{моль}} & & \frac{y}{2} 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \end{array}$$

$$2,3 : 46 = 4,4 : (x \cdot 44); \quad x \cdot 44 \cdot 2,3 = 46 \cdot 4,4;$$

$$x = \frac{46 \cdot 4,4}{44 \cdot 2,3}; \quad x = 2.$$

Аналогічно:

$$2,3 : 46 = 2,7 : \left(\frac{y}{2} \cdot 18 \right); \quad 2,3 : 46 = 2,7 : (y : 9);$$

$$46 \cdot 2,7 = 2,3 \cdot 9y; \quad y = \frac{46 \cdot 2,7}{2,3 \cdot 9}; \quad y = 6.$$

Підставимо отримані індекси x та y у формулу для обчислення відносної молекулярної маси речовини $X C_x H_y O_z$ і визначимо індекс z :

$$M_r(C_x H_y O_z) = xA_r(C) + yA_r(H) + zA_r(O);$$

$$z = \frac{M_r(C_x H_y O_z) - xA_r(C) - yA_r(H)}{A_r(O)}; \quad z = \frac{46 - 2 \cdot 12 - 6 \cdot 1}{16}; \quad z = 1.$$

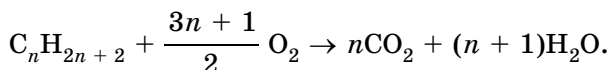
Отже, молекулярна формула речовини – C_2H_6O .



*Складіть структурні формули ізомерів речовини складу C_2H_6O . Назвіть речовину, структурну формулу якої ви вивчили в 9 класі.

Задача 3. На спалювання алкану витратили кисень об'ємом 212,8 л (н. у.). Визначте молекулярну формулу алкану.

Загальна формула алканів – $C_n H_{2n+2}$. Рівняння реакції горіння алкану таке:



Обчислимо кількість речовини кисню, витраченого на спалювання алкану:

$$n(O_2) = \frac{V(O_2)}{V_m(O_2)}; \quad n(O_2) = \frac{212,8 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 9,5 \text{ моль}.$$

Складемо й розв'яжемо рівняння:

$$\frac{3n+1}{2} = 9,5; \quad 3n+1 = 19; \quad n = 6.$$

Отже, молекулярна формула алкану C_6H_{14} .

Задача 4. Унаслідок згоряння хлоровмісної органічної речовини X , яка не містить Оксигену, утворився карбон(IV) оксид об'ємом 4,48 л (н. у.), вода масою 3,6 г і гідроген хлорид масою 7,3 г. Визначте молекулярну формулу речовини X , відносна густина якої за киснем – 1,58.

Обчислимо: 1) кількість речовини карбон(IV) оксиду як частку від ділення його об'єму на молярний об'єм, води і гідроген хлориду – як частки від ділення їхніх мас на молярні маси; 2) кількість речовини Карбону в карбон(IV) оксиді, Гідрогену у воді, Гідрогену й Хлору в гідроген хлориді; 3) співвідношення числа атомів Карбону, Гідрогену й Хлору в молекулі речовини X :

Формула речовини	Кількісні дані щодо речовин, наведені в умові задачі	Кількість речовини, моль	Символ хімічного елемента	Кількість речовини елемента, моль		Співвідношення кількостей речовин елементів
CO_2	4,48 л	0,2	C	0,2	0,6	1
H_2O	3,6 г	0,2	H	0,4		3
HCl	7,3 г	0,2	H	0,2		
			Cl	0,2		1

Отже, найпростіша формула речовини X – CH_3Cl , їй відповідає молярна маса $50,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Обчислимо молярну масу речовини X як добуток її відносної густини за киснем на молярну масу кисню: $M(X) = 1,58 \cdot 32 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \approx$

$\approx 50,5 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$. Вочевидь, найпростіша формула CH_3Cl є істинною (молекулярною) формулою речовини **X**.



*Складіть рівняння реакції добування речовини **X** з метану, зазначте тип реакції.

Ви пересвідчилися, що молекулярну формулу речовини можна вивести в різні способи за результатами кількісного аналізу. Опанування нових способів розв'язування задач спонукало вас повторювати попередній матеріал, поглиблювати й осмислювати його. Це сприятиме формуванню системи конкретних уявлень, необхідних для осмисленого сприйняття наступного матеріалу.



ПРО ГОЛОВНЕ

- Масові частки хімічних елементів розраховують на основі експериментальних даних, одержаних у результаті проведення кількісного елементного аналізу.
- Молекулярну формулу речовини можна вивести в різні способи, зокрема за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів чи продуктів реакції.



Перевірте себе

1. У чому суть кількісного елементного аналізу? 2. У які способи можна вивести молекулярну формулу органічної речовини?



Застосуйте свої знання й уміння

3. Холодоагент – робоча речовина холодильної машини. Він під час кипіння або в процесі розширення забирає теплоту від охолоджуваного об'єкта й після стиснення передає її охолоджувальному середовищу (воді, повітрю тощо). Однією з важливих вимог до сучасних холодоагентів є їхня нешкідливість для довкілля, зокрема озонowego шару. Визначте молекулярні формули вуглеводнів-холодоагентів за даними, наведеними в таблиці:

Холодоагент	Відносна густина за воднем	Маса спаленого холодоагенту, г	Об'єм (л), (н. у.) карбон(IV) оксиду, що утворився	Маса (г) води, що утворилася
R290	22	4,4	6,72	7,2
R1150	14	280	448	360
R1270	21	84	134,4	108
R600a	29	23,2	35,84	36

4. Унаслідок згоряння органічної речовини **X** масою 120 г утворилися карбон(IV) оксид об'ємом 99,6 л (н. у.) і вода масою 72 г. Визначте молекулярну формулу речовини **X**, відносна густина пари якої за воднем дорівнює 15. 5. На спалювання алкану витратили кисень об'ємом 145,6 л (н. у.). Визначте молекулярну формулу алкану. Складіть структурні формули його ізомерів. 6. ДДТ – класичний приклад інсектициду й чи не найвідоміший стійкий органічний забруднювач довкілля. Складником цієї речовини, окрім Карбону й Гідрогену, є Хлор. Виведіть молекулярну формулу ДДТ, якщо внаслідок повного окиснення зразка цієї сполуки утворилися карбон(IV) оксид об'ємом 31,36 л, вода масою 3,6 г і гідроген хлорид об'ємом 11,2 л. Відносна молекулярна маса ДДТ становить 354,5. 7. Унаслідок згоряння газуватої речовини утворилися карбон(IV) оксид об'ємом 16,8 л і вода масою 13,5 г. Маса цього газу об'ємом 1 л (н. у.) становить 1,875 г. Виведіть молекулярну формулу газу. 8. Фторотан – високоактивний інгаляційний засіб для наркозу. Окрім Карбону й Гідрогену, до його складу входять Флуор, Хлор і Бром. Унаслідок

сплавлення його з натрієм утворилися натрій флуорид масою 12,6 г, натрій хлорид масою 5,85 г, натрій бромід масою 10,3 г і карбон(IV) оксид об'ємом 4,48 л (н. у.). Відносна молекулярна маса фторотану – 197,5. Виведіть його молекулярну формулу.



Творча майстерня

9. Заповніть рефлексивну карту роботи над параграфом.

§ 10. Хімічні властивості алканів

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- **складати** рівняння реакцій, які описують хімічні властивості алканів;
- **характеризувати** їхні хімічні властивості.

Хімічні властивості алканів зумовлені їхньою будовою – природою атомів та характером зв'язків між ними в молекулах. Ви вже знаєте, що атоми Карбону в молекулах алканів сполучені між собою та з атомами Гідрогену міцними ковалентними зв'язками. Усі чотири валентні електрони атомів Карбону беруть участь в утворенні простих (ординарних) ковалентних зв'язків. Тож вільних валентних електронів в атомів Карбону в молекулах алканів немає, і *реакції приєднання* для них неможливі. Саме тому алкани не знебарвлюють *бромну воду* – насичений водний розчин броду.

Неполярний характер і міцність ковалентних зв'язків у молекулах алканів зумовлює їхню хімічну стійкість за звичайної¹ температури до розчинів кислот і лугів, окисників. У цьому легко пересвідчитися на *прикладах з хімічної практики*: водний розчин із масовою часткою гідроген флуориду 40 % (плавикова кислота) та концентровані розчини лугів сильно роз'їдають скло. Тому внутрішні стінки бутлів для зберігання цих агресивних реагентів покривають парафіном – сумішшю алканів переважно лінійної будови, у молекулах яких від 18 до 35 атомів Карбону. Концентровану сульфатну кислоту використовують у нафтопереробці для очищення рідких алканів від домішок, зокрема ароматичних вуглеводнів. З ними вона реагує, а з алканами – ні. Алкани не знебарвлюють фіолетовий водний розчин калій перманганату, вони стійкі до окиснення в м'яких умовах.

Унаслідок руйнування хімічних зв'язків між атомами Карбону відбуваються реакції *термічного розкладання* алканів на молекули вуглеводнів з коротшими карбоновими ланцюгами та *ізомеризації* – зміни структури їхнього карбонового скелета. За зв'язками між атомами Карбону й Гідрогену можливі *реакції заміщення й відщеплення*. Розгляньмо ці типи реакцій за участі алканів докладніше.

Термічне розкладання метану та його гомологів відбувається за високих температур з утворенням різних продуктів. Термічна стійкість найпростіших газуватих алканів дуже велика. Метан за температури нижче ніж 700–800 °C майже не розкладається. А за температури близько 1000 °C, а також під дією іскрового електричного розряду розкладається на водень і вуглець (*складіть рівняння цієї реакції*). За температури близько 1500 °C метан без доступу повітря розкладається з утворенням етину й водню (*складіть рівняння цієї реакції*).

Етан також зазнає термічного розкладання, продукти цієї реакції – етен і водень (*складіть рівняння цієї реакції*). Зі збільшенням молекулярної маси алкану термічна стійкість його зменшується, переважно відбувається розщеплення молекул за зв'язком C–C (менш міцним, ніж зв'язок

¹ Пригадайте, звичайною вважатимемо температуру 20–25 °C за тиску близько 1 атм.

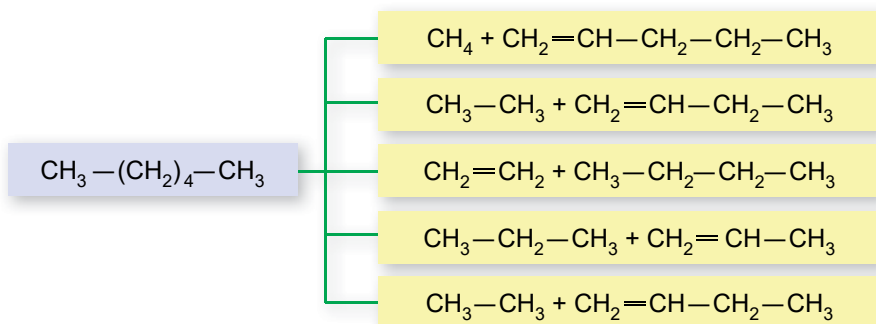
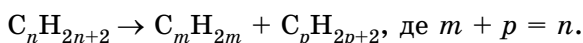


Рис. 10.1. Багатоманітність продуктів термічного розкладання гексану не вичерпується речовинами, формули яких наведено. (Котрі з речовин, структурні формули яких зазначено на схемі, ви знаєте? Назвіть їх. Інші речовини ви зможете правильно назвати після опрацювання § 11)

C–H). За температури 450–700 °C молекули алканів розпадаються й утворюються алкани та алкени з меншим числом атомів. Гексан, наприклад, розпадається на етен і бутан. Розривання зв'язку між атомами Карбону можливе в будь-якому випадковому місці молекули. Тому утворюється багатокомпонентна суміш алканів та алкенів з меншою, ніж у вихідного алкану, молекулярною масою (рис. 10.1).

У загальному вигляді процес термічного розкладання алканів відображає схема:



Ізомеризація – це один тип реакцій, у які вступають алкани нормальної, тобто нерозгалуженої, будови, у ланцюзі яких не менше ніж чотири атоми Карбону. Реакції ізомеризації відбуваються за підвищеної температури та за участі каталізаторів, чи не найвідоміший з-поміж яких – алюміній хлорид. Наприклад, бутан за таких умов перетворюється на 2-метилпропан, а *n*-пентан – на 2-метилбутан (складіть рівняння цих реакцій, зазначте в них каталізатор). Тобто реагент і продукт реакції ізомеризації є структурними ізомерами.

Цікаво і пізнавально

Термічне розкладання та ізомеризацію алканів використовують у нафтопереробці для добування різноманітних продуктів, зокрема ненасичених вуглеводнів, а також для підвищення октанового числа бензинів, тобто – їхньої якості.

Метан та інші алкани вступають у реакції заміщення з галогенами за певних умов: освітлення, нагрівання до певної температури тощо (пригадайте, початкові уявлення про це ви дістали торік). Наприклад, реакцію хлорування метану ініціює освітлення. Під час цієї реакції відбувається послідовне заміщення атомів Гідрогену в молекулі метану на атоми Хлору. Унаслідок цього утворюється суміш хлоро-, дихлоро-, трихлорота тетрахлорометану. Їх розділяють дистилюванням (перегонкою).

Унаслідок галогенування алканів утворюється суміш їхніх галогенопохідних.

Цікаво і пізнавально

Механізм прямого галогенування насичених вуглеводнів уперше вивчав видатний російський хімік В.В. Марковников. У результаті його дослідницької роботи встановлено, що заміщення атома Гідрогену на атом Хлору найлегше відбувається в найменш

гідрогенізованих атомів. Тобто швидкість заміщення збільшується в ряду $\text{CH}_3 < \text{CH}_2 < < \text{CH}$. Якщо атом Карбону сполучений з атомом Хлору, то це орієнтує наступний атом галогену до цього самого атома Карбону. Після заміщення всіх атомів Гідрогену біля цього атома відбувається заміщення біля найближчого до нього атома Карбону.

Під дією прямих сонячних променів, а також унаслідок підпалення суміші метану з хлором утворюються вуглець і гідроген хлорид **(складіть рівняння цієї реакції)**.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Хімічні властивості алканів зумовлені їхньою будовою.
- Хімічні властивості метану та його гомологів узагальнено в таблиці 10.1.

Таблиця 10.1. Хімічні властивості алканів

Хімічні властивості	
метану	гомолгів метану
1. Реакції заміщення: галогенування	
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{Cl}-\text{Cl} \xrightarrow{h\nu} \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{H}-\text{Cl}$ $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{Cl}-\text{Cl} \xrightarrow{h\nu} \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{H}-\text{Cl}$ $\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{Cl}-\text{Cl} \xrightarrow{h\nu} \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{H}-\text{Cl}$ $\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{H} \end{array} + \text{Cl}-\text{Cl} \xrightarrow{h\nu} \begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array} + \text{H}-\text{Cl}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CH}_3-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-\text{CH}_3 + \text{HCl}$ 2-хлорпропан
2. Термічне розкладання	
$\text{CH}_4 \xrightarrow{t > 1000^\circ\text{C}} \text{C} + 2\text{H}_2$ $2\text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ\text{C}} \text{CH}\equiv\text{CH} + 3\text{H}_2$	$\text{CH}_3-\text{CH}_3 \xrightarrow{t} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2$ $\text{C}_8\text{H}_{18} \xrightarrow{t} \text{C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_4\text{H}_8$
3. Ізомеризація	
Неможлива	Можлива для алканів нормальної будови, у ланцюзі яких не менше ніж чотири атоми Карбону: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{t, \text{AlCl}_3} \text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{t, \text{AlCl}_3} \text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$



Перевірте себе

1. Чим зумовлені хімічні властивості алканів? 2. Чому для алканів неможливі реакції приєднання? 3. Реакції яких типів відбуваються внаслідок руйнування хімічних зв'язків між атомами Карбону в молекулах алканів? 4. Реакції яких типів можливі за зв'язками між атомами Карбону й Гідрогену в молекулах алканів? 5. Які продукти реакцій термічного розкладання: а) метану (за різних температур); б) етану; в) декану?



Застосуйте свої знання й уміння

6. Учнівству 10 класу в Музеї науки продемонстрували такий досвід: циліндр з пришліфованими краями заповнили метаном способом витіснення повітря. Інший такий самий циліндр заповнили хлором. Потім з'єднали їх отворами й кілька разів перевернули, щоб перемішати гази. Затим циліндри щільно закоркували. Один з них помістили до темної шафи, інший – під розсіяне світло. У ньому жовто-зелене забарвлення хлору зникло, на стінках циліндра з'явилися оліїсті краплі. Коли циліндр відкоркували, над отвором здійнявся легкий туман, у якому змочений водою універсальний індикаторний папірець набув червоного кольору. У циліндрі, що був у темній шафі, таких змін не виявили. *Поясніть явища, які спостерігали учні та учениці.* 7. У XVIII ст. на одному з королівських балів паризьке світське товариство, яке зібралося розважитися, змушене було розійтися по домівках через їдкий запах невідомого походження. Щоб з'ясувати джерело неприємного запаху, звернулися до відомого французького хіміка Ж.Б. Дюма. Він швидко встановив причину події – воскові свічки, вибілені хлором. Поясніть, який продукт хлорування алканів, що входили до складу воску, спричинив ядуху. 8. Алкан нормальної будови піддали ізомеризації. У суміші, що утворилася, виявили *n*-гексан, 2-метилпентан, 3-метилпентан, 2,2-диметилбутан, 2,3-диметилбутан. Який алкан ізомеризували? Складіть структурні формули продуктів його ізомеризації. 9. Поясніть, чому парафін не знебарвлює бромну воду, а газувата суміш, що утворюється внаслідок його термічного розкладання, – знебарвлює. 10. Обчисліть об'єм (л) етану, на першу стадію хлорування якого витрачено хлор об'ємом 80 л (об'єми газів виміряно за однакових умов), та об'єм (л) неорганічного продукту реакції.



Творча майстерня

11. Створіть ментальну карту за результатами опрацювання параграфа.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=Ex0gnXFEJ8>
<https://www.youtube.com/watch?v=bACOHZ7vbSg>
<https://www.youtube.com/watch?v=ZYyKUePdC2Y>
<https://www.youtube.com/watch?v=AajLtkJxPk0>

§ 11. Алкени та алкіни. Загальні та молекулярні формули алкенів та алкінів, структурна ізомерія, систематична номенклатура. Хімічні властивості етену та етину

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **називати** алкени та алкіни за систематичною номенклатурою;
- **наводити приклади** ненасичених вуглеводнів, структурних формул ізомерів алкенів і алкінів;
- **складати** загальні та структурні формули алкенів, алкінів, їхніх ізомерів за молекулярною формулою сполуки; рівняння реакцій, які описують хімічні властивості етену та етину;
- **характеризувати** хімічні властивості алкенів і алкінів.

Алкени та алкіни, як ви вже знаєте, належать до ациклічних ненасичених вуглеводнів (*поясніть чому*). Початкові уявлення щодо хімічного скла-

ду, будови молекул, хімічних властивостей алкенів і алкінів ви дістали минулого навчального року на прикладі етену (етилену) та етину (ацетилену). Саме ці вуглеводні є першими членами відповідних гомологічних рядів.



Складіть молекулярні та повні структурні формули етену та етину, загальні формули алкенів і алкінів. Самотужки проконтролюйте правильність виконання завдання, скориставшись схемою класифікації вуглеводнів, наведеною на рисунку 5.1. Доповніть речення, використавши слова «лінійна» та «площина»: Будова молекули етену – ..., етину –

Структурні ізомери утворюють усі алкени й алкіни, крім етену й етину. Різновиди структурної ізомерії алкенів і алкінів наведено на схемі, зображеній на рисунку 11.1.

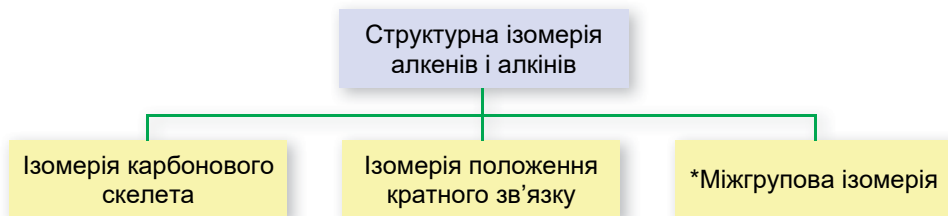


Рис. 11.1. Види структурної ізомерії алкенів і алкінів

Розгляньмо кілька структурних ізомерів складу C_4H_8 (рис. 11.2).

Речовини (1) і (2) є ізомерами *карбонового скелета*. У молекули речовини (1) карбоновий ланцюг нерозгалужений, у молекули речовини (2) – розгалужений. Порівняймо структурні ізомери (1) і (3): у цих речовин карбонові ланцюги нерозгалужені, однак в ізомері (1) подвійний зв'язок розташований після першого атома Карбону, а в ізомері (3) – після другого. Тобто ізомери (1) і (3) є ізомерами *положення подвійного (кратного) зв'язку*. **Зверніть увагу:** у молекулі ізомеру (4) немає кратних зв'язків, цей вуглеводень – насичений. Його карбоновий ланцюг замкнутий. Ізомер (4) належить до циклоалканів, іншої групи вуглеводнів, тож ідеться про **міжгрупову ізомерію*.

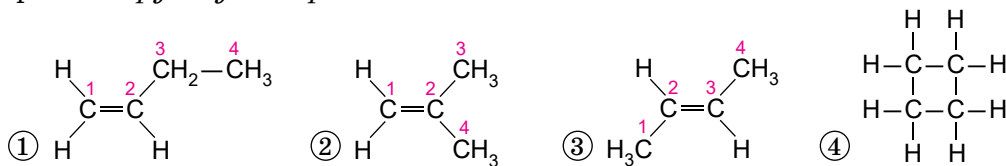


Рис. 11.2. Структурні ізомери складу C_4H_8

Називати алкени та алкіни за систематичною номенклатурою просто, якщо застосувати знання про номенклатуру алканів і дотримуватись алгоритму, наведеного на рисунку 11.4.

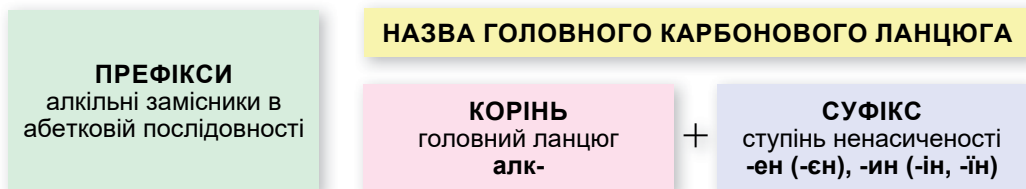
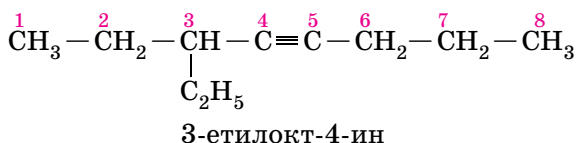
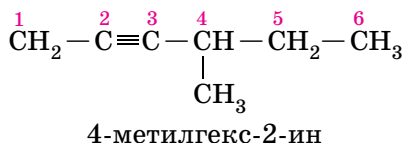
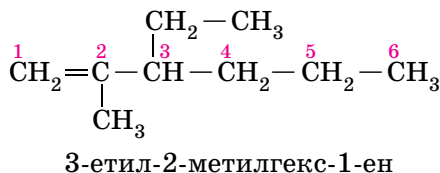
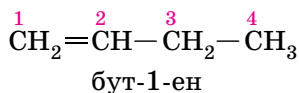


Рис. 11.4. Алгоритм побудови назв алкенів і алкінів за систематичною номенклатурою (порівняйте його з алгоритмом побудови назв алканів, наведеним на рисунку 5.1)

Ви, напевно, звернули увагу на нумерацію атомів Карбону в структурних формулах ізомерів 1–3 речовини складу C_4H_8 і дійшли правильного висновку: *положення подвійного зв'язку й замісників позначають найменшими числами, але перевагу у виборі початку нумерації віддають подвійному зв'язку*. За таким самим принципом вибирають головний ланцюг у молекулах алкінів.

Приклади назв алкенів і алкінів



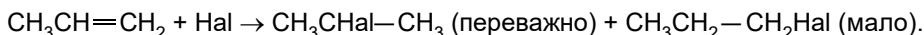
 На власний розсуд або за порадою вчителя чи вчительки хімії виберіть з-поміж наведених структурних формул формули алкену й алкіну, складіть формули їхніх структурних ізомерів, назвіть їх за систематичною номенклатурою.

Хімічні властивості етену й етину багато в чому подібні. Адже обидві речовини є ненасиченими вуглеводнями. Ви зможете вкотре пересвідчитися в тому, що властивості речовин залежать від їхнього хімічного складу й хімічної будови, проаналізувавши дані, наведені в таблиці 11.1.

 Чи всі хімічні реакції, схеми або рівняння, яких наведено в таблиці 11.1, є новими для вас? Яку важливу хімічну властивість етену, яку ви вивчили в 9 класі, не відображено в таблиці? Відповісти на це запитання вам допоможе застаріла назва етену – етилен. Перетворіть схеми хімічних реакцій, подані в таблиці, на хімічні рівняння. Назвіть за систематичною номенклатурою вуглеводні й спирт, формули яких наведено в таблиці.

Цікаво і пізнавально

У хімії є чимало іменних реакцій і правил, тобто таких, які названо іменами їхніх дослідників і дослідниць. Наприклад, м'яке окиснення алкенів водним розчином калій перманганату розробив у 1886 році професор Казанського університету Є.Є. Вагнер. Цю реакцію, часто використовувану для виявлення кратних зв'язків в органічних речовинах, у хімічній літературі називають реакцією Вагнера. Реакція Кучерова – метод гідратації алкінів з утворенням карбонільних сполук. Реакцію відкрив російський хімік М.Г. Кучеров у 1881 році. На честь російського хіміка В.В. Марковникова названо правило, яке він сформулював у 1869 році. Відповідно до цього правила під час реакцій приєднання гідроген галогенідів, водню та води за місцем подвійного зв'язку атом Гідрогену переважно приєднується до найбільш гідрогенізованого атома Карбону, а атом галогену *Hal* або гідроксильна група – до найбільш заміщеного (того, що має менше атомів Гідрогену). Наприклад:



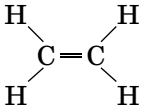
 *Проаналізуйте схему другої стадії реакції гідрогалогенування етину й поясніть, за яким правилом молекули гідроген хлориду приєднуються до молекули 1-хлоретену. Складіть формулу іншого продукту цієї реакції, якого утворюється значно менше, ніж основного. Назвіть цю речовину. Чим є два продукти цієї реакції один відносно одного?

Таблиця 11.1

Назва реакції	Схеми або рівняння реакцій, зовнішні ефекти реакцій за участі	
	етену	етину
Повне окиснення (горіння)	$C_2H_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O; \Delta H < 0$	$C_2H_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O; \Delta H < 0$
	водню (гидрування)	$CH \equiv CH + H_2 \xrightarrow{P, \text{кат.}} CH_2=CH_2$ (неповне) $CH \equiv CH + 2H_2 \xrightarrow{P, \text{кат.}} CH_3-CH_3$ (повне)
	галогенів (галогенування)	$CH \equiv CH + Br_2 \rightarrow CH_2Br-CH_2Br$ 1,2-дибромоетан $CH \equiv CH + 2Br_2 \rightarrow Br_2CH-CHBr_2$ 1,1,2,2-тетрабромоетан
Приєднання	Знебарвлення бурого водного розчину бромю (бромної води) – якісна реакція на алкени й алкіни	
	гідроген галогенідів (гідрогалогенування)	$CH_2=CH_2 + HCl \rightarrow CH_3-CH_2Cl$ 1-хлороетан $CH_2=CH_2 + HCl \rightarrow CH_3-CH_2Cl$ 1,1-дихлороетан
	води (гидратация)	$CH_2=CH_2 + H-OH \xrightarrow{H^+} CH_3-CH_2OH$ $CH \equiv CH + H-OH \xrightarrow{Hg^{2+}, H^+} [CH_2=CHON] \xrightarrow{\text{ізомеризація}}$ ізомеризація $\xrightarrow{\text{ізомеризація}} \begin{array}{c} O \\ \\ H-C-C-H \\ \quad \\ H \quad H \end{array}$ етаналь ¹
Часткове окиснення	Знебарвлення фіолетового водного розчину калій перманганату – якісна реакція на алкени й алкіни	

¹ Етаналь – представник альдегідів, докладніше про цей клас органічних сполук буде в параграфі 16.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Молекулярна формула етену C_2H_4 , його повна структурна формула , молекула етену має площинну будову; загальна формула алкенів C_nH_{2n} , де $n \geq 2$.
- Молекулярна формула етину C_2H_2 , його повна структурна формула $H-C \equiv C-H$, молекула етину має лінійну будову; загальна формула алкінів C_nH_{2n-2} , де $n \geq 2$.
- Положення кратного зв'язку і замісників у назвах алкенів і алкінів позначають найменшими числами, але перевагу у виборі початку нумерації віддають кратному зв'язку. Суфіксом **-ен** і числом попереду нього в назві ненасиченого вуглеводню позначають положення подвійного зв'язку, суфіксом **-ин** (**-ін**) і числом попереду нього – потрійного.
- Алкенам і алкінам властива структурна ізомерія, а саме: ізомерія карбонового ланцюга, ізомерія положення кратного зв'язку й міжгрупова ізомерія.
- Етен і етин вступають у реакції повного та часткового окиснення, приєднання водню, галогенів, гідроген галогенідів і води за місцем кратного зв'язку.
- Продуктом гідратації етену є етанол, етину – етаналь.
- Знебарвлення бромної води й фіолетового водного розчину калій перманганату – якісні реакції для виявлення кратних зв'язків.



Перевірте себе

1. Яка загальна кількість ковалентних зв'язків у молекулі етену? Етину? 2. Які види структурної ізомерії характерні для алкенів і алкінів? 3. За яким алгоритмом називають алкени й алкіни відповідно до систематичної номенклатури? 4. Які хімічні реакції характерні для етену та етину? 5. Які продукти реакцій повного окиснення алкенів і алкінів? 6. Які вуглеводні утворюються внаслідок: а) гідрування бут-1-ену та бут-2-ену; б) часткового та повного гідрування пропіну? 7. Які речовини є продуктами гідратації етену та етину? 8. Як можна відрізнити етен та етин від етану?



Застосуйте свої знання й уміння

9. Складіть структурні формули ізомерів карбонового скелета й положення кратного зв'язку речовин складу C_4H_6 і C_5H_8 . Назвіть їх за систематичною номенклатурою.

10. Складіть структурні формули алкенів і алкінів за їхніми назвами: а) 5-метилгекс-2-ен; б) 3,4,4-триметилпент-2-ен; в) 3-етил-6,6-диметилгепт-2-ен; г) 5-метилгекс-2-ин; д) 5-етил-6,6-диметилгепт-3-ин. 11. Складіть молекулярні формули: а) алкену, відносна густина пари якого за воднем становить 42; б) алкіну, відносна густина пари якого за киснем становить 2,125; в) алкену, у молекулі якого 7 атомів Карбону; г) алкену, у молекулі якого 16 атомів Гідрогену.



Творча майстерня

12. Створіть ментальну карту за результатами опрацювання параграфа.



Дізнайтеся більше

<https://www.khanacademy.org/science/organic-chemistry/alkenes-alkynes/naming-alkenes/v/naming-alkenes-examples>

§ 12. Бензен: молекулярна і структурна формули. Арени. Фізичні та хімічні властивості бензену

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **називати** фізичні властивості бензену; **наводити приклади** ароматичних вуглеводнів;
- **складати** на основі загальної формули молекулярні формули аренів; молекулярну та структурну формули бензену; рівняння реакцій, які описують хімічні властивості бензену;
- **характеризувати** хімічні властивості бензену.

Бензен. Історія відкриття й дослідження цієї легендарної органічної речовини захоплива та повчальна. Передусім тому, що її вивчення дає змогу простежити за зміною хімічних поглядів, за появою нових і руйнуванням старих теорій і, найголовніше, укотре пересвідчитися, що успіхи сучасної хімії ґрунтуються на копіткій праці представників і представниць наукової спільноти минулого.

Бензеновмісні суміші вперше 1649 року перегонкою кам'яновугільної смоли добув і описав¹ німецький алхімік, аптекар і лікар Йоганн Рудольф Глаубер. Проте ні назва, ні склад цієї сполуки відомі не були. Повторно бензен добув у 1825 році англійський природодослідник М. Фарадей (рис. 12.6). Він виявив, що невідома речовина, яку він виділив з конденсату світильного газу, містить лише два хімічні елементи: Карбон і Гідроген у масовому співвідношенні 10,75 : 1. На той час атомні маси низки хімічних елементів були визначені не досить точно, тому, виконавши розрахунки², науковець вивів найпростішу формулу досліджуваної речовини, у якій на два атоми Карбону припадав атом Гідрогену – C_2H . На підставі цього він назвав речовину гідроген дикарбідом – «bicarburet² of hydrogen».

Після того як шведський хімік Й.Я. Берцеліус оприлюднив уточнену таблицю відносних атомних мас, з'ясувалося, що найпростіша формула бензену інша. *Яка саме?* Виведіть її самотужки, розв'язавши задачі, наведені далі.



1. Масова частка Карбону в бензені становить 92,3 %. Виведіть найпростішу та молекулярну формули бензену, якщо відносна густина його пари за воднем – 39,2. 2. Унаслідок спалювання бензену утворилися карбон(IV) оксид масою 8,46 г і вода масою 1,73 г. Виведіть найпростішу та молекулярну формули бензену, якщо його молекулярна маса становить 78 г/моль. *Перевірте правильність розв'язання задач, скориставшись схемою на рисунку 5.1.* *3. Перевірте, використавши наведені у виносці³ дані, правильність розрахунків М. Фарадея з виведення найпростішої формули бензену.

Структурна формула бензену впродовж тривалого часу була предметом численних наукових дискусій і запеклих суперечок. Їхня причина полягала в тому, що запропоновані структурні формули не узгоджувалися з хімічними властивостями бензену. З огляду на молекулярну формулу C_6H_6 (порівняйте її з молекулярною формулою гексану) бензен уважали нена-

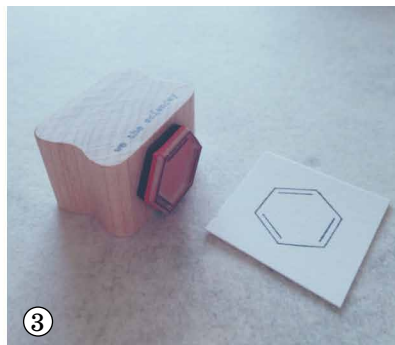
¹ У книжці «Furni novi philosophici oder Beschreibung einer neu erfundenen Destillir-Kunst, Amsterodami» 1648–50 – «Нові філософські печі, або Опис уперше відкритого мистецтва перегонки».

² to carburet (англ.) – сполучати з Карбоном.

³ М. Фарадей використав значення атомних мас, які визначив Дж. Дальтон: 1 – для Гідрогену, 5,4 – для Карбону.

$$\begin{array}{c} \text{HC} \equiv \text{C} - \text{C} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2 \\ | \\ \text{HC} = \text{CH}_2 \end{array} \quad \text{H}_3\text{C} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$$


Однак у ці реакції бензен не вступає. Лише за високої температури, тиску або під дією інтенсивного ультрафіолетового опромінення до молекули бензену приєднуються три молекули водню або три молекули хлору (з рівняннями цих реакцій ви ознайомитеся трохи згодом, їх наведено в таблиці 12.2).



У формулі Кекуле атоми Карбону, сполучені між собою по черзі простими та подвійними зв'язками, утворюють шестичленне кільце, у якому кожен атом Карбону сполучений з атомом Гідрогену. Але й ця формула не давала змоги повністю пояснити хімічні властивості бензену, зокрема його низьку реакційну здатність. Щоб розв'язати цю проблему, Кекуле припустив, що в молекулі бензену безперервно переміщуються подвійні зв'язки. Модель, яку він запропонував, хоча й відіграла прогресивну роль в історії розвитку хімії, також виявилася недосконалою.

Вуглеводні

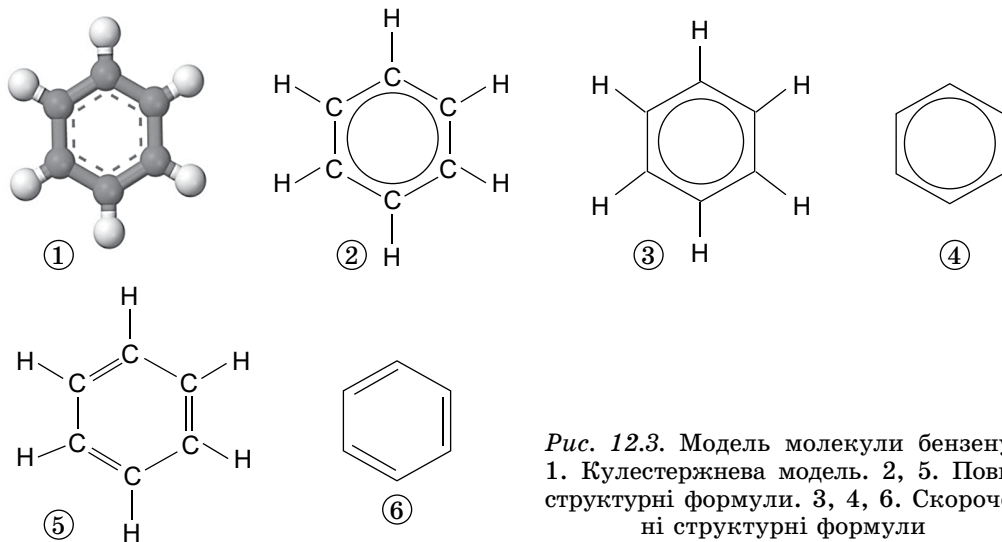


Рис. 12.3. Модель молекули бензену. 1. Кулестержнева модель. 2, 5. Повні структурні формули. 3, 4, 6. Скорочені структурні формули

Згодом, на межі XIX та XX століть, за результатами аналізу накопичених експериментальних даних у науковій хімічній спільноті виникла гіпотеза¹: у молекулі бензену всі Карбон-Карбонові зв'язки рівноцінні. З розвитком уявлень про електронну природу хімічного зв'язку з'ясовано, що в молекулі бензену між атомами Карбону немає ні ординарних, ні подвійних зв'язків, а є високосиметрична стійка електронна система, яку схематично позначають кільцем усередині шестикутника² (рис. 12.3). Із часом цю гіпотезу було багаторазово підтверджено численними дослідженнями. Вона набула ознак теорії, бо на її основі вдавалося правильно прогнозувати властивості синтезованих похідних бензену.

Використання сучасних фізичних і квантових методів дослідження дало змогу скласти остаточно правильне уявлення щодо будови молекули бензену й вуглеводнів, першим представником гомологічного ряду яких він є, – *аренів*.

Арені – вуглеводні, що містять принаймні одне *ароматичне кільце* – плоску циклічну структуру, де атоми Карбону сполучені між собою особливими хімічними зв'язками, проміжними за довжиною і деякими іншими характеристиками між подвійним (ненасиченим) і простим (насиченим). Інша назва аренів – *ароматичні вуглеводні*, а зв'язків у їхніх молекулах між атомами Карбону – *ароматичні зв'язки*.

Цікаво пізнавально

Похідні ароматичних вуглеводнів у давнину добували з природних смол і бальзамів, що мали характерний специфічний запах. Тому ці вуглеводні називали ароматичними. Назва збереглася дотепер, хоча згодом відкрито й синтезовано ароматичні вуглеводні без запаху.

¹ Німецький хімік-органік Тіле Фрідріх Карл Йоганнес у 1899 році розробив теорію парціальних (від лат. *pars* (*partis*) частка – частковий, окремий) валентностей, на основі якої модернізував структурну формулу бензену. Він уважав, що атоми Карбону з'єднані ординарними зв'язками, а залишкові валентності рівномірно розподілені по всьому кільцю. Дев'ять валентностей припадає на шість атомів, тобто зв'язки в молекулі бензену – «полуторні».

² Формулу запропонував американський фізик і хімік Лайнус Полінг, двічі лауреат Нобелівської премії.

Бензен – найпростіший ароматичний вуглеводень. Структурні формули його гомологів наведено на рисунку 12.4.

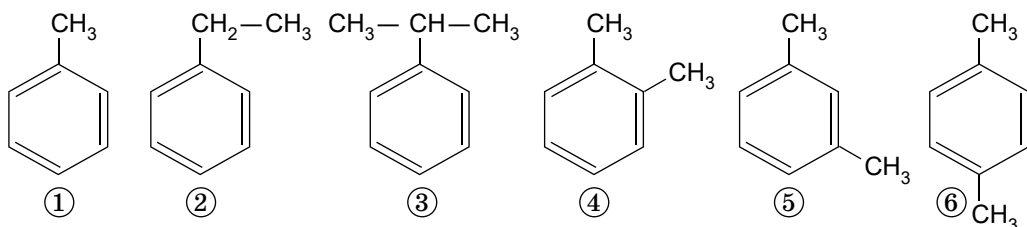


Рис. 12.4. Гомологи бензену: 1. Метилбензен (толуен). 2. Етилбензен. 3. Ізопропілбензен. 4. 1,2-Диметилбензен. 5. 1,3-Диметилбензен. 6. 1,4-Диметилбензен

? За наведеними структурними формулами гомологів бензену складіть їхні молекулярні формули й виведіть загальну формулу аренів. Проконтролюйте правильність виконання завдання за схемою 5.1. Чи є поміж наведених формул формули ізомерів?

Цікаво і пізнавально

Кекулен – поліциклічна ароматична сполука з хімічною формулою $C_{48}H_{24}$. Уперше синтезована в 1978 році й названа на честь німецького хіміка-органіка Фрідріха Кекуле. Молекула кекулену складається з 12 поліконденсованих бензенових кілець у формі макроциклічного шестикутника, він має найбільший розмір циклу з усіх вивчених сполук (рис. 12.5.1). Карпатит (рис. 12.5.2) – рідкісний мінерал, мінеральна форма поліциклічного ароматичного вуглеводню коронену (рис. 12.5.3). Уперше описано в 1955 році, знайдено в Закарпатській області України.

Фізичні властивості бензену ретельно досліджені й докладно описані з часів Фарадея (рис. 12.6).

? Роздивіться рисунки 12.6.2 і 12.6.3. Зробіть висновки щодо того, у якому стані перебуває бензен за звичайних умов, чи має він колір, чи розчиняється у воді. Висловіть припущення, полярним чи неполярним розчинником є бензен. Порівняйте густину бензену з густиною води. *Пригадайте з курсу фізики 9 класу зміст поняття «показник заломлення світла» і встановіть відповідність між речовинами (вода, бензен, повітря, скло) та показниками заломлення світла (1; 1,33; 1,5).

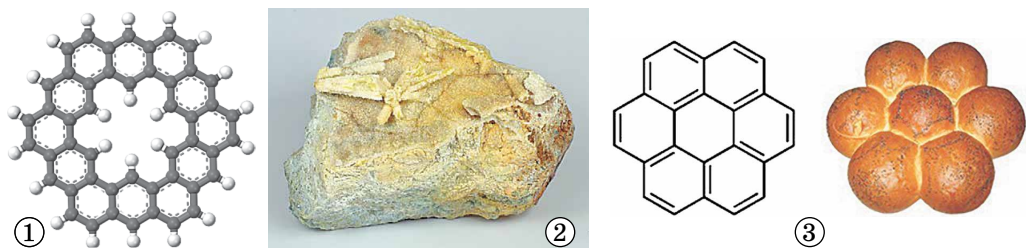


Рис. 12.5. 1. Модель молекули кекулену. 2. Карпатит – мінеральна форма поліциклічного ароматичного вуглеводню коронену. 3. Молекула коронену подібна до булки-«ромашки». Якщо від такої «хімічної булки» «відламувати» по «пелюстці», утворяться інші поліциклічні ароматичні вуглеводні: бензоперилен, олімпіцен, пірен, фенален, нафтален, бензен



Рис. 12.6. 1. Майкл Фарадей (1791–1867). Навчався самотужки, наукові дослідження почав у галузі хімії. Зробив вагомий внесок у розвиток хімічного аналізу, синтетичної органічної хімії, металургії, уперше добув низку газів у зрідженому стані, виділив бензен та ізобутен з конденсату світильного газу. Добув 1,1,1,2,2,2-гексахлоретан. Установив кількісні закони електролізу. Увів терміни «йон», «катіон», «аніон», «електрод», «електроліт», поняття діелектричної проникності. Досліджував електромагнетизм, створив учення про електромагнітне поле. Член багатьох академій наук і наукових товариств. 2. Зразок бензену, який добув М. Фарадей. 3. Металевий циліндр, занурений у скляний хімічний стакан з водою і бенzenом

Самостійно проконтролювати правильність виконання завдання ви зможете, проаналізувавши дані щодо фізичних властивостей бензену, наведені в таблиці 12.1.

Таблиця 12.1. Фізичні властивості бензену

Колір	пари, рідини	немає забарвлення
	твердої речовини	білий
Запах		характерний різкий
Розчинність у воді, г/л (за 25 °C)		1,79
Температура, °C	плавлення	5,5
	кипіння	80,1
Густина, г/см ³		0,879
Показник заломлення світла (за 20 °C)		1,5011

Як експериментально перевірити достовірність деяких фактів, наведених у таблиці 12.1? І чи доцільно робити це в шкільній хімічній лабораторії? Адже бензен – одна з найтоксичніших речовин, яка трапляється всюди. Проникає в організм переважно через органи дихання, слизові оболонки, шкірний покрив. Бензен може потрапити в організм не лише на робочому місці, а й у побуті. Причина – повсюдне використання паливно-мастильних матеріалів і розчинників, що містять бензен. Ще одне побутове джерело потрапляння бензену в організм людини – тютюновий дим. Цей найпростіший арен такий небезпечний, що Міжнародне агентство з вивчення ракових захворювань визнало його одним з найсильніших

канцерогенів. У Женеві ще 1971 року Генеральною конференцією Міжнародної організації праці прийнято «Конвенцію про бензен». Вона закликає обмежити використання речовини, яка становить смертельну загрозу людству. З огляду на це *сплануймо хід віртуального (уявного) експерименту, поміркуймо й, використавши наведені в таблиці 12.1 дані та набуті раніше знання, спрогнозуймо його результати.*

1. З'ясуймо, чи є бензен леткою речовиною.

Плануємо	Міркуємо й прогнозуємо
На один клаптик фільтрувального паперу нанесемо краплю води, на інший – бензену	Молекули бензену, який належить до вуглеводнів, неполярні, слабо притягаються одна до одної, а між диполями води існують водневі зв'язки. Тому бензен швидко випарується, а пляма води на папері зникне значно пізніше

2. З'ясуймо, чи розчиняються йод і соняшникова олія в бензені.

Плануємо	Міркуємо й прогнозуємо
У дві пробірки наллємо трохи бензену й добавимо в першу пробірку кристалик йоду, у другу – доллємо соняшникової олії. Уміст кожної пробірки перемішаємо	Молекули бензену, який належить до вуглеводнів, неполярні, так само як і молекули йоду та соняшникової олії. Тому і йод, і олія розчиняться в бензені

3. З'ясуймо, чи розчиняється бензен у воді та етанолі.

Плануємо	Міркуємо й прогнозуємо
Розділимо добуті в попередньому досліді розчин йоду в бензені на дві пробірки. У першу пробірку доллємо трохи води, у другу – етанолу	Молекули бензену, який належить до вуглеводнів, неполярні, у складі молекули етанолу є малополярна алкільна група – C_2H_5 . Вода – полярний розчинник. Тому внаслідок змішування розчину йоду в бензені з етанолом утвориться однорідний забарвлений розчин. Унаслідок змішування розчину йоду в бензені з водою утворяться два шари рідини. Оскільки густина води більша за густину бензену, то знизу буде безбарвний шар води, а зверху – забарвлений шар розчину йоду в бензені

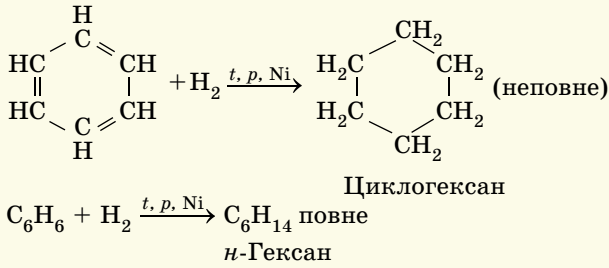
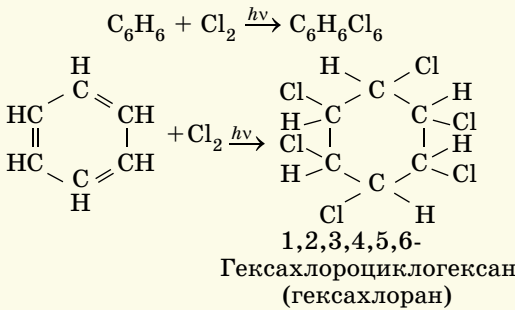
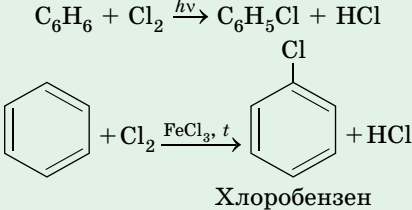
4. Порівняймо температури замерзання води й бензену.

Плануємо	Міркуємо й прогнозуємо
У кристалізатор з холодною водою і крижинками (або снігом), що плавають у ній, одночасно зануримо дві пробірки. В одній з них – безводний бензен об'ємом 5 мл, у другій – стільки само води	Температура плавлення і, відповідно, замерзання води становить $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, вона нижча за температуру замерзання бензену. Тож під час проведення дослідів бензен кристалізуватиметься, а вода залишиться в рідкому стані

Отже, ми пересвідчилися, що фізичні властивості бензену зумовлені його молекулярною природою.

Хімічні властивості бензену зумовлені його хімічною будовою. Через особливості будови молекули бензен є досить малоактивною речовиною, однак за певних умов бере участь як у реакціях приєднання, подібно до ненасичених вуглеводнів, так і в реакціях заміщення, подібно до алканів. Пересвідчитися в цьому ви зможете, проаналізувавши дані, наведені в таблиці 12.2, і доповнивши їх на основі здобутих раніше знань.

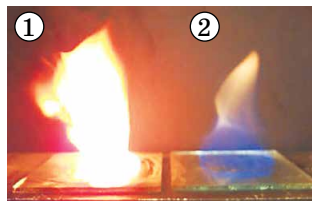
Таблиця 12.2. Хімічні властивості бензену

Назва реакції		Схема реакції
Повне окиснення (горіння, див. рис. 12.7)		$C_6H_6 + O_2 \rightarrow \dots + \dots$
Приєднання	Гідрування	
	Хлорування	
Заміщення		



Перетворіть схеми реакцій, наведені в таблиці 12.2, на хімічні рівняння. Під час яких реакцій ароматичне кільце руйнується, а під час яких – зберігається?

Рис. 12.7. Бензен (1), на відміну від етанолу (2), горить кріпким світлим полум'ям. Поясніть чому.

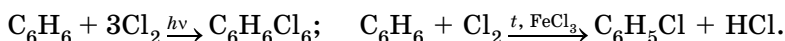
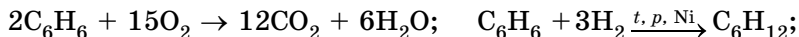


ПРО ГОЛОВНЕ

- Бензен – найпростіший ароматичний вуглеводень.
- Арени – вуглеводні, що містять принаймні одне ароматичне кільце – плоску циклічну структуру, де атоми Карбону сполучені між собою ароматич-

ними зв'язками, проміжними за довжиною і деякими іншими характеристиками між подвійним (ненасиченим) і ординарним (насиченим).

- Бензен вступає в реакції повного окиснення, гідрування (приєднання), хлорування (як приєднання, так і заміщення):



- Бензен – малоактивна сполука, не знебарвлює бромну воду й водний розчин калій перманганату.
- Бензен – займиста, отруйна речовина.



Перевірте себе

1. Яка найпростіша формула бензену? Який ще вуглеводень має таку саму найпростішу формулу?
2. Яку структурну формулу бензену запропонував Ф. Кекуле? У чому її недосконалість?
3. Які вуглеводні називають аренами?
4. Яка загальна формула аренів?
5. Які фізичні властивості бензену? Чим вони зумовлені?
6. У які реакції вступає бензен?
7. Чим зумовлені хімічні властивості бензену?
8. Чим небезпечний бензен?



Застосуйте свої знання й уміння

9. Складіть рівняння реакцій: а) повного окиснення метилбензену; б) його бромовання (каталітичного та за УФ освітлення).
10. Порівняйте будову молекул і хімічні властивості метану, етену, етину та бензену. Результат порівняння оформіть як таблицю або як діаграму Венна.



Творча майстерня

11. Дізнайтеся з додаткових джерел інформації, які цікаві історії пов'язують з відкриттям Ф. Кекуле структурної формули бензену. Форму представлення результатів дослідження оберіть самотужки: мультимедійна презентація, інсценування тощо. Залучіть до співпраці однокласників і однокласниць.



Дізнайтеся більше

http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/benzene/en/
<https://www.youtube.com/watch?v=fQl1i42hw7A>
<https://www.youtube.com/watch?v=XZDJDT6xZeY>
<https://www.youtube.com/watch?v=p8rWP8ytdU4>
<https://www.youtube.com/watch?v=Td9cnyj8Y4g>
<https://www.youtube.com/watch?v=86N-X8jldg0>
<https://www.youtube.com/watch?v=CvzEBAWKN30>
<https://www.youtube.com/watch?v=X0T5Sjwe7F0>
<https://www.youtube.com/watch?v=u-LUH3JEy2s>

§ 13. Методи добування алканів, етену, етину, бензену. Взаємозв'язок між вуглеводнями

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **складати** рівняння реакцій, які описують добування алканів, етену, етину, бензену;
- **установлювати** взаємозв'язки між гомологічними рядами вуглеводнів;
- **характеризувати** способи добування алканів, алкенів і алкінів, бензену.

Цілісне уявлення щодо груп вуглеводнів та їхніх окремих представників ви зможете дістати, спираючись на свої знання про класифікацію вуглеводнів за будовою карбонового ланцюга й ступенем насиченості, про

вплив складу й хімічної будови органічних сполук на їхні властивості. Ви, звісно, пам'ятаєте, що атоми Карбону здатні сполучатися між собою з утворенням ланцюгів різної довжини й циклів, утворювати ординарні й кратні зв'язки. Також ви знаєте, що гомологи за складом відрізняються один від одного на гомологічну різницю – одну або декілька груп $-\text{CH}_2-$ та що в ненасичених (алкенах і алкінах) і циклічних (циклоалканах і аренах) вуглеводнях менша частка (мольна, масова) атомів Гідрогену порівняно з насиченими ациклічними вуглеводнями (алканами). Характерні ознаки кожної із зазначених груп вуглеводнів, їхні загальні формули ви зможете пригадати, скориставшись схемою на рисунку 5.1.

Вочевидь, що вуглеводні однієї групи можна перетворити на вуглеводні іншої групи приєднанням або відщепленням водню (гідруванням й дегідруванням відповідно). Цей метод підходить для більшості переходів, хоча й не є універсальним. Спрощено ці переходи показано стрілками на схемі (рис. 13.1).

Отже, алкани можна добути гідруванням алкенів, алкінів і циклоалканів, наприклад:

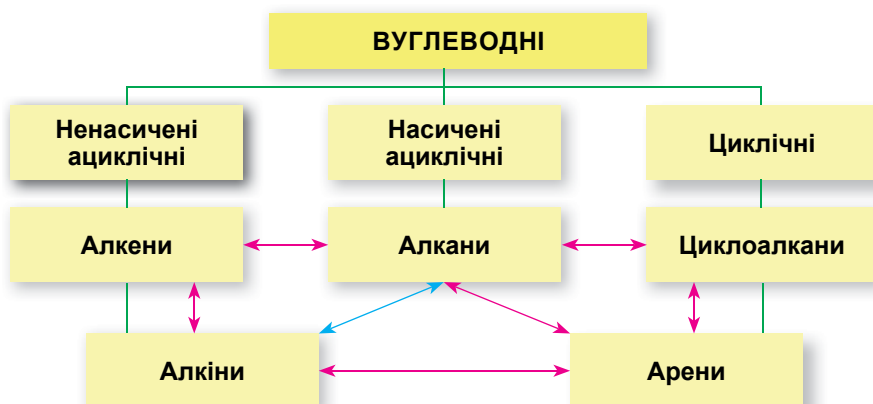
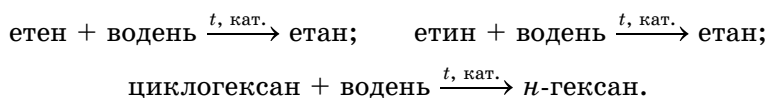
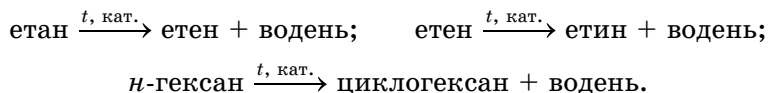


Рис. 13.1. Взаємозв'язки між деякими групами вуглеводнів, які можна перетворити один на одного в одну стадію, позначено стрілками червоного кольору, взаємоперетворення алканів і алкінів, яке відбувається в дві стадії, позначено стрілкою синього кольору

І навпаки – етен і етин можна добути дегідруванням етану, а циклогексан – дегідруванням гексану:



Перетворіть наведені вище схеми реакцій на хімічні рівняння. Поміркуйте й висловіть припущення, чому перетворення n -гексану на циклогексан називають реакцією дегідроциклізації.

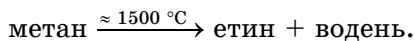
Етин і етен також зазнають взаємоперетворень:





Перетворіть наведені вище схеми реакцій на хімічні рівняння.

Етин можна добути і в інші способи, наприклад термічним розкладанням метану:

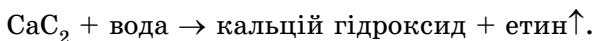


Іншим цінним продуктом цієї реакції є неорганічна речовина – водень. Це перетворення є яскравим свідченням існування генетичних зв'язків між органічними й неорганічними речовинами.



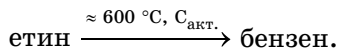
Перетворіть схему реакції термічного розкладання метану на хімічне рівняння.

Ще один спосіб добування етину також ілюструє генетичні зв'язки між неорганічними й органічними речовинами. Ідеться про реакцію кальцій карбіду (кальцій ацетиленіду) CaC_2 ¹ з водою, тобто його гідроліз:

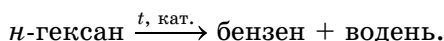


Перетворіть схему реакції гідролізу кальцій карбіду на хімічне рівняння.

Далі тримеризацією етину можна добути бензен:



Також бензен можна добути дегідруванням *n*-гексану:



Перетворіть схему реакції дегідруванням *n*-гексану на хімічне рівняння. Визначте, який перехід, позначений на схемі (рис. 13.1), не описано в тексті параграфа. Складіть рівняння реакцій, які відповідають йому.

Цікаво і пізнавально

У 1886 році запатентовано вогнетривку футеровку (захисне внутрішнє облицювання) з вапна й вугілля для печей, у яких виплавляли алюміній (складіть рівняння реакції між вапном і вугіллям, якщо її продуктами є кальцій карбід і карбон(IV) оксид). Дітлахи на заводі часто розважалися тим, що лили воду на шматки старої футеровки й спостерігали виділення внаслідок цього газу. Однак ніхто не передбачав значення цієї гри...

У середині XIX століття французький хімік Марселен Бертло піддав етин піролізу в сталевій трубці, розжареній до червоного, і поміж інших продуктів добув бензен. У 1924 році видатний російський хімік Микола Дмитрович Зелінський удосконалив методику добування етину, використавши як каталізатор активоване вугілля. Ця реакція стала іменною. У 1948 році німецький хімік Вальтер Реппе досяг зниження температури її перебігу, використавши як каталізатор нікель. Тому реакція тримеризації етину є однією із чотирьох, названих на його честь.

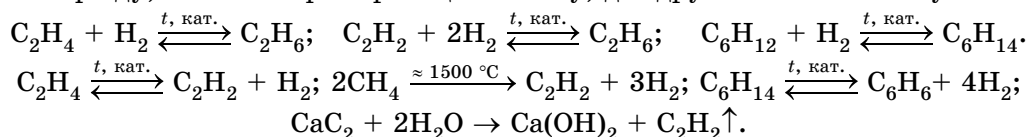
Взаємозв'язок між вуглеводнями, їхнім складом, будовою і властивостями, органічними й неорганічними речовинами, живою й неживою природою не підлягає сумніву. Вивчення будови, хімічних властивостей і способів добування вуглеводнів різних груп доводить: усі вони генетично пов'язані між собою та здатні до взаємних перетворень. Тобто є можливість цілеспрямовано синтезувати вуглеводні заданого складу й будови через низку певних хімічних реакцій (ланцюг перетворень). Ви дістали лише початкові уявлення про органічний синтез на основі вуглеводневої сировини. Під час подальшого вивчення органічної хімії ви зможете пересвідчитися, що за допомогою органічного синтезу добувають безліч різно-

¹ У побуті цю речовину називають карбідом.

манітних органічних речовин, що саме в ньому, за словами лауреата Нобелівської премії з хімії за 1965 рік Роберта Вудворда, «можна знайти і виклик, і дерзання пригоди, і осяяння та натхнення мистецтва».

ПРО ГОЛОВНЕ

- Вуглеводні однієї групи можна перетворити на вуглеводні іншої групи гідруванням або дегідруванням.
- Між вуглеводнями, їхнім складом, будовою і властивостями, органічними й неорганічними речовинами, живою й неживою природою є генетичні зв'язки.
- Алкани можна добути гідруванням алкенів і алкінів, етен – дегідруванням етану, етин – дегідруванням етану й етену, гідролізом кальцій карбіду, бензен – тримеризацією етину, дегідруванням *n*-гексану:



Перевірте себе

1. Як вуглеводні однієї групи можна перетворити на вуглеводні іншої групи? 2. Як можна добути: а) алкани; б) етен; в) етин; г) бензен? 3. Які речовини можна добути: а) дегідруванням алканів; б) гідруванням алкенів; в) гідруванням алкінів; г) гідратацією кальцій карбіду; д) дегідруванням *n*-гексану?



Застосуйте свої знання й уміння

4. Складіть рівняння реакцій, що відповідають ланцюгам перетворень:

а) етан → етен → етин → бензен → 1,2,3,4,5,6-гексахлороциклогексан;

б) бензен → циклогексан → *n*-гексан → 1-хлорогексан;

в)

метан	→	етин	→	етен	→	етан;
↓		↓		↓	↘	↓
дихлорометан		1,2-дихлороетен		1,2-дихлороетан		1-хлороетан

г) етен → етин → 1,1,2,2-тетрабромоетан;

д) барій карбід → етин → бензен → 1-бромобензен;

е) бензен → циклогексан → *n*-гексан → гекс-2-ен.

5. Французький хімік П'єр Ежен Марселен Бертло в 1863 році добув ацетилен пропусканням водню над розпеченими електричною дугою графітовими електродами. Складіть рівняння цієї реакції. Визначте, до яких речовин – неорганічних чи органічних – належать її продукт і реагенти. Поясніть, про що свідчить її перебіг.



Творча майстерня

6. За результатами опрацювання параграфа складіть картку рефлексії.

§ 14. Застосування вуглеводнів

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **установлювати** причиново-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями, зберіганням, транспортуванням і застосуванням вуглеводнів та їхнім впливом на довкілля;
- **дотримуватися** правил безпечного поводження з вуглеводнями та їхніми похідними в побуті;
- **усвідомлювати** необхідність збереження довкілля під час добування й застосування вуглеводнів;

- **обґрунтовувати** застосування вуглеводнів їхніми властивостями;
- **оцінювати** пожежну небезпечність вуглеводнів; екологічні наслідки порушення технологій добування й застосування вуглеводнів та їхніх похідних;
- **висловлювати судження** щодо значення засобів захисту рослин і їхнього впливу на здоров'я людей та довкілля за неправильного використання їх.

Причиново-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями, зберіганням, транспортуванням і застосуванням вуглеводнів та їхнім впливом на довкілля розгляньмо на прикладах з повсякденного життя. Погляньмо на вуглеводні та їхні похідні очима представників і представниць різних професій у галузях видобування та перероблення нафти й газу, транспорту, енергетики, екології, медицини, фармації, кулінарії, поліграфії тощо та пересічних громадян і громадянок.

Вуглеводні – займисті вогне- та вибухонебезпечні речовини, багато з яких становлять небезпеку для довкілля. Тому їхні видобування, транспортування та використання як у виробничих умовах, так і в побуті пов'язані з неабиякими ризиками та потребують великої обережності. Однією із серйозніших небезпек на підприємствах з перероблення газу й нафти є утворення та вибухання парогазових сумішей, викиди в атмосферу парникових газів, отруйного сірководню та інших шкідливих речовин, забруднення довкілля нафтопродуктами. Аварії на таких підприємствах можуть завдати шкоди не лише їм самим, а й перетворити навколишню місцевість на зону екологічного й економічного лиха. Дуже небезпечними є й вибухи побутового газу, особливо в багатоквартирних будинках. Численні підтвердження цього ви знайдете на сайті Державної служби України з надзвичайних ситуацій та в повідомленнях ЗМІ.

Вуглеводні широко використовують як паливо. У цьому ви легко пересвідчитесь після того, як проаналізуєте рисунок 14.1, оціните здобуту інформацію й доповніте її на основі власного життєвого досвіду. Адже вуглеводні щодня трапляються людині чи не на кожному кроці (*наведіть кілька прикладів*).

Цікаво і пізнавально

Реакції горіння вуглеводнів використовують для генерування теплової, світлової, електричної, механічної енергії тощо.



Складіть рівняння реакцій горіння метану, пропану, *n*-бутану, *n*-пентану, октадекану $C_{18}H_{38}$ (складник парафіну), етину, добування етину гідратацією кальцій карбіду, зазначте тепловий ефект реакцій. Наведіть інші приклади застосування реакцій горіння вуглеводнів з огляду на свій життєвий досвід.



1. Перший в Україні газовий завод, що виробляв світільний газ¹ для освітлення вулиць, запрацював 1858 року у Львові. Вісім років потому газові ліхтарі засвітили в Одесі, 1871 року – у Харкові. 2 листопада 1872 року вулиці Києва також почали регулярно освітлювати газовими ліхтарями. Газ підвели до пам'ятника Св. Володимиру. Хрест, що сяяв над містом, був дороговказом для тих, хто мандрував чи йшов на прощу. Нині на землі залишилося лише кілька осіб цієї професії, які запалюють і гасять газові ліхтарі. Одна з них робить свою роботу на вулиці Вроцлава, Польща

¹ Світільний газ (міський газ, кам'яновугільний газ) – суміш водню (50 %), метану (34 %), карбон(II) оксиду (8 %) та інших горючих газів, що утворюється внаслідок високотемпературної сухої перегонки кам'яного вугілля або нафти.



2. Свічка як освітлювальний прилад є простим, але ефективним інженерним рішенням. Її дослідженню, зокрема, присвячено роботу Майкла Фарадея «Історія свічки». Німецький хімік, геолог, промисловець, дослідник природи, філософ Карл фон Райхенбах у 1830 році відкрив парафін. З тих часів переважно саме з парафіну й виготовляють свічки



3. Міська аптека у Віслоху (Німеччина) була першою «АЗС¹» у світі, тому що в ній Берта Бенц 5 серпня 1888 року придбала пальне (лігроїн тоді продавали в аптеках як засіб для чищення й вибавляння плям), щоб заправити автомобіль, який винайшов її чоловік Карл Бенц. Це була перша у світі автомобільна поїздка на велику відстань. Її Берта здійснила разом з двома малолітніми синами. Вона зробила це за власною ініціативою й потайки від чоловіка – для того, щоб привернути увагу громадськості до його винаходу. У 2008 році Меморіальний маршрут Берти Бенц офіційно визнано маршрутом німецької промислової спадщини



4. Першу газову лампу побачив у Багдаді та описав перський енциклопедист алхімік Ар-Разі (IX ст.). Еволюцію цього освітлювального приладу можна простежити в інтер'єрі ресторану «Газова лампа», у Львові на Вірменській вулиці. Гостей біля входу в ресторан «зустрічають» винахідники газу й газової лампи. Бронзовий Ян Зег «розмістився» за столом, а його колега Ігнатій Лукасевич «стежить за порядком» з вікна третього поверху



5. У карбідній лампі джерелом світла є відкрите полум'я струменя ацетилену, який утворюється внаслідок хімічної реакції кальцій карбіду з водою. На початку ХХ ст. в будинках, на вулицях, у готелях, фабриках, школах, лікарнях, судах, маяках почали використовувати світильники з яскравим ацетиленовим полум'ям. І досі ацетиленові ліхтарі використовують у спелеології



6. Газове зварювання й різання металів почали інтенсивно використовувати із середини ХІХ століття. Цей високотемпературний процес відбувається із застосуванням суміші кисню і газуватого пального, переважно ацетилену, рідше – пропану, бутану тощо

Рис. 14.1. Приклади використання горіння вуглеводнів для генерування енергії

¹ Автомобільна заправна станція.



Рис. 14.2. Теплотерапія з використанням озокериту (1) і парафіну (2) – ефективна лікувальна процедура та засіб догляду за шкірою

Не лише горінням вуглеводні служать людям. Наприклад, вазелінова олія – суміш рідких насичених вуглеводнів із кількістю атомів Карбону в ланцюзі до 15 – прозора рідина без запаху й смаку, яку використовують у медицині, парфумерії та косметології. Вазелін – суміш рідких і твердих алканів складу C_{18} – C_{35} – застосовують у медицині, у складі косметичних засобів і в техніці – як мастило та для просочування паперу й тканин.

Озокерит (від грец. ὄζω – пахну і κρός – віск), або гірський віск, – суміш високомолекулярних твердих насичених вуглеводнів природного походження. Його використовують у радіо- й електротехніці як електроізоляційний матеріал, у хімічній промисловості – для виробництва лаків, у медицині – для виготовлення вазеліну, мазей, кремів тощо, а також, так само як і парафін, для теплотерапії. Гарячі парафін і озокерит не обпікають шкіру, бо через низьку теплопровідність віддають тепло повільно, невеликими порціями (рис. 14.2).

Головним складником лікарських засобів у формі спреїв для швидкого охолодження місць забиття, розтягнення м'язів, зв'язок, переламів тощо є зріджені гази – пропан, бутан та ізобутан, *n*-пентан. Після потрапляння на шкіру ці речовини миттєво випаровуються, температура обробленої ділянки тіла знижується. Це сприяє тамуванню болю.

Пропан, ізобутан, пропен широко використовують як холодоагенти, які, на відміну від галогенопохідних алканів, не руйнують озоновий шар.

Алкани нерозгалуженої будови використовують як поживне середовище для вирощування мікроорганізмів (дріжджів, бактерій) у виробництві кормового білка.

Вуглеводні – складники багатьох органічних розчинників. Нафтові розчинники – фракції, добуті перегонкою нафти. Вони складаються із сумішей вуглеводнів (парафінів, циклопарафінів, аренів). Це прозорі оліїсті рідини з характерним запахом нафтопродуктів, легкозаймисті й токсичні. Найвідоміші з них – бензини, гас, уайт-спірит (рис. 14.3). Їх використовують на виробництві та в побуті для розбавлення фарб, промивання деталей, видалення забруднень і консервувальних покриттів (шару мастила, наприклад).

Сольвент – суміш ароматичних вуглеводнів (їхня частка становить



Рис. 14.3. 1. Уайт-спірит. 2. Бензин калоша. 3. Сольвент

близько 56 %) з невеликим умістом циклопарафінів, парафінів і ненасичених циклічних вуглеводнів. Його застосовують для розчинення масел, бітумів, каучуків, полімерних смол.

Важливо пам'ятати, що рідкі гомологи метану, зокрема складники газу й бензину, та багато галогенопохідних вуглеводнів – токсичні речовини. Потрапляння їх в організм через органи дихання та шкіру спричиняє як гострі, так і хронічні отруєння. Особливо небезпечним є ефект звикання до них – токсикоманія.



Пригадайте з курсу основ здоров'я, чим небезпечна токсикоманія. Змодельуйте ситуацію відмови від небезпечних пропозицій.

Вуглеводні – сировина для органічного синтезу й добування деяких неорганічних речовин. З метану, наприклад, добувають сажу, водень, етин (*складіть рівняння відповідних реакцій*). З гомологів метану синтезують найрізноманітніші органічні сполуки, без яких важко уявити повсякденне життя. Етен – мономер для виробництва поліетилену, сировина для виробництва етанолу й багатьох інших органічних речовин. Гідратацією етину добувають етаналь. Відомо дуже багато схем синтезів різноманітних сполук на основі вуглеводневої сировини. Бензин, газ, мастила, пластмаси, засоби для прання та чищення, лікарські препарати, засоби захисту рослин, фарби, клеї тощо – усе це продукти перероблення вуглеводнів.



Складіть рівняння реакцій, про які йшлося в цьому пункті параграфу, зазначте їхні типи.

Засоби захисту рослин чи стійкі органічні забруднювачі? Ідеться про похідні вуглеводнів, які використовують для боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами рослин. Про одну з таких речовин ви вже дізналися з курсу хімії 9 класу. Це ДДТ $C_{14}H_9Cl_5$ – ефективний інсектицид, який застосовували проти комарів, сарани, малярійного комара, шкідників бавовника, соєвих бобів, арахісу. Заборонений для застосування в багатьох країнах через те, що здатний накопичуватися в організмі тварин, людини і майже не розкладається в довкіллі. Інші подібні за дією речовини – продукти хлорування бензену – 1,2,3,4,5,6-гексахлоробензен та 1,2,3,4,5,6-гексахлороциклогексан або гексахлоран¹ (рис. 14.4).

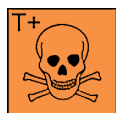
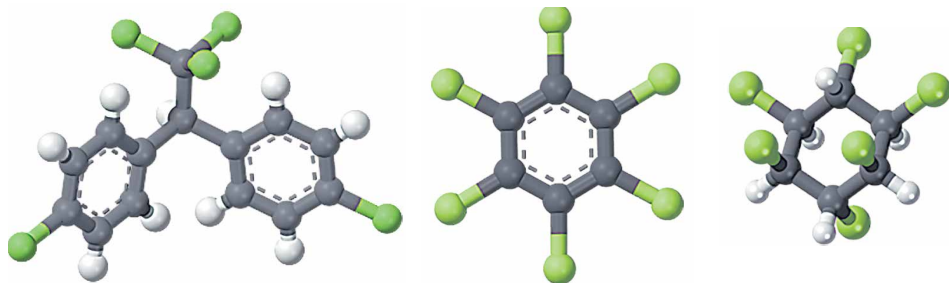


Рис. 14.4. Щодо цих речовин діє Стокгольмська конвенція про СОЗ, згідно з якою виробництво й використання їх заборонено в усьому світі



Порівняйте склад і будову молекул речовин, моделі яких зображено на рисунку 14.4. Поміркуйте й зробіть припущення, чим зумовлені водночас їхні висока ефективність у боротьбі зі шкідниками і небезпечність для довкілля.

¹ Про цю речовину ви дізналися з § 12.

Цікаво і пізнавально

Відомо, що речовини, подібні до ДДТ, виробляють симбіотичні бактерії, які мешкають у морських губках і, мабуть, у такий спосіб захищають своїх хазяїв від поїдання.

Вуглеводні використовують не лише люди, а й бактерії, рослини і тварини. Торф'яні болота – одне з основних джерел метану – парникового газу, який утворюється внаслідок розкладання рослинних решток без доступу повітря. Однак у торфовищах метан не лише утворюється, а й поглинається. Убирають його сфагнові мохи, що живуть у симбіозі з бактеріями, які використовують метан як джерело живлення й енергії.

Є бактерії, здатні окиснювати й інші насичені вуглеводні. На цьому базується прогресивна *біотехнологія* очищення ґрунтів від забруднення нафтопродуктами. Деякі з вищих насичених вуглеводнів є складниками *феромонів* тварин. Запах феромонів приваблює або відлякує комах. Наприклад, феромон тривоги в мурашок-древоточців роду *Camponotus* містить насичені вуглеводні з десятима й дванадцятьма атомами Карбону в ланцюзі – декан і додекан (*складіть хімічну формулу додекану*). Вуглеводні складу $C_{16} - C_{36}$ у поверхневому шарі кутикул рослин запобігають їхньому висиханню. У ході еволюції алкани й алкени нормальної будови, які виробляють квітки орхідеї роду *Офріс* (*Ophrys Sphegodes*), набули нової функції – приваблювання комах.

Етен є фітогормоном, який сприяє дозріванню плодів і спричиняє опадання листків рослин. Найактивніше етен виробляють зрізані квіти та плоди в період дозрівання. Це потрібно брати до уваги під час зберігання й транспортування овочів і фруктів.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Між складом, будовою, властивостями, зберіганням, транспортуванням і застосуванням вуглеводнів та їхнім впливом на довкілля існують причиново-наслідкові зв'язки.
- Вуглеводні широко використовують на виробництві й у повсякденному житті.
- Вуглеводні становлять пожежну небезпеку.
- Унаслідок порушення технологій добування й застосування вуглеводнів та їхніх похідних, зокрема засобів захисту рослин, виникають складні екологічні й економічні ситуації.
- Необхідно дотримуватися правил безпечного поводження з вуглеводнями та їхніми похідними на виробництві й у побуті; усвідомлювати необхідність збереження довкілля під час добування й застосування їх.



Перевірте себе

1. Чим небезпечні вуглеводні під час використання на виробництві? У побуті?
2. Для чого використовують реакції горіння вуглеводнів? 3. Наведіть приклади застосування вуглеводнів, не пов'язані з горінням цих речовин.
4. Яку небезпеку для довкілля становлять вуглеводні та їхні галогенопохідні?



Застосуйте свої знання й уміння

5. У позаминулому столітті в сольовій копальні «Камера Спалена» у горі Величка (Польща) робітники, яких називали «грішниками, що каються», надягали мокрий одяг із каптурами й колінкували шахтами, тримаючи вертикально в руці довгі ціпки, на кінцях яких жевріли смолоскипи. Поясніть їхні дії. 6. Поясніть, чому в інструкції з використання спреїв на основі вуглеводнів для швидкого охолодження враженої ділянки тіла є

засторога: «Заборонено зберігати за температури понад 50 °С, тримати під прямими сонячними променями, розпилювати поблизу відкритого вогню». 7. Поясніть, чому: а) жирову пляму з тканини вибавляють не водою, а бензином; б) для вибавлення з тканини чи паперу парафінової плями потрібно пропрасувати її через кілька шарів пористого паперу гарячою праскою. 8. Проаналізуйте побутові поради, у тексті яких пропущено слово, що позначає суміш алканів. Визначте, про що йдеться, обґрунтуйте свою думку. «Для запобігання корозії металевих інструментів розітріть по їхній поверхні тонким шаром трохи ..., щоб захистити від вологи. Щоб зробити поверхню шкіряного взуття водовідштовхувальною, змастіть її ... і ретельно розітріть. Щоб кришечка слоїка з лаком для нігтів не присихала до його шийки, змастіть різьбу невеликою кількістю ...». Порівняйте вашу відповідь із відповідями ваших однокласників і однокласниць. Чи однакової думки ви дійшли? 9. Нещодавно влада Берліна ухвалила рішення замінити старовинні газові ліхтарі на електричні. Оцініть економічні, екологічні та історико-культурні наслідки цих дій. Ви схвалюєте їх чи засуджуєте? Чому? 10. Поясніть, чому небезпечно купувати засоби захисту рослин і боротьби з комахами на стихійних ринках. 11. Квіти й фрукти на полотнах митців милують око й уражають свіжістю. Однак у повсякденному житті таке сусідство недоцільне – квіти швидше в'януть, плоди жовтіють, стають зморшкуватими. Поясніть причину цього явища. 12. Задля збільшення терміну зберігання овочів і фруктів у холодильнику створено спеціальну тару – пакетики (саше) з пористого паперу. Покриття стінок пакетика містить калій перманганат у суміші з глиною, ця сама гранульована суміш міститься в пакетиках. Як ви вважаєте, чи відповідають ці товари своєму призначенню? Обґрунтуйте свою думку.



Творча майстерня

13. Підготуйте презентацію «Як ми використовуємо вуглеводні». 14. Підготуйте стисле повідомлення «ПАУ¹ – підступні вороги чи ключ до розгадки появи життя на Землі?»



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=4ygS20QrGgk>

<https://www.youtube.com/watch?v=FJjTGonoIM4>

<https://www.youtube.com/watch?v=L1eTe-5rqe4>

<https://www.youtube.com/watch?v=3WklWJW9Quo>

¹ Поліциклічні ароматичні вуглеводні.

Тестовий контроль знань з тем

«Повторення початкових понять про органічні речовини»,
«Теорія будови органічних сполук» і «Вуглеводні»

1. До складу всіх органічних сполук входить
А Магній **Б** Нітроген **В** Карбон **Г** Кальцій
2. Укажіть число, яке дорівнює сумі коефіцієнтів у лівій частині рівняння реакції повного окиснення метану.
А 2 **Б** 3 **В** 4 **Г** 6
3. Геометрична форма молекули метану –
А площинна **Б** лінійна **В** тетраедрична **Г** трикутна
4. Повне окиснення метану є реакцією
А необоротною **Б** ендотермічною **В** ізомеризації **Г** йонного обміну
5. Укажіть загальну формулу вуглеводнів гомологічного ряду метану.
А C_nH_{2n} **Б** C_nH_{2n-2} **В** C_nH_{n+2} **Г** C_nH_{2n+2}
6. Алкан з найдовшими молекулами синтезували 1985 року англійські хіміки І. Бідд і М.К. Уайтінг. Це нонаконтатриктан, молекула якого містить 390 атомів Карбону. Укажіть кількість атомів Гідрогену в молекулі цієї речовини.
А 197 **Б** 390 **В** 780 **Г** 782
7. У членів одного гомологічного ряду
А однаковий якісний склад **В** однакова відносна молекулярна маса
Б однаковий кількісний склад **Г** однакова відносна густина за повітрям
8. Укажіть групу атомів, що є гомологічною різницею в ряду алканів.
А CH **Б** CH_2 **В** CH_3 **Г** CH_4
9. Укажіть число, на яке відрізняються відносні молекулярні маси двох сусідніх членів гомологічного ряду алканів.
А 12 **Б** 14 **В** 16 **Г** 18
10. Усі правильні твердження щодо хімічних зв'язків у молекулах алканів наведено в рядку, позначеному літерою
1 ковалентні **А** 1, 2, 5
2 прості **Б** 2, 3, 5
3 йонні **В** 1, 4, 5
4 подвійні **Г** 3, 5, 6
5 неполярні
6 потрійні
11. Укажіть суфікс у назвах насичених вуглеводнів лінійної будови.
А -он **Б** -ен **В** -ан **Г** -ин
12. Розташуйте алкани за зменшенням їхніх відносних молекулярних мас.
А нонан **Б** пропан **В** октан **Г** гексан
13. Розташуйте алкани за зростанням їхніх відносних густин за киснем.
А етан **Б** пропан **В** метан **Г** бутан.
14. Укажіть речовину, яка розчиняється в гексані.
А вода **Б** натрій хлорид **В** бром **Г** калій гідроксид

15. Розташуйте алкани за зменшенням їхньої густини.
А октан **Б** етан **В** декан **Г** пентан
16. Розташуйте алкани за зростанням їхньої температури кипіння.
А октан **Б** пентан **В** нонан **Г** гексан
17. Яка реакція не характерна для гомологів бутану?
А повне окиснення **В** часткове гідрування
Б ізомеризація **Г** заміщення
18. Гідролізом кальцій карбіду добувають.
А етан **Б** етин **В** кальцій оксид **Г** карбон(IV) оксид
19. Укажіть загальну кількість спільних електронних пар у молекулі етену.
А 2 **Б** 4 **В** 6 **Г** 8
20. Укажіть загальну кількість ковалентних зв'язків у молекулі етену.
А 2 **Б** 4 **В** 5 **Г** 6
21. Укажіть суму коефіцієнтів у лівій частині рівняння реакції горіння етену.
А 2 **Б** 3 **В** 4 **Г** 5
22. Укажіть суму коефіцієнтів у лівій частині рівняння реакції гідрування етену.
А 1 **Б** 2 **В** 3 **Г** 4
23. Етен пропустили крізь бромну воду, а етин – крізь водний розчин калій перманганату. Проаналізуйте твердження й визначте, чи є поміж них правильні.
I. Водний розчин калій перманганату не змінив кольору.
II. Бромна вода знебарвилась.
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
24. Укажіть загальну кількість спільних електронних пар у молекулі етину.
А 2 **Б** 3 **В** 4 **Г** 5
25. Укажіть загальну кількість ковалентних зв'язків у молекулі етину.
А 2 **Б** 3 **В** 4 **Г** 5
26. У пробірку з гексаном добавили водний розчин калій перманганату, а в пробірку з бенzenом – бромну воду. Проаналізуйте твердження й визначте, чи є поміж них правильні.
I. Бромна вода знебарвилась.
II. Водний розчин калій перманганату не змінив кольору.
А правильне лише I
Б правильне лише II
В обидва правильні
Г немає правильних
27. Проаналізуйте твердження й визначте, чи є поміж них правильні.
I. Бензен вступає і в реакції заміщення, і в реакції приєднання.
II. Етен вступає в реакції заміщення і не вступає в реакції приєднання.
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
28. Проаналізуйте твердження й визначте, чи є поміж них правильні.
I. Дегідруванням етену можна добути етин.
II. Тримеризацією етину можна добути бензен.
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних

29. Проаналізуйте твердження й визначте, чи є поміж них правильні.

I. Термічним розкладанням метану добувають вуглець і водень.

II. Термічним розкладанням метану добувають етин і водень.

А правильне лише I В обидва правильні

Б правильне лише II Г немає правильних

30. Проаналізуйте твердження й визначте, чи є поміж них правильні.

I. Дегідруванням алканів добувають алкени й алкіни.

II. Гідратацією етену добувають етанол.

А правильне лише I В обидва правильні

Б правильне лише II Г немає правильних



Кейс

«ПРО МУРАШОК І НЕ ЛИШЕ...» ДО ТЕМ «ТЕОРІЯ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК», «ВУГЛЕВОДНІ»

Опрацювання цього кейса дасть вам змогу пересвідчитися в слушності латинського афоризму *litterarum radices amarae, fructus dulces sunt* (рис. 1).

Під час роботи над завданнями кейса візьміть до уваги, що мурашка ніколи не здається. Мурашки навчають одна одну: старші та досвідчені вчать молодших. Мурашки завжди допомагають одна одній у важких ситуаціях. Мурашки показують іншим мурашкам найкращий шлях до мети. Мурашки виконують роботу, яка, на перший погляд, здається неможливою. Лідерки керують і спрямовують інших мурашок. Важкі завдання мурашки розв'язують спільними зусиллями. У колективі сила кожної мурашки збільшується. Мурашки не проходять повз тих, які потребують допомоги. Після невдалої спроби мурашки починають спочатку, і так багато разів – аж до перемоги. Мурашки живуть у гармонії з природою. Вони неперевершені в чіткій організації праці. У всі часи мурашка була символом працьовитості та терпіння. Злагодженисть спільних дій дає змогу мурашкам виконувати найважчі, майже неможливі завдання.



Рис. 1. Корені науки гіркі, а плоди – солодкі

1. До складу феромону тривоги в мурашок-деревооточців роду *Camponotus* входять два насичені вуглеводні **X** та **Y** лінійної будови. Унаслідок термічного розкладання (крекінгу) алкану **X** утворилися речовини складу C_6H_{14} і C_6H_{12} . Складіть формули структурних ізомерів ациклічної будови, що відповідають цим формулам, класифікуйте їх і назвіть речовини за систематичною номенклатурою. Які ще речовини можуть утворитися внаслідок крекінгу алкану **X**? Складіть їхні структурні формули, класифікуйте й назвіть за систематичною номенклатурою.

2. Які речовини можна добути дегідруванням продуктів термічного розкладання алкану **X**? Складіть рівняння відповідних реакцій. Класифікуйте ці речовини. Назвіть характерні для них хімічні реакції. Наведіть приклади рівнянь реакцій за участі цих сполук.

3. Запропонуйте два способи розпізнавання речовин складу C_6H_{14} і C_6H_{12} – продуктів крекінгу алкану **X**.

4. Визначте молекулярну формулу алкану **Y** за такими даними:

1) масова частка Гідрогену в алкані **Y** становить 15,5 %;

2) унаслідок хлорування алкану **Y** утворився монохлороалкан, масова частка Хлору в якому 20 %;

3) унаслідок повного окиснення алкану **Y** масою 56,8 г утворилася вода масою 79,2 г;

4) продукти згоряння алкану **Y** масою 28,4 г пропустили крізь вапняну воду, узятую в надлишку. Унаслідок цього випав осад масою 200 г.

5. Складіть рівняння реакції термічного розкладання (крекінгу) алкану **Y** та формули структурних ізомерів ациклічної будови, що відповідають молекулярним формулам

продуктів його крекінгу. *Назвіть* ізомери за систематичною номенклатурою. Які хімічні реакції характерні для них? *Наведіть приклади* рівнянь реакцій за участі цих речовин.

6. Порівняйте кількісний склад алканів **X** та **Y**:

- 1) у якого з алканів – **X** чи **Y** – вища температура плавлення? Кипіння?
- 2) у якого з алканів – **X** чи **Y** – більша густина?
- 3) у якому агрегатному стані перебувають ці алкани за звичайних умов?
- 4) більші чи менші їхні густини та температури плавлення й кипіння порівняно з водою?
- 5) чи розчинятимуться алкани **X** та **Y** у воді?
- 6) чи розчинятиметься в алканах **X** та **Y** парафін?

Поясніть хід своїх міркувань.

7. Дизельне пальне потребує міжсезонної зміни – з літнього на зимове, і навпаки. Основна відмінність між ними – уміст вищих вуглеводнів. *Висловіте і обґрунтуйте* припущення: у якому дизельному пальному більший уміст вищих вуглеводнів – у літньому чи в зимовому?

8. Науково доведено¹, що відношення потреби в кисні до об'єму нафти, що є в морській воді, становить приблизно 400000 : 1. Це означає, що для повного окиснення нафти об'ємом 1 л потрібен кисень, що міститься в морській воді об'ємом 400 тис. л. За усереднену формулу нафти в дослідженні взяли формулу $C_{10}H_{20}$. *Складіть* рівняння реакції повного окиснення цього вуглеводню та *обчисліть* масу (г) і об'єм (л) кисню (н. у.), потрібного для повного окиснення нафти масою 1 г.

Складіть структурні формули ізомерів з молекулярною формулою $C_{10}H_{20}$, *скласифікуйте* їх, *назвіть* речовини за систематичною номенклатурою.

9. У минулому використовували такий спосіб боротьби з комарами: у водойму виливали невелику кількість дизельного пального для створення тонкої оліїстої плівки. *Поміркуйте й поясніть*:

- 1) на чому ґрунтується цей спосіб боротьби з комарами;
- 2) чому в місцевостях, де в такий спосіб винищували комарів, зменшувалась не лише їхня кількість, а й число інших комах, зокрема бабок, поголів'я риб у водоймі, водоплавних і навколоводних птахів.

10. Ураган Гарві – активний тропічний цикллон, який 2017 року спричинив катастрофічні повені в південно-східній частині штату Техас, США. Він позбавив країну понад 60 % ключової нафтохімічної сировини для випуску полімерів – етену, три чверті всіх потужностей з виробництва якого розташовано саме в Техасі.

- 1) *Поміркуйте й поясніть*, чому внаслідок цього стихійного лиха в США тимчасово майже на 90 % знизився попит на етан і бутан. *Складіть* рівняння відповідних реакцій на підтвердження своєї думки.
- 2) На етен і його похідні припадає близько 40 % усієї світової торгівлі хімікатами. Частка США на цьому ринку – близько 20 %. Навіть до урагану Гарві підприємства з виробництва етену у всьому світі працювали майже на повну потужність. Тож можливості нарощування його випуску в інших регіонах і країнах украй обмежені. Будь-яка невелика затримка різко змінить співвідношення пропозиції й попиту. *Висловіте припущення*, на які продукти перероблення етену може зрости попит і, відповідно, ціна. *Складіть* рівняння відповідних реакцій на підтвердження своєї думки.

11. Тим, хто вирощує помідори, перед настанням заморозків доводиться збирати з кущів чимало незрілих плодів. Заклавши такі помідори на зберігання, городники й городниці давно помітили, що по сусідству зі стиглими помідорами плоди починають достигати швидше, ніж ті, які лежать разом із зеленими помідорами. *Поясніть* це явище.

12*. У сучасних складських приміщеннях з контрольованою атмосферою низький уміст кисню (від 3 до 5 %). Газове середовище в них збагачене 1-метилциклопропеном, який затримує процеси дозрівання яблук. Його концентрація, що забезпечує ефективне зберігання плодів і не шкідлива для людини, мізерно мала – менше однієї

¹ C.E. Zobell, Adv. in Water Poll. Res., 3, p. 85–109 (1964).

мільйонної частки. *Складіть* структурну формулу 1-метилциклопропену та речовин, ізомерних йому, *назвіть* їх за систематичною номенклатурою. *Назвіть* характерні для них хімічні реакції. *Наведіть приклади* рівнянь реакцій за участі цих сполук.

13. *Проаналізуйте* наведену далі інформацію та *поясніть*, яких висновків з результатами її аналізування ви дійшли:

«Едмунд Деві, двоюрідний брат Гемфрі Деві й професор хімії Дублінського Королівського товариства, на засіданні Британської асоціації в Брістолі в 1836 році повідомив: "... Під час спроби добути калій, унаслідок сильного нагрівання суміші прожареного винного каменю¹ з деревним вугіллям у великій залізній посудині, я добув чорну речовину складу K_2C_2 , яка легко розкладалась водою з утворенням газу, що виявився новою сполукою Карбону й Гідрогену. Цей газ горить на повітрі яскравим полум'ям, більш густим і світлим, ніж полум'я олієродного газу (етену). Якщо подавання повітря обмежене, горіння супроводжується рясним утворенням сажі. У контакті з хлором газ миттєво вибухає, вибух супроводжується великим червоним полум'ям і значними відкладеннями сажі. Для повного його згоряння потрібно в 2,5 раза більше кисню порівняно з об'ємом цього газу. Унаслідок реакції утворюються вуглекислий газ, об'єм якого вдвічі більший за об'єм цієї нової сполуки Карбону з Гідрогеном, і вода. Це єдині продукти горіння... Газ містить стільки само Карбону, що й олієродний газ, але вдвічі менше Гідрогену... Він чудово підійде для штучного освітлення, якщо лише його вдасться дешево добувати».

Складіть рівняння реакцій: а) калій карбід K_2C_2 з водою; б) за участі сполуки, що утворилася внаслідок реакцій, про які йшлося в наведеному уривку; в) за участі сполуки, що утворилася внаслідок реакцій, про які в цьому уривку інформації не було. Назвіть реагенти й продукти реакцій за систематичною номенклатурою, *скласифікуйте* реагенти й продукти реакцій, *визначте* типи цих реакцій.

13. Ацетилен, так само як етен, пришвидшує дозрівання фруктів. *Запропонуйте* простий і доступний у повсякденному житті спосіб збагачення ацетиленом атмосфери невеликої герметичної камери для зберігання фруктів і овочів. *Складіть* рівняння реакції, на якій ґрунтується цей спосіб.

14. *Проаналізуйте* наведену далі інформацію та *поясніть*, яких висновків щодо збереження здоров'я ви дійшли за результатами її аналізування:

«Законодавством України та багатьох інших країн передбачено, що осіб віком молодше ніж 18 років не можна залучати до робіт, пов'язаних з впливом бензену чи продуктів, що містять його.

Унаслідок вихорювання 20 сигарет за день особа, що курить, удиhaє бензен масою від 1800 мкг до 7900 мкг. За пасивного куріння споживання бензену становить 50–63 мг/день.

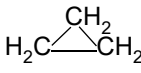
Виявлено нові, раніше невідомі властивості кальяного диму: порівняно з продуктами горіння тютюну звичайних сигарет він містить набагато більше бензену».

Складіть рівняння реакцій, характерних для бензену, та реакцій, за допомогою яких його можна добути.



Розумова руханка

1. *Проаналізуйте* наведені в таблиці структурні формули вуглеводнів I–IV.

I	II	III	IV
$CH_2 = CH - CH_3$	$CH \equiv C - CH_3$		$CH_3 - CH_2 - CH_3$

Визначте, якими цифрами позначено формули вуглеводнів, що відповідають таким твердженням:

¹ Винний камінь – суміш речовин, хімічні формули яких $KC_4H_5O_6$ і $K_2C_4H_4O_6$, унаслідок прожарювання винного каменю утворюється поташ – калій карбонат.

а) загальна формула C_nH_{2n} описує кількісний склад вуглеводнів, формули яких позначено цифрами ...;

б) структурними ізомерами є вуглеводні, формули яких позначено цифрами ...;

в) до ненасичених належать вуглеводні, формули яких позначено цифрами

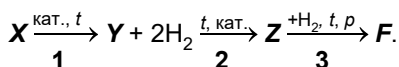
Проаналізуйте наведені далі твердження й *укажіть* правильні:

а) речовини I і II реагують з бромною водою;

б) речовину I можна добути дегідруванням речовини IV;

в) речовину IV окиснює калій перманганат у водному розчині.

2. *Проаналізуйте* схему перетворень:



Реагентом у хімічній реакції, позначений у схемі перетворень цифрою **1**, є алкан **X**, а продуктом – ненасичена органічна сполука **Y**. Унаслідок перетворення, позначеного в схемі цифрою **2**, утворився вуглеводень циклічної будови **Z**. Продуктом перетворення **3** також є вуглеводень циклічної будови.

Визначте гомологічні ряди, до яких належать речовини **X**, **Y**.

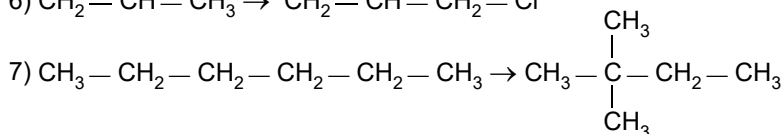
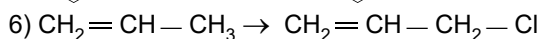
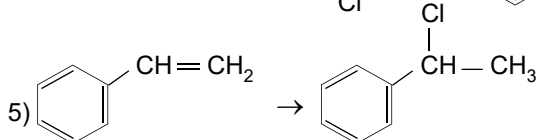
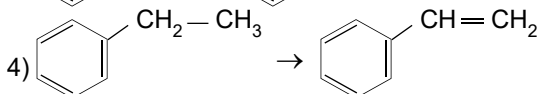
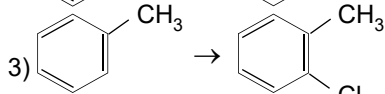
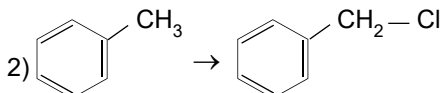
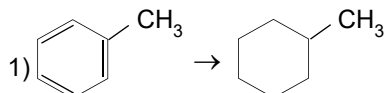
Складіть:

а) рівняння реакцій, позначених у схемі перетворень цифрами **1–3**;

б) аналогічне завдання, де в перетвореннях беруть участь представники вуглеводнів, які ви вивчили.

3. Проаналізуйте схеми перетворень і визначте тип хімічної реакції для кожного з них.

Визначте тип хімічної реакції (заміщення, відщеплення, приєднання або ізомеризації) для кожного з перетворень, схеми яких наведено.





Тема 3. Оксигеновмісні органічні сполуки

Опрацювавши попередні теми, ви дізналися багато нового про світ вуглеводнів та їхнє значення в житті людини. Однак розмаїття органічних речовин не обмежується лише бінарними сполуками Карбону з Гідрогеном. Оксиген також є елементом-органогеном, завдяки цьому число органічних сполук істотно збільшується.



Наведіть приклади оксигеновмісних органічних речовин, які ви знаєте з курсу хімії 9 класу.

Отже, в атомі Оксигену на зовнішньому енергетичному рівні є шість електронів. Щоб досягти стабільної конфігурації атома інертного елемента (якого саме?), атом Оксигену має утворити два хімічні зв'язки, тобто – дві спільні електронні пари. Утворення таких зв'язків можливе як між атомами Карбону й Оксигену, так і між атомами Гідрогену й Оксигену. Унаслідок цього утворюються різноманітні оксигеновмісні органічні сполуки (рис. 1).

Проаналізуйте молекулярні формули дигідроксиацетону, ксилітолу, мускону та апігеніну й складіть найпростіші (емпіричні) формули цих речовин.

Формули деяких оксигеновмісних сполук, які ви вивчатимете цього річ, наведено на схемі (рис. 2).

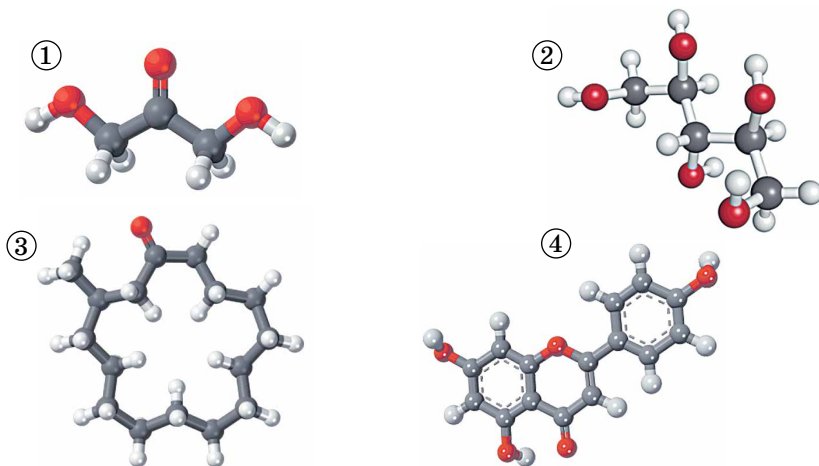


Рис. 1. Розмаїття будови оксигеновмісних органічних речовин. 1. Дигідроксиацетон $C_3H_6O_3$ фарбує шкіру в темний колір, тому його використовують як складник засобів для автозасмаги. 2. Ксилітол $C_5H_{12}O_5$ – замітник цукру, природний підсолоджувач, вологовтримувальний агент, стабілізатор і емульгатор (харчова добавка Е 967). 3. Мускон $C_{16}H_{30}O$ добувають із залоз самця мускусної кабарги. Використовують як фіксатор запаху та як запашну речовину. 4. Апігенін $C_{15}H_{10}O_5$ – жовта кристалічна речовина, яку використовували для фарбування вовни. Міститься в городині, фруктах тощо. Ефективний у профілактиці й лікуванні раку



Проаналізуйте схему, наведену на рисунку 2. Назви яких речовин, моделі молекул яких зображено, ви знаєте? Назвіть ці речовини.

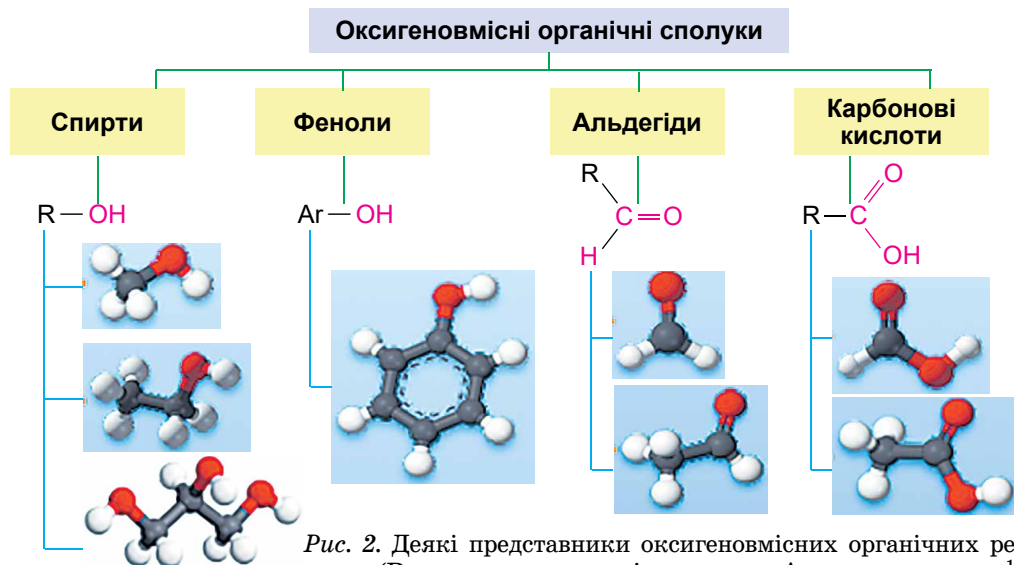


Рис. 2. Деякі представники оксигеновмісних органічних речовин (R – вуглеводнева алкільна група, Ar – арильна група¹)

Зверніть увагу: у наведених на схемі (рис. 2) загальних формулах оксигеновмісних органічних сполук червоним кольором виокремлено *характеристичні групи*: гід-

роксильну $-OH$, альдегідну $-C(=O)H$, карбоксильну $-C(=O)OH$ (пригадайте, про них ішлося в параграфі 3).



Характеристична група – це атом або група атомів, що визначає природу речовини, тобто її належність до певного класу органічних сполук, та зумовлює її найбільш характерні хімічні властивості.

Пересвідчитися в тому, що характеристичні групи зумовлюють хімічні властивості, типові для певного класу органічних сполук, ви зможете під час опрацювання наступних параграфів.

§ 15. Спирти

Після опрацювання параграфу ви зможете

- **називати** загальну формулу й характеристичну групу спиртів та спирти – за систематичною номенклатурою;
- **пояснювати** вплив характеристичної групи та водневого зв'язку на фізичні властивості спиртів;
- **наводити приклади** спиртів, тривіальні назви спиртів;
- **складати** молекулярні й структурні формули спиртів (за назвами й загальними формулами відповідних гомологічних рядів), рівняння реакцій, які описують хімічні властивості насичених одноатомних спиртів, гліцеролу;

¹ Найпростіша арильна група – фенільна, її формула C_6H_5- . Вона утворена відщепленням атома Гідрогену в бензеновому кільці. Її скорочене позначення в органічній хімії – Ph. Назву утворено від слова «фен» (φαῖνω – світити), яким французький хімік Огюст Лоран запропонував позначати бензен, оскільки переважно саме він у складі світильного газу зумовлював світність полум'я.

- **порівнювати** будову й властивості насичених одноатомних спиртів і гліцеролу;
- **характеризувати** хімічні властивості одноатомних насичених спиртів, гліцеролу.

Поняття про характеристичну групу у вас певною мірою вже сформоване. Опрацювавши вступне слово до теми 3, ви дізналися, що *характеристичною групою спиртів* є гідроксильна група $-\text{OH}$. У насичених ациклічних чи аліциклічних одноатомних спиртах гідроксильна група сполучена з алкільним замісником. Тобто загальна формула насичених одноатомних спиртів $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$.

Називати насичені ациклічні спирти за систематичною номенклатурою просто, потрібно лише дотримуватись алгоритму, наведеного на схемі (рис. 15.1).

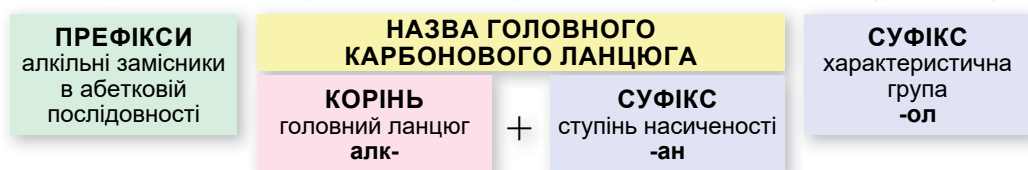
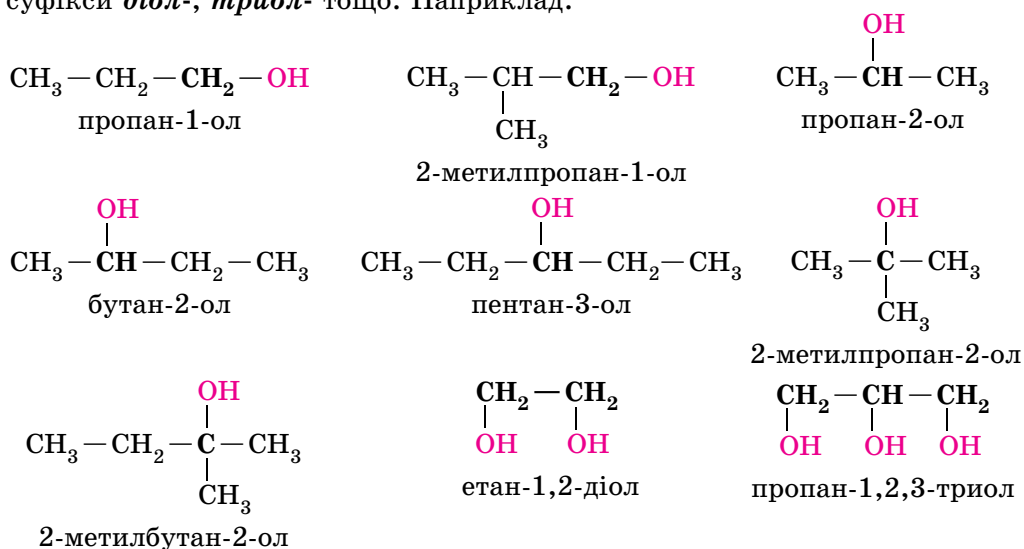


Рис. 15.1. Алгоритм побудови назв насичених аліциклічних спиртів за систематичною номенклатурою

Важливо пам'ятати:

- потрібно нумерувати карбоновий ланцюг з того кінця, до якого ближче розташована гідроксильна група;
- якщо гідроксильна група рівновіддалена від обох кінців головного карбонового ланцюга, то нумерують з того кінця, до якого ближче розташований алкільний замісник;
- якщо гідроксильна група і замісники рівновіддалені від обох кінців головного карбонового ланцюга, то його нумерують так, щоб замісник, назву якого за абеткою вживають раніше, був позначений найменшим числом;
- якщо гідроксильна група й замісники рівновіддалені від обох кінців головного карбонового ланцюга, але з одного кінця замісників більше, то нумерацію проводять з урахуванням положення замісників, позначених найменшими числами.

Якщо в молекулі спирту декілька гідроксильних груп, використовують суфікси **діол-**, **триол-** тощо. Наприклад:



Цікаво і пізнавально

У популярній і науковій літературі трапляються історичні, або тривіальні, назви спиртів, які за традицією використовують замість систематичних назв. Зазвичай вони походять від назви природного джерела добування того чи того спирту. Наприклад, метанол називають деревним спиртом, етанол – винним. Тривіальна назва гліцеролу «гліцерин» зумовлена його солодким смаком (грец. γλυκός – солодкий). Спирти, похідні від природних вуглеводів, зберігають корінь тривіальної назви відповідних вуглеводів (маніт, ксиліт, сорбіт).

Структурна ізомерія спиртів зумовлена як розгалуженістю карбонового ланцюга (що містить від чотирьох атомів Карбону), так і положенням характеристичної гідроксильної групи (ланцюг містить від трьох атомів Карбону). Так, бутан-2-ол і 2-метилпропан-2-ол є ізомерами карбонового скелета, а пропан-1-ол і пропан-2-ол – ізомерами положення гідроксильної групи.



Чи є ще поміж формул спиртів, наведених вище, формули ізомерів: а) карбонового скелета; б) положення гідроксильної групи?

Водневий зв'язок, його вплив на фізичні властивості спиртів. Ви вже знаєте, що велика різниця в електронегативності Оксигену й Гідрогену зумовлює високу полярність зв'язку $O-H$. Між молекулами спирту й води утворюються водневі зв'язки (рис. 15.2). Саме тому перші чотири члени гомологічного ряду насичених одноатомних спиртів, зокрема метанол та етанол, добре розчиняються у полярних розчинниках, передусім у воді. Одноатомні спирти, що містять у молекулі менше ніж чотири атоми Карбону, змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях. Однак з подальшим збільшенням довжини гідрофобної алкільної групи розчинність у воді одноатомних спиртів швидко зменшується. Утворення водневих зв'язків між молекулами спиртів зумовлює підвищені температури кипіння порівняно з відповідними вуглеводнями.

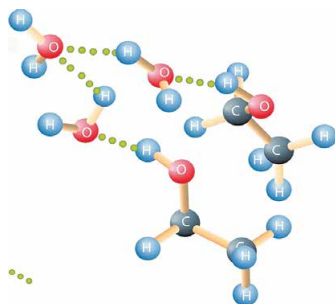


Рис. 15.2. Схема утворення водневих зв'язків між молекулами етанолу та води

Деякі фізичні й хімічні властивості насичених одноатомних спиртів і гліцеролу ви зможете порівняти, проаналізувавши графічну (рис. 15.3) та текстову інформацію, наведену далі.



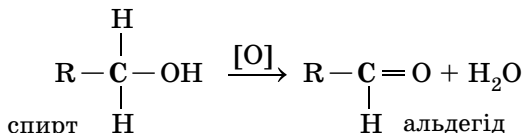
Рис. 15.3. 1. Для знезараження шкіри використовують 70 %-ий розчин етанолу, що проникає в глибші шари епідермісу майже на 95 %; це справляє дубильну дію на шкіру й слизові оболонки. 2. Перший в історії хімії вищий жирний спирт гексадекан-1-ол $C_{16}H_{34}O$ видобув французький хімік М.Е. Шеврьоль із жиру, що міститься в голові кашалота. Тому тривіальна назва цього спирту – цетиловий (грец. κίτος – морське чудовисько). Застосовують для виготовлення косметики, розчинників і мастил, поверхнево-активних речовин і медикаментів. 3. Гліцерол – складник багатьох косметичних засобів і не лише...

Продуктами повного окиснення насичених одноатомних спиртів і гліцеролу є карбон(IV) оксид та вода.



Складіть рівняння реакцій повного окиснення метанолу, етанолу, цетилового спирту, гліцеролу, зазначте тепловий ефект.

Часткове окиснення насичених одноатомних спиртів, залежно від положення гідроксильної групи, відбувається з утворенням тих або тих оксигеновмісних органічних речовин¹. Якщо гідроксильна група приєднана до атома Карбону, сполученого лише з одним атомом Карбону, реакція відбувається за схемою:



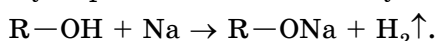
Наприклад, унаслідок часткового окиснення етанолу утворюється етаналь (*пригадайте, каталітичною гідратацією якого вуглеводню можна добути цю речовину*). Виконати це перетворення можна різними способами. Чи не найпростіший з них – розжарити в полум'ї пальника мідну пластинку й негайно занурити її в етанол. Мідь – метал золотаво-рожевого кольору – унаслідок прожарювання вкривається шаром купрум(II) оксиду, що має чорне забарвлення. Після занурення в етанол пластинка набуває початкового забарвлення, бо етанол відновив купрум(II) оксид до міді. Про утворення етаналю свідчить запах зелених яблук, притаманний водним розчинам цієї речовини, адже другий продукт окиснення етанолу – вода.



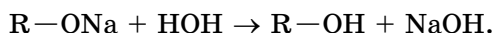
Складіть рівняння реакцій часткового окиснення етанолу й метанолу.

В інших випадках розташування гідроксильної групи в молекулах спиртів продуктами окиснення є оксигеновмісні органічні сполуки різних класів. Про взаємовплив гідроксильних і вуглеводневих груп на хімічні властивості насичених одноатомних спиртів і гліцеролу свідчать й інші хімічні реакції за їхньої участі.

Взаємодія насичених одноатомних спиртів і гліцеролу з лужними металами супроводжується утворенням алкоголятів лужних елементів і водню:



Утворення алкоголятів можливе лише за використання абсолютованих (позбавлених домішок води) спиртів, тому що алкоголяти взаємодіють з водою за схемою:



Назви алкоголятів утворюють за таким алгоритмом:

назва катіона + алкан- + -ол + -ят → катіон алканолят

Наприклад, одним з продуктів реакції етанолу з натрієм є натрій етанолят $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$. Алкоголяти – йонні речовини. Якщо по завершенні реакції натрію з етанолом нанести на скельце краплю рідини, що утворилася, і нагріти, кристалізуватиметься речовина білого кольору – натрій етанолят.

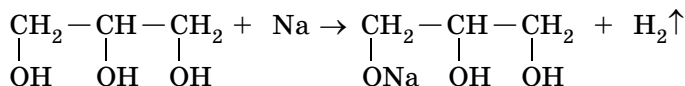
¹ Окисниками, у схемах і рівняннях реакцій їх позначають [O], можуть бути деякі неорганічні речовини, наприклад калій перманганат KMnO_4 , калій дихромат $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, купрум(II) оксид CuO , кисень O_2 (за нагрівання й наявності каталізатора) тощо.



Складіть рівняння реакцій метанолу з натрієм і етанолу з калієм, назвіть продукти реакцій.

Зі збільшенням розміру вуглеводневої групи (її довжини чи розгалуженості) зменшується активність спиртів у реакції з лужними металами. Це зумовлено зменшенням полярності зв'язку між атомами Оксигену й Гідрогену: адже електронна густина вуглеводневої групи зміщується до атома Оксигену й протидіє поляризуванню зв'язку O—H.

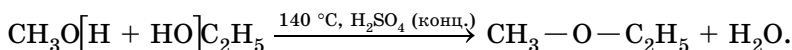
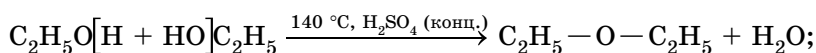
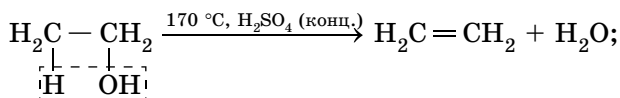
У молекулі гліцеролу є три гідроксильні групи, які впливають одна на одну, унаслідок чого зв'язок O—H стає більш полярним. Тож заміщення атомів Гідрогену в гідроксильних групах на атоми лужних елементів відбувається активніше. Залежно від мольного співвідношення гліцеролу й лужного металу заміщення може відбутися за однією, двома й трьома гідроксильними групами. Наприклад, якщо мольне співвідношення гліцеролу й натрію $n(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}) : n(\text{Na}) = 1 : 1$, реакція відбуватиметься за схемою:



Перетворіть схему цієї реакції на хімічне рівняння. Складіть рівняння реакцій гліцеролу з натрієм, якщо мольні співвідношення цих речовин 1 : 2 і 1 : 3.

Три гідроксильні групи в молекулі гліцеролу зумовлюють його здатність реагувати з купрум(II) гідроксидом за надлишку лугу. Пригадайте, у 9 класі ви дізналися, що ця реакція є якісною на гліцерол та інші сполуки, у молекулах яких є кілька гідроксильних груп, сполучених із сусідніми атомами Карбону (наведіть приклад такої сполуки, яку ви теж знаєте з курсу хімії 9 класу, назвіть зовнішні ефекти цієї якісної реакції, здійсніть самоконтролювання за таблицею, наведеною на другому форзаці).

Дегідратація насичених одноатомних спиртів. Можливе відщеплення молекули води як від однієї молекули спирту (внутрішньомолекулярна дегідратація), так і від двох молекул (міжмолекулярна дегідратація). У міжмолекулярній дегідратації можуть брати участь як молекули того самого спирту, так і різних спиртів:



Проаналізуйте рівняння реакцій дегідратації, наведені вище. Назвіть за систематичною номенклатурою: а) спирти, які брали участь у реакціях дегідратації, б) вуглеводень, що утворився внаслідок внутрішньомолекулярної дегідратації. Для проведення якої дегідратації – між- чи внутрішньомолекулярної – потрібні жорсткіші умови? Складіть формули структурних ізомерів органічних речовин – продуктів міжмолекулярної дегідратації – і назвіть їх за систематичною номенклатурою. Визначте, для якого насиченого одноатомного спирту можлива лише міжмолекулярна дегідратація, і поясніть чому.

Цікаво і пізнавально

У 1875 році російський хімік О.М. Зайцев запропонував емпіричне правило: під час дегідратації насичених одноатомних спиртів несиметричної будови атом Гідрогену відщеплюється від найменш гідрогенізованого атома Карбону.

Про способи добування етанолу та застосування спиртів буде в наступному параграфі.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Характеристична група – це атом або група атомів, що визначає природу речовини, тобто її належність до певного класу органічних сполук, і зумовлює її найбільш характерні хімічні властивості.
- Характеристична група спиртів – гідроксильна (–ОН).
- У насичених одноатомних спиртах гідроксильна група сполучена з алкільним замісником.
- Гліцерол – насичений триатомний спирт.
- Структурна ізомерія спиртів зумовлена як розгалуженістю карбонового ланцюга, так і положенням характеристичної гідроксильної групи.
- Фізичні властивості спиртів багато в чому зумовлені утворенням водневих зв'язків між молекулами спирту та між молекулами спирту й молекулами води.
- Насичені одноатомні спирти вступають у реакції повного й часткового окиснення, внутрішньо- та міжмолекулярної дегідратації, взаємодіють з лужними металами.
- Гліцерол вступає в реакцію повного окиснення, взаємодіє з лужними металами.
- Реакція з купрум(II) гідроксидом є якісною на гліцерол та інші сполуки, у молекулах яких є кілька гідроксильних груп, сполучених із сусідніми атомами Карбону.



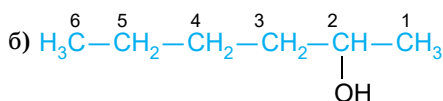
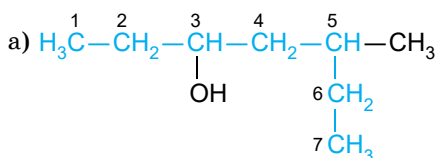
Перевірте себе

1. Що таке характеристична група? 2. Яка характеристична група спиртів? 3. Які спирти називають насиченими одноатомними? 4. До яких спиртів належить гліцерол? 5. За яким алгоритмом називають насичені одноатомні спирти? 6. Яка назва гліцеролу за систематичною номенклатурою? 7. Чим зумовлені фізичні властивості спиртів? 8. Які реакції характерні для насичених одноатомних спиртів? 9. У чому полягає якісна реакція на гліцерол?



Застосуйте свої знання й уміння

10. а) Перевірте, чи правильно визначено й пронумеровано головний карбоновий ланцюг у формулах спиртів:



б) назвіть спирти, формули яких наведено, за систематичною номенклатурою;
в) складіть структурні формули кількох ізомерів цих спиртів, назвіть їх за систематичною номенклатурою.

11. Формула одноатомного ациклічного спирту гераніолу $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$. Насиченим чи ненасиченим він є? Спрогнозуйте, у реакції яких типів вступатиме гераніол. Висловіть припущення щодо природного джерела цього спирту. 12. Проаналізуйте структурні формули пропан-1-олу й гліцеролу. Розчинність якого із цих двох спиртів у воді більша? Чому? 13. Юрій стверджував, що й пропан-1-ол, і пропан-2-ол, і гліцерол – насичені триатомні спирти. Віра заперечила: триатомним спиртом з-поміж них є лише гліцерол. Хто з них має рацію? Долучіться до дискусії й аргументуйте свою думку.

14. Поясніть, чому зменшується інтенсивність реакції з натрієм в ряду речовин: вода, метанол, етанол, пропан-1-ол. 15. Трапляється, що внаслідок порушення технології виготовлення пиво набуває запаху зелених яблук. Поясніть це явище. 16. Поміркуйте й поясніть, чому: а) антидотом у разі отруєння метанолом є етанол; б) тепер цетиловий спирт добувають лише органічним синтезом, а не з природної сировини.



Творча майстерня

17. Підготуйте повідомлення про походження тривіальних назв спиртів.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=UmBPZxreYr0>
<https://www.youtube.com/watch?v=f80x0mD4Qzw>
<https://www.youtube.com/watch?v=v5hVOVanP4A>

§ 16. Добування етанолу. Застосування спиртів

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **складати** рівняння реакцій добування етанолу;
- **характеризувати** способи добування етанолу;
- **установлювати** причиново-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями, застосуванням і впливом на довкілля спиртів;
- **дотримуватись правил** безпечного поводження зі спиртами.

Добування етанолу здійснюють у різні способи. Найдавніший з них – **спиртове бродіння**. Воно відбувається внаслідок дії ферментів дріжджів і бактерій на вуглеводи в складі органічної сировини – винограду, картоплі, рису, кукурудзи, меду, цукру-сирцю, меляси, деревних ошурок тощо. Спрощена схема реакції бродіння така:



Перетворіть схему реакції бродіння глюкози на хімічне рівняння.

Уміст етанолу в розчині, що утворився внаслідок бродіння, не перевищує 15 %. Етанол вилучають з нього ректифікацією – багаторазовим випаровуванням суміші й конденсацією пари.

Цікаво і пізнавально

У XIX ст. французький мікробіолог і хімік Луї Пастер вивчав перетворення під дією дріжджів вуглеводів на етанол і дійшов висновку, що цей процес каталізує якась «життєва сила», що є в дріжджових клітинах. М.М. Манасеїна-Коркунова (рис. 16.1) 1871 року проходила стажування в Політехнічному інституті у Відні, де досліджувала спиртове бродіння. Вона експериментально довела, що екстракт клітин дріжджів забезпечує його так само, як і незруйновані дріжджові клітини. Минуло понад чверть століття, перш ніж ці результати повністю підтвердив німецький хімік і біохімік Едуард Бухнер. Він знав про роботу Манасеїної, проте свідомо не послався на неї. Спроба жінки обстояти свій пріоритет (вона опублікувала два листи німецькою в наукових журналах) ні до чого не привела. Її прізвище як першовідкривачки хімічної природи бродіння незаслужено забули. Нобелівську премію за відкриття позаклітинної (хімічної) природи бродіння 1907 року отримав Е. Бухнер.

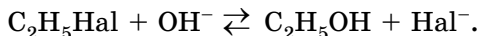


Рис. 16.1. Манасеїна-Коркунова Марія Михайлівна (1841–1903) – російська письменниця, лікарка, педагогиня, одна з фундаторок сомнології та біохімії

Етанол є багатотоннажним продуктом основного органічного синтезу. У промисловості його добувають гідратацією етену (про цю реакцію вже йшлося в параграфі 11).

? Складіть рівняння реакції гідратації етену, зазначте тип цієї реакції. Яка реакція є оберненою до неї? За яких умов вона відбувається?

Також етанол можна добути лужним гідролізом бромоетану або хлороетану:



? Складіть: а) по два повних йонних і молекулярних рівняння, що відповідають наведеному скороченому йонному, де Hal – Cl або Br; б) хімічні рівняння, обернені до рівнянь реакцій гідролізу хлороетану та бромоетану.

У промисловості цей спосіб не застосовують (висловте припущення чому). Однак це перетворення свідчить про генетичний зв'язок між різними класами органічних сполук, а саме – перехід від вуглеводнів через галогенопохідні до спиртів.

? Складіть рівняння реакцій за схемами: а) етан → хлороетан → етанол; б) етан → етен → бромоетан → етанол; в) метан → етин → етен → хлороетан → етанол. Зазначте типи реакцій.

Поширення насичених спиртів у природі та харчових продуктах.

В Україні є унікальні озера й джерела мінеральної води: Біле озеро на Рівненщині, Світязь на Волині, джерело «Юзя» на Львівщині (рис. 16.2). Важливий складник їхньої води – гліцерол.

Гліцерол міститься також у винограді та впливає на смак вина – надає йому солодкості й м'якості. Його вміст є непрямим показником стиглості винограду в момент збирання врожаю.

Етанол, що є природним продуктом спиртового бродіння вуглеводів, часто утворюється в кислих ягодах і фруктах без будь-якої участі людини. Він – природний метаболіт, який міститься в тканинах, зокрема в крові тварин і людини. Унаслідок бродіння вуглеводів крім етанолу утворюються бутан-1-ол і бутан-2-ол. У виноградних винах міститься в незначних кількостях метанол, наприклад у білих винах – від 0,2 до 1,1 г/л. З бджолиного воску (лат. *cera*) виділено церіловий спирт $\text{C}_{26}\text{H}_{53}\text{OH}$ і міри-



Рис. 16.2. 1. Вода найбільшого та найглибшого озера природного походження в Україні має лікувальні властивості, бо містить йони Аргентуму та гліцерол. Колись воду зі Світязя возили до Варшави, щоб ті, хто дбає про свою зовнішність, приймали косметичні ванни. 2. Вода трускавецького джерела «Юзя» дарує красу й молодість

циловий (від лат. *Myrica* – рід рослин, до якого належить, наприклад, мірика звичайна) спирт $C_{30}H_{61}OH$. Також у природі та харчових продуктах поширені похідні спиртів – естери, жири, про які ви докладніше дізнаєтеся з наступних параграфів.

Застосування та вплив на довкілля спиртів, правила безпечного поводження з ними зумовлені властивостями цих речовин. У спиртів – тисяча і одна «професія». Деякі з них ви зможете назвати з огляду на вивчене в 9 класі та свій повсякденний досвід (*зробіть це, використавши рисунок 16.3*).

Під час використання спиртів важливо пам'ятати, що багато які з них негативно впливають на організм. Особливо отруйним є метанол (рис. 16.4). Навіть мала кількість його після потрапляння в організм призводить до руйнування зорового нерву і, як наслідок, до сліпоти. Спожитий метанол об'ємом 5–10 мл зумовлює тяжке отруєння організму, а наслідки вживання цього спирту об'ємом близько 25–30 мл є фатальними.



Чи відповідає підпис до рисунку 16.4 тому, що на ньому зображено?

Цікаво і пізнавально

Екологічні ризики у вигляді аварійних викидів або розливів метанолу можуть траплятися під час його виробництва, транспортування, застосування й накопичення стічних вод, що містять цей спирт. Для контролю забруднення навколишнього середовища метанолом запроваджено гігієнічні нормативи, що дає змогу уникнути його негативного впливу на людину. Ефективно очищають стічні води і ґрунти від метанолу за допомогою джерел ультрафіолетового випромінювання і метилотрофних бактерій *Methylomonas methanica* та *Acinetobacter calcoaceticus*, *biococum*.

Етанол – наркотик, який унаслідок високої розчинності швидко всмоктується в кров і негативно діє на організм. Систематичне вживання етанолу спричиняє тяжкі захворювання нервової системи, органів травлення, серця, кровоносних судин, психічні розлади тощо. Маса смертельної дози етанолу становить від 4 до 12 г на кілограм маси тіла людини. Небезпечність уживання етанолу, алкогольних напоїв і їхніх сурогатів важко переоцінити. Хронічне отруєння організму алкоголем, ефект звикання до цьо-



Рис. 16.3. Галузі застосування спиртів

Рис 16.4. Метанол – пожежо- та вибухо-небезпечна, отруйна речовина

го наркотику – складна медична та соціальна проблема. Зламани долі, зруйновані родини, деградація особистості, соціальне сирітство, смерті й каліцтва в автомобільних аваріях і на виробництві, вроджені вади розвитку в дітей...

Сумний перелік наслідків уживання алкогольних напоїв задовгий для одного параграфу підручника. Кожен з вас не лише має усвідомити негативний вплив уживання як міцних, так і слабоалкогольних напоїв на здоров'я людини. Найголовніше – знайти в собі сили, виявити характер, щоб рішуче відмовитися від небезпечних пропозицій, не спокуситися скуштувати алкогольні напої. Необхідно зробити свідомий вибір на користь здорового способу життя, міцної родини, здорового й щасливого сьогодення та майбуття.

Спирти – пожежо- та вибухонебезпечні речовини. Тому використання їх у побуті та на виробництві пов'язане з неабиякими ризиками і потребує обережності й неухильного дотримання правил безпеки праці. Пересвідчитися в цьому ви зможете, проаналізувавши наведені далі уривки повідомлень ЗМІ:

«Аварія сталася 1978 р. у Боофу (Японія). У результаті витоку етанолу з резервуара об'ємом 1000 м³ та іскри, що утворилася під час проведення зварювальних робіт, стався вибух пари спирту. «2012 р., у Яньань (китайська провінція Шеньсі) автобус з людьми на повному ході врізався в цистерну, яка перевозила метанол. Від удару резервуар зі спиртом спалахнув, полум'я швидко охопило обидві машини. З 39 пасажирів автобуса вижили лише троє»; «2014 р., м. Тромсе, Норвегія. Під час операції ті, хто її проводили, побризкали на рану медичним спиртом і ввімкнули електрохірургічний скальпель. Спирт спалахнув. Результатом нещасного випадку стали опіки третього ступеня в оперованої людини».

Цей перелік можна доповнити й продовжити. Та чи доцільно? Радше взяти інформацію до уваги й неухильно дотримуватись правил безпечного поводження зі спиртами.

Під час опрацювання наступних параграфів ви розширите свої уявлення про генетичні зв'язки спиртів з іншими класами органічних сполук.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Етанол можна добути бродінням глюкози, гідратацією етену, гідролізом хлороетану.
- Багато які спирти трапляються в природі.
- Застосування спиртів зумовлене їхніми властивостями.
- Використання спиртів потребує обережності й неухильного дотримання правил безпеки праці.
- Хронічне отруєння організму алкоголем, ефект звикання до нього – складна медична та соціальна проблема.



Перевірте себе

1. Як можна добути етанол? 2. Які галузі застосування спиртів? 3. Чим небезпечний для людини метанол? Етанол? 4. Які наслідки зловживання алкоголем?



Застосуйте свої знання й уміння

5. Під час виробництва вин унаслідок спиртового бродіння окрім етанолу утворюється близько 50 спиртів, які мають різноманітні запахи й суттєво впливають на аромат і букет вина. У найбільших кількостях утворюються 3-метилбутан-1-ол, 2-метилпропан-1-ол і пропан-1-ол. Складіть структурні формули цих спиртів. 6. Поміркуйте й поясніть, чому: а) на будівлях спиртосховищ і на резервуарах, розташованих на відкритих майданчиках, установлюють блискавковідводи, а резервуари, техно-

логічне обладнання, трубопроводи та зливо-наливні пристрої, пов'язані з прийманням, зберіганням і переміщенням етанолу, мають бути захищені від статичної електрики; б) до роботи з метанолом допускають лише тих осіб, які пройшли відповідний інструктаж і використовують спеціальний одяг і взуття та засоби індивідуального захисту; в) в Україні заборонено виробництво та реалізацію населенню засобів догляду за автотранспортом, зокрема омивачів скла, що містять метанол; г) у метанол і технічний етанол додавають одоранти з неприємним запахом, гас тощо. *7. Уперше масштабне споживання етанолу як палива припало на початок 1900-х років. В Америці автомобіль Генрі Форда «модель Т» та інші автомобілі випуску початку 1920-х років спочатку були створені для роботи на спиртовому паливі. Німеччина й США використовували етанол як паливо для військового транспорту в період Другої світової війни. Після її закінчення спад у споживанні етанолу як палива тривав до початку 1970-х років. Новий сплеск інтересу до етанолу відбувся в 2000-х роках. Поміркуйте й висловіте припущення, які соціальні й економічні причини того, що саме на ці часові проміжки припав бум споживання етанолу як палива.



Творча майстерня

8. Створіть інфографіку «Корисні й шкідливі властивості ...», де ... – один зі спиртів.



Дізнайтеся більше

https://www.youtube.com/watch?v=kJK6qZN0z_M

<https://www.youtube.com/watch?v=efRdsRu6G9c>

§ 17. Фенол

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **називати** формулу та характеристичну групу фенолу;
- **пояснювати** вплив характеристичної групи та водневого зв'язку на фізичні властивості фенолу;
- **наводити** тривіальну назву фенолу;
- **складати** молекулярну й структурну формулу фенолу, рівняння реакцій, які описують хімічні властивості фенолу;
- **порівнювати** будову й властивості насичених одноатомних спиртів, гліцеролу, бензену й фенолу;
- **характеризувати** хімічні властивості фенолу;
- **установлювати** причиново-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями, застосуванням і впливом на довкілля фенолу;
- **дотримуватися правил** безпечного поводження з фенолом.

Фенол – органічна сполука складу C_6H_5OH . Проаналізувавши рисунок 17.1, ви, з огляду на вивчене, зможете самостійно назвати *вуглеводневий замісник і характеристичну групу* у складі молекули фенолу (*зробіть це*).

Вуглеводневий замісник і характеристична група в молекулі фенолу взаємовпливають. Електрони бензенового кільця вступають у взаємодію з неподіленою електронною парою атома Оксигену, залучають її до своєї сфери й відтягують на себе. Унаслідок цього полярність зв'язку O–H збільшується, а на атомах Карбону в положеннях 2, 4, 6 відносно атома Карбону, сполученого з гідроксильною групою, накопичуються часткові негативні заряди:

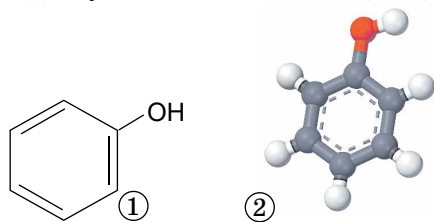
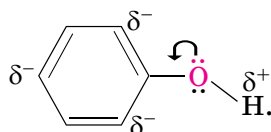


Рис. 17.1. Структурна формула фенолу (1) і модель його молекули (2)



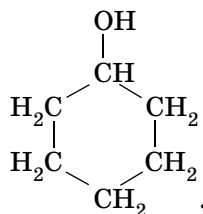
Як позначається взаємний вплив вуглеводневого замісника й характеристичної групи в молекулі фенолу на його фізичних і хімічних властивостях?



Фізичні властивості фенолу зумовлені складом і будовою його молекул.

Фенол – безбарвна легкоплавка ($t_{\text{пл.}} = 42\text{ }^{\circ}\text{C}$) летка речовина з характерним різким запахом (рис. 17.2).

Бензенове кільце в молекулі фенолу впливає на гідроксильну групу, унаслідок чого збільшується полярність зв'язку $\text{O}-\text{H}$. Тому між молекулами фенолу утворюються водневі зв'язки, що, наприклад, зумовлюють більш високу ($182\text{ }^{\circ}\text{C}$) його температуру кипіння порівняно з температурою



кипіння циклогексан-1-олу ($161\text{ }^{\circ}\text{C}$), формула якого

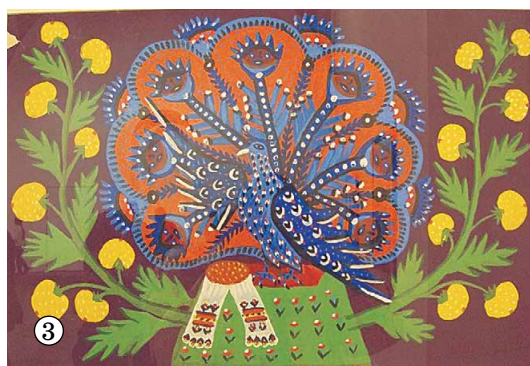


Рис. 17.2. Характерний запах гуаші (1) зумовлений фенолом (2), який входить до її складу як консервант. Картина української мисткині Марії Примаченко «Голуб миру з хлібом України», 1963, папір, гуаш (3)

Утворення водневих зв'язків між молекулами фенолу й води також є причиною його розчинності в ній. У холодній воді фенол розчиняється обмежено з утворенням емульсії. За температури понад $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ розчинність фенолу у воді стає необмеженою.



Поміркуйте й поясніть: а) який складник молекули фенолу – вуглеводневий замісник чи характеристична група – сприяє розчиненню фенолу у воді, а який – перешкоджає; б) чому фенол добре розчиняється в гліцеролі; в) чи розчиняється фенол у бензені.

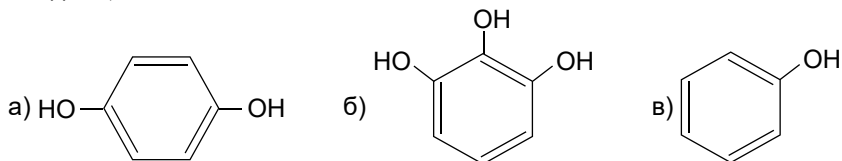
Фенол – хімічно активна речовина, тому, на відміну від бензену, легко окиснюється за звичайних умов киснем повітря. Під впливом Оксигену гідроксильної групи електронна густина в бензеновому кільці фенолу підвищується. Це є причиною зменшення його стійкості до окиснення. Продукти часткового окиснення фенолу мають рожеве забарвлення, тому під час зберігання безбарвний фенол за доступу повітря змінює колір (рис. 17.3).



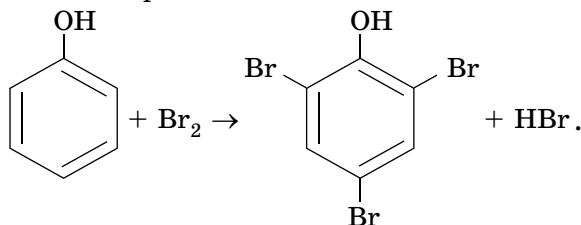
Рис. 17.3. Рожеве забарвлення фенолу зумовлене домішками продуктів його часткового окиснення



Висловіть та обґрунтуйте припущення, котра з-поміж речовин, структурні формули яких наведено, окиснюється найлегше:



З тієї самої причини фенол значно легше за бензен вступає в реакції заміщення. Наприклад, унаслідок добавляння бромної води до водного розчину фенолу миттєво утворюється білий осад 2,4,6-трибромфенолу. Ця реакція є якісною на фенол:

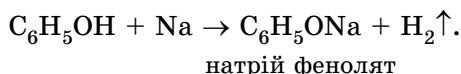


Аналогічно відбувається хлорування фенолу, продуктом реакції є 2-4-6-трихлорофенол – речовина зі специфічним різким запахом, яку використовували як фунгіцид, гербіцид, інсектицид, антисептик, дефоліант і консервант. Доведено її канцерогенну дію на тварин, ця сполука є ймовірним канцерогеном людини. ГДК¹ 2,4,6-трихлорофенолу у воді 0,0004 мг/л.

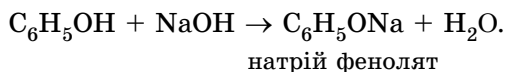


Перетворіть схему реакції фенолу з бромною водою на хімічне рівняння. Поясніть, чому заміщення атомів Гідрогену на атоми Брому відбувається саме в положеннях 2, 4, 6 відносно атома Карбону, сполученого з гідроксильною групою (*за потреби перечитайте перший пункт цього параграфа*). Складіть рівняння реакції хлорування фенолу.

Унаслідок збільшення полярності зв'язку О—Н під впливом бензенового кільця рухливість атома Гідрогену гідроксильної групи збільшується. Тому фенол реагує не лише з лужними металами, а й лугами. Якщо в розплавлений фенол помістити шматочок натрію, відбувається бурхлива реакція з утворенням натрій феноляту й виділенням водню:



Унаслідок добавляння кількох крапель розчину лугу до водної емульсії фенолу утворюється прозорий безбарвний розчин натрій феноляту:



Перетворіть схеми реакцій фенолу з натрієм і натрій гідроксидом на хімічні рівняння. Скластифікуйте ці реакції.

Цікаво і пізнавально

У 1834 році німецький хімік Фердинанд Рунге виділив з кам'яновугільної смоли кілька речовин. Одну з них він назвав *карболовою кислотою*, вочевидь, тому, що вона

¹ Гранично допустима концентрація – показник безпечного рівня вмісту шкідливих речовин у навколишньому середовищі.

реагувала з лугом, однак її хімічну формулу визначити не зміг. Кілька років потому француз Огюст Лоран повторив дослід Рунге. Він переконався, що виділив ту саму речовину, визначив її склад (C_6H_6O) і назвав її фенолом (від грец. *φαίνο* – освітлюю й лат. *oleum* – олія). Шведський хімік Август Кекуле в 1858 році визначив структурну формулу фенолу. Карболова кислота виявилася слабшою за карбонатну, тому внаслідок пропускання карбон(IV) оксиду крізь прозорий розчин натрій феноляту утворювалася каламутна рідина – водна емульсія фенолу: $C_6H_5ONa + CO_2 + H_2O \rightarrow C_6H_5OH + NaHCO_3$.

Застосування фенолу зумовлено комплексом його властивостей. Ця речовина є продуктом багатотоннажного органічного синтезу й сировиною для виготовлення барвників, пестицидів, лікарських препаратів, фенол-формальдегідних смол і синтетичних волокон.



**УВАГА! ФЕНОЛ – ЇДКА ОТРУЙНА РЕЧОВИНА.
ПІД ЧАС РОБОТИ З НИМ ПОТРІБНО ВИКОРИСТОВУВАТИ
ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ!**

У хімічних лабораторіях із фенолом працюють у захисних рукавичках й у витяжній шафі. Типовими шляхами потрапляння фенолу до організму є проковтування, удихання пари та всмоктування крізь шкіру, він шкідливий майже для всіх систем організму. Потрапляння фенолу на шкіру призводить до хімічних опіків – адже він зумовлює денатурування білків. У цьому легко пересвідчитися, якщо змішати кілька крапель водного розчину фенолу з розчином білка курячого яйця: суміш стане каламутною внаслідок зсідання білка. Цю властивість фенолу здавна використовували в чинбарстві. Розбавлений водний розчин фенолу застосовують як антисептик у медицині й дотепер використовують у ветеринарії та як консервант (рис. 17.4).

Фенол – речовина, небезпечна для довкілля. Забруднення повітря, води, ґрунтів фенолом – болюча проблема багатьох країн. Про це свідчать цитати із численних статей у засобах масової інформації:



Рис. 17.4. 1. 12 серпня 1865 року під час операції лорд Джозеф Лістер уперше як антисептик застосував карболову кислоту розпорошуванням її за допомогою спеціального апарата. Незабаром він створив цілу систему антисептичних методів, які дали змогу кардинально знизити смертність і розвиток післяопераційних ускладнень. 2. Сучасний безпечний та антисептичний засіб містить фенол і гліцерол. Концентрацію фенолу в ньому визнано безпечною щодо токсичності або онкогенності. 3. Карболове мило – перевірений часом ефективний дезінфікувальний засіб гігієни

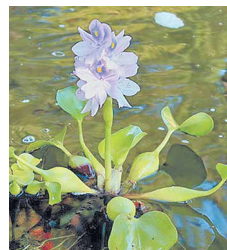
«Донецькій області (Україна) загрожує екологічна катастрофа, якщо під час обстрілу снаряд увлучить у фенольний завод поблизу лінії розмежування», «Проклята земля: в Іда-Вірумаа (Естонія) простирається токсичне фенольне болото», «Пам'ятаємо й сумуємо! Уфа (Росія) ушановує пам'ять жертв фенольної катастрофи 1990 року», «У Китаї близько 20 тонн фенолу потрапило в річку, люди масово скуповують воду в місцевих супермаркетах» тощо.

Світова наукова та інженерна спільнота працює над розробленням сучасних ефективних матеріалів і технологій для запобігання забрудненню фенолом довкілля й очищення його від цієї токсичної речовини.

Цікаво і пізнавально

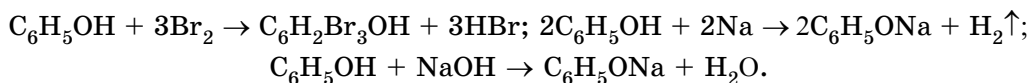
Унікальною властивістю ейхорнії (*Eichhörnna crássipes*) (водяного гіacinта) є здатність вилучати зі стічних вод фенол (до 540 г/л) та інші шкідливі речовини.

Про інші корисні й шкідливі оксигеновмісні органічні речовини ви дізнаєтеся з наступних параграфів.



ПРО ГОЛОВНЕ

- Молекула фенолу складається з вуглеводневого замісника фенолу C_6H_5- і характеристичної гідроксильної групи $OH-$.
- Вуглеводневий замісник і характеристична група в молекулі фенолу взаємовпливають.
- Фенол легко окиснюється киснем повітря.
- Фенол взаємодіє з бромною водою, лужними металами, лугами:



- Фенол – продукт багатотоннажного органічного синтезу й сировина для виготовлення барвників, пестицидів, лікарських препаратів, фенол-формальдегідних смол і синтетичних волокон.
- Фенол – отруйна речовина, небезпечна для довкілля.



Перевірте себе

1. Яка хімічна формула фенолу? 2. Як взаємовпливають вуглеводневий замісник і характеристична група в молекулі фенолу? 3. Які зв'язки утворюються між молекулами фенолу? 4. Які фізичні властивості фенолу? 5. З якими речовинами реагує фенол? До яких типів належать ці реакції? 6. Чим фенол шкідливий для здоров'я людини й довкілля?



Застосуйте свої знання й уміння

7. Порівняйте будову й властивості: а) бензену й фенолу; б) етанолу й фенолу. Результати порівняння оформіть як таблицю:

Речовини		...	...
Ознаки порівняння			
Агрегатний стан за звичайних умов			
Температура, °C	плавлення		
	кипіння		
Колір, запах			
Хімічні властивості			

8. 20 серпня 2006 р. хімічний завод у місті Цзілінь в однойменній північно-східній провінції Китаю злив у річку Маню виробничі відходи, що містили фенол. Вода в річці набула червоного кольору. Висловте припущення щодо причини зміни кольору води. 9. Поясніть, чому: а) нині відповідальні виробники не використовують фенол як консервант гуаші для дитячої творчості; б) фенол, що потрапив на шкіру, потрібно змивати гліцеролом; в) у водоймах, забруднених фенолом, різко зменшується вміст кисню, що негативно впливає на життєдіяльність організмів; г) хлорування води, що містить домішки фенолу в безпечній концентрації (ГДК 0,001 мг/мл), робить її непридатною для вживання; д) один з етапів знешкодження токсичних ґрунтів, забруднених фенолом, полягає в тому, що ґрунт змішують з водою і подрібненим негашеним вапном. *10. Які слова пропущено в наведеному описі: «Спрощена технологічна схема знефенолювання стічних вод коксохімічних заводів така: фенольні стічні води обробляють бенzenом, ... з води переходить у бензен, бо ... розчиняється в ньому. Бензеновий розчин відокремлюють і обробляють водним розчином натрій гідроксиду. Унаслідок цього утворюється ..., який добре розчиняється у воді. Після оброблення відокремленого від бензену водного розчину ... карбон(IV) оксидом утворюється водна емульсія ..., яку відокремлюють»? *11. «У сучасній косметології розчин фенолу невеликої концентрації використовують для омолодження шкіри обличчя. Він проникає до глибоких шарів дерми, і відбувається інтенсивне руйнування старих колагенових волокон та еластину, на зміну яким клітини починають активно виробляти нові волокна: шкіра підтягується, зникають глибокі зморшки». Оцініть достовірність цього рекламного повідомлення. Наведіть, з погляду хімії, аргументи на підтвердження ефективності цієї процедури. Поясніть, яку небезпеку вона може становити для здоров'я людини, що її проходить. 12. Обчисліть об'єм (л) водню (н. у.), що утвориться внаслідок взаємодії натрію масою 2,3 г з фенолом, узятим у надлишку. 13. Обчисліть масу (г) осаду, що утвориться внаслідок дії бромної води, узятої в надлишку, на водну емульсію, яка містить фенол масою 9,4 г. 14. У питній воді виявлено сліди токсичної речовини. Шляхом якісного та кількісного аналізу встановлено, що це – похідна фенолу такого складу: $w(C) = 36,5\%$, $w(H) = 1,5\%$, $w(O) = 8\%$, $w(Cl) = 54\%$. Відносна густина її пари за воднем становить 98,75. Визначте молекулярну формулу цієї речовини, складіть її структурну формулу.



Творча майстерня

15. Складіть з теми «Фенол» сенкан або кросворд.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=w1Ss-wYRf80>
<https://www.youtube.com/watch?v=boQsWvuoeSU>
<https://www.youtube.com/watch?v=HSGIfbV7W84>

§ 18. Обчислення за хімічними рівняннями кількості речовини, маси або об'єму продукту реакції за кількістю речовини, масою або об'ємом реагенту, що містить певну частку домішок

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **обчислювати** за хімічними рівняннями кількість речовини, масу або об'єм продукту реакції за кількістю речовини, масою або об'ємом реагенту, що містить певну частку домішок, та обґрунтовувати вибраний спосіб розв'язування.

На хімічних виробництвах доводиться використовувати сировину, що містить домішки (*поясніть чому*). Ці домішки зазвичай мають властивості, відмінні від властивостей основної речовини, і тому не перетворюються в процесі виробництва на потрібні продукти. Постає проблема, як за таких умов розрахувати кількість продукту реакції. Вихід з будь-якої проблемної ситуації потрібно шукати – тоді неодмінно знайдете його.

Обчислення за хімічним рівнянням кількостей (мас, об'ємів) продуктів реакції за кількостями (масами, об'ємами) реагентів, що містять певну частку домішок, – це проблема? Проаналізуємо її, щоб відокремити відоме від невідомого. Чи вмієте ви обчислювати за хімічними рівняннями кількості (маси, об'єми) продуктів реакції за кількостями (масами, об'ємами) реагентів? *Звісно!* А масу речовини в суміші (розчині, зокрема) за масою суміші й масовою часткою речовини в ній? *Ще б пак!* Тож жодних проблем з розв'язуванням задач нового типу не матимете – адже вони є поєднанням задач уже відомих вам типів. І алгоритм розв'язування їх досить простий (рис. 18.1). Головне, взяти до уваги, що спочатку потрібно обчислити масу чистої речовини в суміші (нею може бути руда, технічний зразок речовини, розчин тощо).

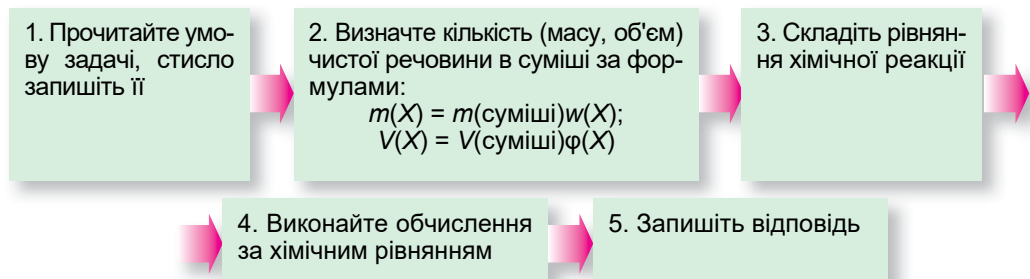


Рис. 18.1. Алгоритм обчислення кількості (маси, об'єму) продуктів реакції за кількістю (масою, об'ємом) реагенту, що містить певну частку домішок

Зрозуміло, що так само просто розв'язати й *обернену* задачу: визначити масову частку домішок (або масову частку чистої речовини) у реагенті за кількістю (масою, об'ємом) продуктів реакції (рис. 18.2).

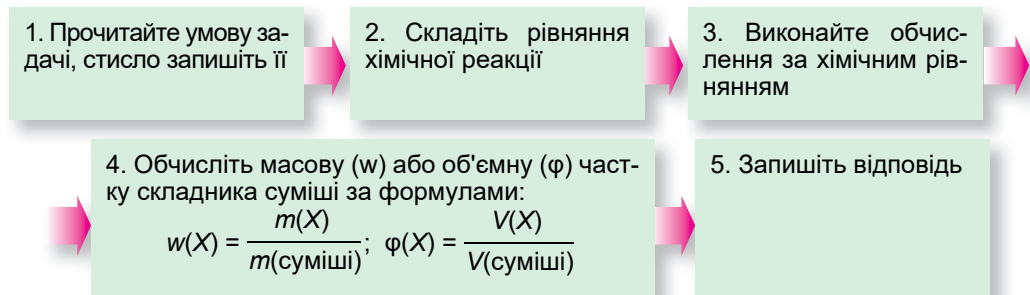


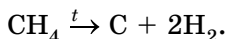
Рис. 18.2. Алгоритм обчислення масової частки складника (домішок або чистої речовини) у суміші за кількістю (масою, об'ємом) продуктів реакції

Пам'ятаймо, що коефіцієнти в хімічних рівняннях показують співвідношення між кількостями речовин реагентів і продуктів реакцій. Для газуватих речовин, що за властивостями наближаються до ідеального газу, – ще й співвідношення між їхніми об'ємами, виміряними за однакових умов.

Розгляньмо приклади. Задача 1. Обчислимо масу (г) сажі та об'єм (л) водню (н. у.), які можна добути термічним розкладанням метану об'ємом 94,3 л (н. у.), об'ємна частка азоту в якому становить 95 %.

Обчислюємо об'єм метану в суміші: $V(\text{CH}_4) = 94,3 \cdot 0,95 \approx 89,6$ л.

Складаємо рівняння реакції термічного розкладання метану:



Обчислюємо кількість речовини метану: $n(\text{CH}_4) = \frac{89,6 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} = 4 \text{ моль}$.

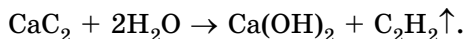
Обчислюємо кількість речовини вуглецю, що утворився: за рівнянням реакції $n(\text{C}) = n(\text{CH}_4) = 4 \text{ моль}$.

Обчислюємо масу вуглецю: $m(\text{C}) = 4 \text{ моль} \cdot 12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 48 \text{ г}$.

Обчислюємо об'єм водню, що утворився (об'єми газів виміряно за однакових умов): за рівнянням реакції $V(\text{H}_2) = 2V(\text{CH}_4) = 2 \cdot 89,6 \text{ л} = 179,2 \text{ л}$.

Задача 2. Обчислимо масову частку (%) домішок у технічному кальцій карбіді, якщо внаслідок оброблення його зразка масою 32 г водою, взятою в надлишку, виділився етин об'ємом 10 л (н. у.).

Складаємо рівняння реакції гідратації кальцій карбіді:



Обчислюємо кількість речовини етину, що утворився:

$$n(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{10 \text{ л}}{22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}}} \approx 0,45 \text{ моль}$$

Обчислюємо кількість речовини кальцій карбіді, що прореагував: за рівнянням реакції $n(\text{CaC}_2) = n(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,45 \text{ моль}$.

Обчислюємо масу кальцій карбіді:

$$m(\text{CaC}_2) = 0,45 \text{ моль} \cdot 64 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 28,8 \text{ г}$$

Обчислюємо масову частку домішок у кальцій карбіді:

$$w(\text{домішок}) = \frac{32 \text{ г} - 28,8 \text{ г}}{32 \text{ г}} = 0,1, \text{ або } 10 \%$$

Зверніть увагу: задачі щойно розглянутого типу траплятимуться вам і далі в підручнику. Тож матимете нагоду багаторазово застосувати для розв'язування їх знання та вміння, здобуті під час опрацювання цього параграфу.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Задачі на обчислення за хімічними рівняннями кількостей (мас, об'ємів) продуктів реакції за кількостями (масами, об'ємами) реагентів, що містять певну частку домішок, поєднують задачі вже відомих вам типів.
- Якщо реагент містить домішки, то спочатку потрібно обчислити масу чистої речовини в ньому, а потім – виконувати розрахунки за хімічним рівнянням.



Перевірте себе

1. Задачі яких типів поєднують у собі задачі на обчислення за хімічними рівняннями кількостей (мас, об'ємів) продуктів реакції за кількостями (масами, об'ємами) реагентів, що містять певну частку домішок? 2. Опишіть алгоритми розв'язування задач тих типів, про які йшлося в параграфі. 3. Які знання й уміння знадобились вам під час розв'язування задач нового типу?



Застосуйте свої знання й уміння

4. Складіть задачі, обернені до наведених у параграфі, і розв'яжіть їх. 5. Обчисліть: а) масу (г) спирту – продукту гідратації етену об'ємом 500 л (н. у.), об'ємна частка домішок етану в якому становить 8 %; б) масу (г) продукту каталітичної гідратації етину

об'ємом 40 л (н. у.), об'ємна частка домішок метану в якому становить 16 %; в) об'єм (л) карбон(IV) оксиду (н. у.), що утвориться внаслідок повного окиснення бензену масою 164 г, масова частка негорючих домішок у якому становить 5 %; г) масову частку лугу в розчині масою 500 г, що повністю витратився на реакцію з фенолом масою 18,8 г; д) масу (г) бромної води з масовою часткою броду 3,2 %, потрібної для добування 2,4,6-трибромофенолу масою 99,3 г; е) об'єм (л) етану, який можна добути гідруванням етину об'ємом 40 л, об'ємна частка азоту в якому становить 2 % (об'єми газів виміряно за однакових умов); є) масу (г) кальцій карбиду, масова частка домішок у якому становить 16 %, для добування з нього послідовними перетвореннями: а) етену об'ємом 4,48 л (н. у.); б) етаналю масою 196 г; в) бензену масою 176 г.



Творча майстерня

6. Укладіть міні-збірник задач нового типу, умови яких ґрунтуються на хімічних реакціях за участі органічних речовин, про які ви дізналися торік і цього року. Запропонуйте розв'язати їх у класі. Чи збіглися ваші розв'язки та відповіді? 7. У математиці є багато підходів до розв'язування задач – алгебричний, графічний тощо. З'ясуйте, чи можна задачі, розглянуті в цьому параграфі, розв'язати в інші, ніж наведені, способи. За результатами дослідження підготуйте презентацію. 8. Напишіть комп'ютерну програму для розв'язування хімічних задач вивченого типу.

§ 19. Альдегіди

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- **називати** загальну формулу та характеристичну групу альдегідів;
- **пояснювати** вплив характеристичної групи на фізичні й хімічні властивості альдегідів;
- **наводити приклади** альдегідів, поширення їх у природі та харчових продуктах;
- **складати** молекулярні й структурні формули альдегідів, рівняння реакцій, які описують хімічні властивості етаналю, добування етаналю;
- **характеризувати** хімічні властивості альдегідів, способи добування етаналю;
- **установлювати** причиново-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями, застосуванням і впливом на довкілля альдегідів;
- **виявляти** альдегіди;
- **дотримуватись правил** безпечного поводження з альдегідами.

Склад і будова молекул альдегідів певною мірою вам уже відомі зі схеми, зображеної на рис. 2 (с. 68). Проаналізувавши її та рисунок 19.1, ви самостійно зможете визначити, з яких фрагментів складаються молекули альдегідів, і сформулювати визначення альдегідів як класу органічних сполук (зробіть це).

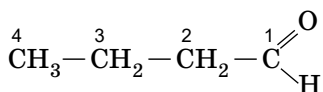


Складіть загальну молекулярну формулу насичених альдегідів і порівняйте із загальною молекулярною формулою насичених одноатомних спиртів.

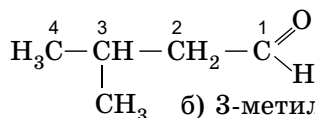
Систематична номенклатура альдегідів. Назви альдегідів згідно з правилами IUPAC будують з назви відповідного вуглеводню додаванням суфікса **-аль**:

алкан- + -аль → алканаль

Перед коренем назви записують бічні замісники, зазначають їхнє положення й кількість. Нумерацію карбонового ланцюга починають з атома Карбону альдегідної групи:



а) бутаналь;



б) 3-метилбутаналь;

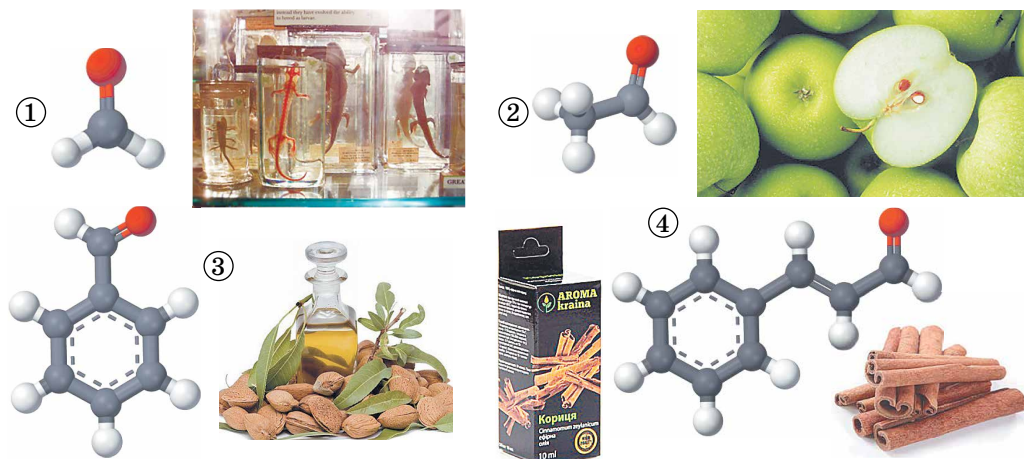
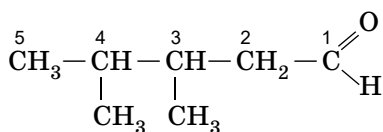
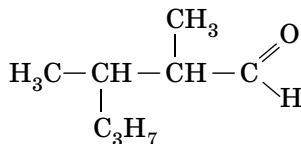


Рис. 19.1. Склад і будова молекул деяких альдегідів. 1. Метаналь (формальдегід, або мурашиний альдегід, – від лат. *formica*, що означає мурашка) – найпростіший з альдегідів. Біологічні зразки, законсервовані у формаліні – водному розчині метаналу. 2. Етаналь (ацетальдегід, оцтовий альдегід) – другий член гомологічного ряду аліфатичних насичених альдегідів, міститься в каві, стиглих фруктах, хлібі, утворюється в рослинах як продукт метаболізму. 3. Бензальдегід – головний компонент гіркої мигдалевої олії. 4. Цинамаль – складник коричневої ефірної олії



в) 3,4-диметилпентаналь



г) ...

? Назвіть альдегід, структурну формулу якого позначено (г), за систематичною номенклатурою.

Цікаво і пізнавально

Назву «альдегід» запропонував німецький хімік Юстус фон Лібіх як скорочення латинського *alcohol dehydrogenatus* – дегідрогенований спирт.

Фізичні властивості альдегідів закономірно змінюються в гомологічному ряду. Як саме? Перший представник гомологічного ряду альдегідів – метаналь – за звичайних умов є газуватою речовиною, альдегіди складу C_2 – C_{12} нерозгалуженої будови – рідини, від C_{13} і довше – тверді речовини. Зі збільшенням молекулярної маси альдегідів збільшуються значення величин їхньої в'язкості й густини (поясніть чому).

Порівняно зі спиртами температури кипіння альдегідів нижчі. Поміркуймо чому. У їхніх молекулах немає атома Гідрогену, сполученого з атомом елемента, який має високу електронегативність (пригадайте, які це елементи). Тож між молекулами альдегідів, на відміну від спиртів, не утворюються водневі зв'язки.

Натомість атоми Оксигену альдегідної групи здатні утворювати водневі зв'язки з атомами Гідрогену молекул води, тому вони більш розчинні у воді, ніж вуглеводні, але менше, ніж спирти. З подовженням карбонового ланцюга розчинність альдегідів у воді зменшується, альдегіди добре розчиняються в етанолі, бензені тощо (поясніть ці факти).



Рис. 19.2. 1. Гексаналь має запах свіжоскошеної трави. Картина «Сінокіс» (1900) українського маляра Миколи Пимоненка. 2. Нонаналь в чистому вигляді притаманний сильний солодкуватий запах жиру. За великого розведення він набуває запаху троянд. Картина «Мальви та троянди» (1954–1958) української мисткині Катерини Білокур

Нижчі альдегіди мають різкий характерний запах. Вищим альдегідам притаманний запах, подібний до запаху погашеної свічки¹. Він стає приємним за розведення до 1 % й менше. Запах деканалю (C_{10}) має відтінок цедри, запах альдегіду C_{12} – лілії та фіалки. Більше про запахи деяких альдегідів ви дізнаєтеся з рисунка 19.2.

Цікаво і пізнавально

Сила аромату альдегідів залежить і від будови карбонового ланцюга. Так, альдегіди з розгалуженим ланцюгом пахнуть сильніше й приємніше, ніж ізомерні їм альдегіди

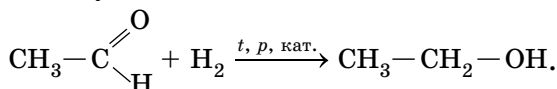
лінійної будови. Наприклад, міристиновий альдегід $CH_3-(CH_2)_{12}-C(=O)H$ має дуже

слабкий запах, а його ізомер $(CH_3)_2CH-(CH_2)_3-CH(CH_3)-(CH_2)_3-CH(CH_3)-C(=O)H$ – сильний і приємний.



Назвіть ці альдегіди за систематичною номенклатурою, узявши до уваги, що 11 позначають префіксом ундека-, 12 – додека-, 13 – тридека-, 14 – тетрадека- тощо.

Характерні хімічні властивості етаналю ґрунтуються на окисно-відновних реакціях. Пригадайте, етаналь є продуктом часткового окиснення етанолу, яке відбувається внаслідок відщеплення молекули водню від молекули спирту. Тож, вочевидь, продуктом часткового відновлення етаналю є етанол, що утворюється в результаті приєднання молекули водню за місцем кратного зв'язку $C=O$:



Це є ще одним підтвердженням існування генетичних зв'язків між класами органічних сполук, зокрема – альдегідами й спиртами, та значним числом оборотних реакцій за участі органічних речовин.

¹ Свічковий запах зумовлений жирними альдегідами, продуктами неповного окиснення вуглеводнів.



Рис. 19.3. 1. Реакція «срібного дзеркала»: блискучий результат! 2. Магія виготовлення ялинкових прикрас ґрунтується на хімічному перетворенні

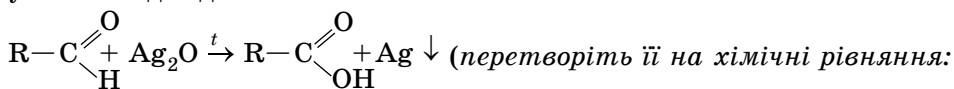
Етаналь легко окиснюється, зокрема, амоніачним розчином аргентум(I) оксиду й свіжодобутим купрум(II) гідроксидом. Ці реакції є *якісними реакціями* на альдегіди. *Виконаймо їх.*

У скляну, чисто вимиту¹ круглодонну колбу з водним розчином етаналю або метаналю долемо амоніачний розчин аргентум(I) оксиду й зануримо колбу в посудину з окропом. У результаті перебігу реакції на стінках колби утвориться тонкий осад срібла (рис. 19.3).

Цікаво і пізнавально

У 1946 році на Київщині відкрито Клавдіївську фабрику ялинкових прикрас. І дотепер на ній зі скляних трубок вручну видують легкі й тонкі кулі, які вручну сріблять із середини й упродовж доби висушують. За день майстер або майстриня сріблять близько 2000 куль. Шар срібла на стінках куль надає їм міцності та глянсового блиску. Потім кулі фарбують іззовні в різні кольори і, нарешті, розписують.

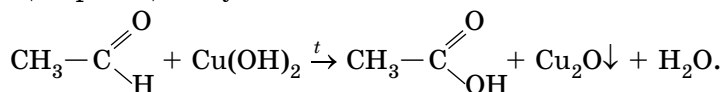
У загальному вигляді спрощена схема реакції «срібного дзеркала» за участі альдегідів така:



а) у загальному вигляді; б) у конкретному випадку – за участі етаналю).

Альдегіди також можна окиснити в лужному середовищі купрум(II) гідроксидом. Добудемо його реакцією обміну між сіллю й лугом у розчині (складіть рівняння цієї реакції, опишіть явища, що супроводжують її перебіг), добавимо до нього водний розчин альдегіду та обережно нагріємо. Блакитний осад купрум(II) гідроксиду перетвориться на жовтий осад купрум(I) гідроксиду, який за подальшого нагрівання перетвориться на цегляно-червоний купрум(I) оксид (рис. 19.4).

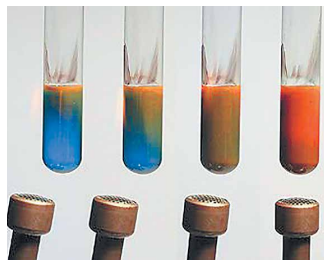
Схема цієї реакції за участі етаналю така:



Перетворіть схему цієї реакції на хімічне рівняння. Назвіть за систематичною номенклатурою продукт окиснення етаналю, наведіть тривіальну назву цієї речовини. Як можна довести її утворення?

¹ Чистота поверхні, яку сріблять у такий спосіб, дуже важлива для отримання рівного дзеркального шару срібла. Якщо поверхня не буде ідеально чистою, срібне покриття матиме дефекти або замість дзеркальної поверхні утвориться темно-сірий осад срібла.

Рис. 19.4. Окиснення альдегіду свіжодобутим купрум(II) гідроксидом. На цій реакції ґрунтується метод визначення моносахаридів у біологічних рідинах, зокрема в крові й у сечі, винайдений німецьким хіміком Карлом Августом Троммером у 1841 році



Поміркуйте, яка характеристична група є в молекулах таких моносахаридів.

Добування етаналю здійснюють у різні способи, два з яких ви вже знаєте. Це каталітична гідратація етину й часткове окиснення етанолу (складіть рівняння цих реакцій, проконтролюйте правильність виконання завдання: див. параграфи 11, 15).

Застосування та вплив на довкілля альдегідів зумовлені їхніми властивостями. Метаналь використовують у виробництві синтетичних смол, клеїв, полімерних матеріалів, лікарських засобів, вибухівки та як дезінфікувальний засіб і консервант біологічних препаратів. Етаналь – проміжний продукт у багатьох органічних синтезах¹. Деякі альдегіди, переважно ті, у карбоновому ланцюзі яких від 8 до 12 атомів Карбону, використовують як складники парфумерних композицій та ароматів (рис. 19.5).



Рис. 19.5. Застосування альдегідів. 1. «Формідрон» – перевірений часом дезінфікувальний і дезодорувальний засіб. Уміст метаналю в ньому становить 10 %. 2. Хоч до рани прикладай! БФ-6 – медичний клей для оброблення незначних ушкоджень шкіри – завжди має бути напихваті. Його складником є полімер полівінілбутираль, для синтезу якого використовують альдегід бутаналь. 3. Складниками парфумів Chanel № 5, що свого часу (1921) стали технологічною новинкою, є синтетичні альдегіди



Проаналізуйте інформацію про застосування альдегідів, джерелами якої є рисунки до цього параграфа і наведені далі відомості, щоб самостійно дійти висновків про користь і шкоду альдегідів.

¹ Промисловий спосіб добування етанової (оцтової) кислоти частковим окисненням етаналю тепер замінено на більш ефективні.

Метаналь має специфічні токсичні властивості. Він утворюється внаслідок неповного згоряння палива, тому міститься у викидах теплоелектростанцій, автомобільних вихлопах, тютюновому димі тощо. Також потрапляє в повітря в результаті поступового розкладання формальдегідних смол, якими просочують деревноволокнисті та деревностружкові плити, які використовують для виготовлення меблів. Тож, щоб запобігти хронічному отруєнню метаналем, потрібно мінімізувати його надходження до помешкання.



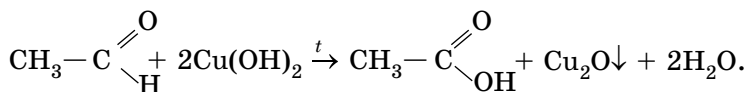
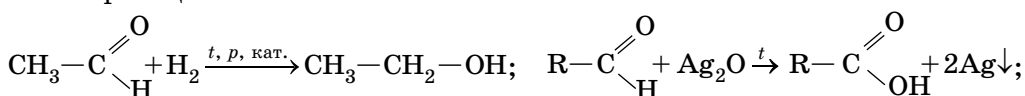
Запропонуйте, як це зробити.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Альдегіди – аліфатичні та ароматичні органічні сполуки, що містять

альдегідну групу $-\text{CHO}$, загальна формула альдегідів – $\text{R}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$.

- Назви альдегідів згідно з правилами IUPAC будують з назви відповідного вуглеводню з додаванням суфікса **-аль**
- Фізичні властивості альдегідів закономірно змінюються в гомологічному ряду.
- Характерні хімічні властивості етаналю ґрунтуються на окисно-відновних реакціях:



- Етаналь можна добути каталітичною гідратацією етину й частковим окисненням етанолу.
- Застосування й вплив на довкілля альдегідів зумовлений їхніми властивостями.



Перевірте себе

1. Які речовини називають альдегідами? 2. Яка загальна формула альдегідів? 3. Як назвати альдегід за систематичною номенклатурою? 4. Реакції яких типів характерні для альдегідів? 5. За допомогою яких реактивів можна довести, що в молекулі речовини є альдегідна група? 6. Які є способи добування етаналю? 7. Для чого застосовують альдегіди? 8. Як впливають альдегіди на довкілля й здоров'я людини?

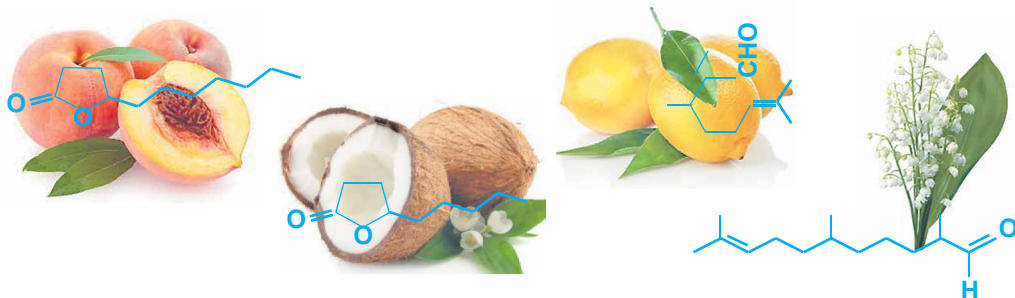


Рис. 19.6. Скажи мені, альдегід чи ні?



Застосуйте свої знання й уміння

9. Складіть формули всіх структурних ізомерів гексаналю й назвіть їх за систематичною номенклатурою. *10. Проаналізуйте структурні формули запашних речовин (рис. 19.6), які в парфумерії зазвичай називають альдегідами. Чи всі вони є представниками альдегідів – класу органічних сполук? Обґрунтуйте свою думку. Чи є поміж цих речовин ненасичені сполуки? 11. Є дві пронумеровані пробірки. Одна – з водним розчином гліцеролу, інша – з водним розчином метаналю. Запропонуйте декілька способів розпізнавання цих речовин. 12. Складіть рівняння реакцій, що відповідають перетворенням: а) етанол $\xrightarrow{1}$ етен $\xrightarrow{2}$ етин $\xrightarrow{3}$ етаналь; б) етаналь $\xrightarrow{1}$ етанол $\xrightarrow{2}$ етаналь $\xrightarrow{3}$ етанова кислота. 13. У Каліфорнійському університеті Девіса 2009 р. нонаналь ідентифіковано як сполуку, що своїм запахом приваблює комарів (лат. *Culex*) – переносників багатьох небезпечних захворювань, зокрема лихоманки Західного Нілу, японського енцефаліту, птишиної малярії тощо. Поясніть і оцініть практичне значення цього відкриття. 14. Обчисліть масу (г) етанової кислоти, яку можна добути окисненням технічного етанолу масою 600 г, масова частка домішок у якому становить 2 %.



Творча майстерня

15. Складіть рефлексивну карту за матеріалами параграфа.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=Nipbnb1YaAI>

<https://www.youtube.com/watch?v=ELWiFFtEjM4>

<https://www.youtube.com/watch?v=2P8rgwSLWkg>

<https://www.youtube.com/watch?v=VKZvvFM1dW8>

<https://www.youtube.com/watch?v=dQzZX2jYrS8>

§ 20. Карбонові кислоти

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **називати** загальну формулу та характеристичну групу карбонових кислот; насичені одноосновні карбонові кислоти за систематичною номенклатурою;
- **пояснювати** вплив карбоксильної групи й водневого зв'язку на фізичні й хімічні властивості карбонових кислот;
- **наводити приклади** насичених одноосновних карбонових кислот та їхні тривіальні назви, поширення їх у природі й харчових продуктах;
- **складати** молекулярні й структурні формули насичених одноосновних карбонових кислот; рівняння реакцій, які характеризують їхні хімічні властивості, та добування етанової кислоти;
- **порівнювати** хімічні властивості насичених одноосновних карбонових і неорганічних кислот;
- **характеризувати** хімічні властивості насичених одноосновних карбонових кислот;
- **установлювати** причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями, застосуванням і фізіологічною дією насичених одноосновних карбонових кислот;
- **виявляти** карбонові кислоти у водних розчинах;
- **дотримуватися правил** безпечного поводження з карбоновими кислотами.

«Як має бути квасне¹, то най буде як оцет», – стверджує українське прислів'я. Етанова (оцтова) кислота CH_3COOH є продуктом окиснення етанолу, яке відбувається внаслідок життєдіяльності оцтовокислих бактерій *Acetobacter*. Це ви вже знаєте з курсу хімії основної школи. Саме етанова кислота – чи не найвідоміший представник величезного класу органічних сполук – **карбонових кислот**. Тож розгляньмо їх докладніше.

¹ Квасне – те саме, що кисле.

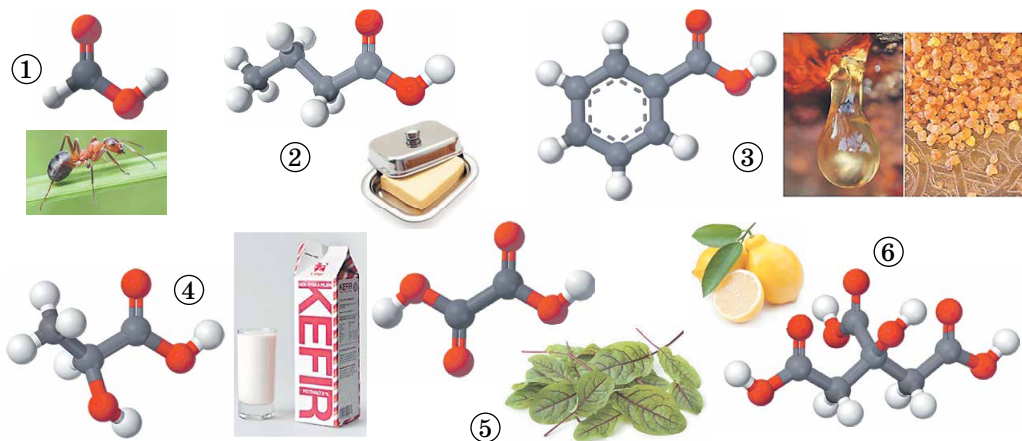


Рис. 20.1. Мені те прісне, що не кисле (українське прислів'я). 1. Мурашину кислоту вперше виділив у 1670 р. англійський натураліст Джон Рей з рудих лісових мурашок. 2. Масляну кислоту 1814 р. уперше виявив у вершковому маслі французький хімік Мішель Ежен Шеврьоль. 3. Бензоатну кислоту вперше виділено в XVI ст. сублімацією з бензойної смоли (росного ладану), що добувають зі стіраксового дерева. 4. Молочна кислота – продукт молочнокислого бродіння цукрів, утворюється внаслідок скисання молока, бродіння вина й пива. 5. У 1773 р. Франсуа П'єр Саварі з Фрібурга (Швейцарія) виділив щавлеву кислоту з її солі, яка міститься в щавлю. 6. Лимонну кислоту відкрив та виділив із соку недостиглих плодів лимона в 1784 р. шведський хімік Карл Вільгельм Шеєле

Поширення в природі карбонових кислот частково відображено на рисунку 20.1. Щоб перевірити експериментально слухність українського прислів'я, наведеного в підписі до рисунка 20.1, виконайте лабораторний дослід, узявши до уваги важливе правило безпеки праці в кабінеті хімії: жодну речовину не можна пробувати на смак!



Лабораторний дослід 1.

Виявлення органічних кислот у харчових продуктах

Вам видано харчові продукти: шматочки лимона, яблука, помідорів, зразки розсолу квашеної капусти, кефіру, фруктових соків тощо; універсальний індикаторний папір, харчову соду (натрій гідрокарбонат), крейду, ячну шкаралупу (їхній головний складник – кальцій карбонат), пробірки, скляні або пластикові палички чи піпетки.

Завдання. Пригадайте хімічні властивості етанової кислоти та неорганічних кислот, про які ви дізналися в основній школі. За порадою вчителя або вчительки хімії самостійно або в складі малої навчальної групи *сплануйте й виконайте* дослід з виявлення органічних кислот у харчових продуктах, *опишіть* послідовність дій, спостережувані явища й поясніть їх.

Звісно, на рисунку 20.1 відображено лише малу частку природних об'єктів, що містять карбонові кислоти. Пересвідчіться в цьому, виконавши завдання:



Поміркуйте й висловіть припущення щодо того, де в природі можуть траплятися такі кислоти (або їхні похідні):

- валеріанова $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$ та ізовалеріанова $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COOH}$
- пеларгонова $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$; в) пальмітинова $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$

г) арахідова $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{COOH}$ й арахідонова

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$;

д) винна $\text{HOOCCH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$; е) бурштинова $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$;

є) яблучна $\text{HOOCCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$.

Вочевидь, що таке розмаїття карбонових кислот зумовлює потребу класифікувати їх. Деякі з ознак, за якими класифікують карбонові кислоти, наведено на схемі (рис. 20.2)



Скориставшись схемою на рисунку 20.2, класифікуйте кислоти, формули яких наведено на рисунку 20.1 в попередньому завданні. До кожної назви й формули кислоти доберіть відповідні ознаки класифікації, наприклад: «Етанова (оцтова) кислота є насиченою одноосновною».

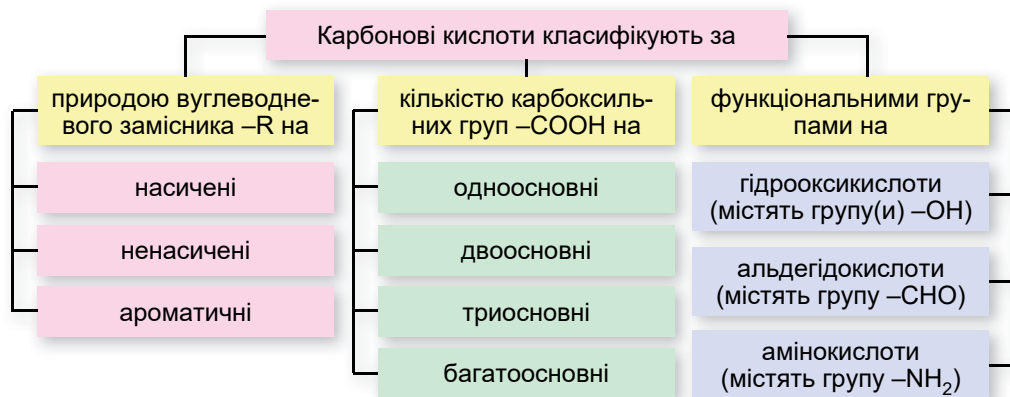


Рис. 20.2. Класифікація карбонових кислот

Карбоксильна характеристична група й вуглеводневий замісник у складі молекул насичених одноосновних карбонових кислот зумовлюють їхні фізичні й хімічні властивості.



Виведіть загальну молекулярну формулу насичених одноосновних карбонових кислот.

У карбоксильній групі під впливом атома Оксигену, сполученого подвійним зв'язком з атомом Карбону, відбувається перерозподілення електронної густини (рис. 20.3).



Рис. 20.3. Перерозподілення електронної густини в молекулах карбонових кислот

Унаслідок цього зв'язок між атомами Оксигену й Гідрогену стає ще більш полярним. Тож можливе утворення водневих зв'язків як між молекулами карбонових кислот, так і між ними та молекулами води (рис. 20.4).

Нижчі карбонові кислоти – це рідини, а кислоти із кількістю атомів Карбону більше 10 – тверді речовини.

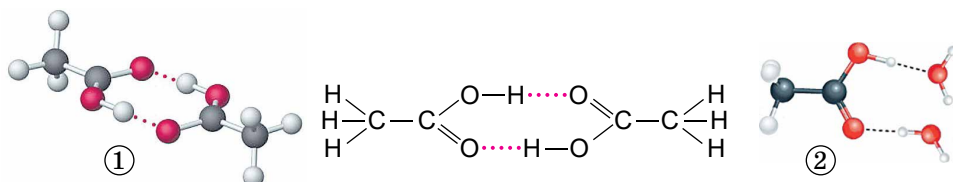


Рис. 20.4. 1. Схема утворення димерів етанової кислоти відбувається за рахунок водневих зв'язків. 2. Необмежену розчинність етанової кислоти у воді зумовлено утворенням водневих зв'язків між її молекулами і молекулами води

 Поміркуйте й поясніть, чому поміж карбонових кислот, на відміну від вуглеводнів і альдегідів, немає газуватих (за звичайних умов) речовин.

Перші три представники насичених одноосновних карбонових кислот необмежено розчиняються у воді, далі, зі зростанням довжини вуглеводневого замісника, розчинність карбонових кислот зменшується (*поясніть чому*), і вищі жирні кислоти майже нерозчинні у воді. У рідкому стані молекули карбонових кислот димеризуються в результаті утворення водневих зв'язків.

 Поміркуйте й поясніть, чому: а) температури кипіння насичених одноосновних карбонових кислот вищі за температури кипіння відповідних спиртів; б) перші представники насичених одноосновних карбонових кислот мають характерний різкий запах, а вищі карбонові кислоти запаху не мають; в) густина лише перших двох представників насичених одноосновних карбонових кислот більша за густину води.

Структурна ізомерія насичених одноосновних карбонових кислот зумовлена різною послідовністю сполучення атомів Карбону й Оксигену в їхніх молекулах. Ізомерія *карбонового скелета* можлива в карбонових кислот, у молекулах яких не менше ніж чотири атоми Карбону. *Міжкласова* ізомерія¹ можлива для тих карбонових кислот, у молекулах яких не менше ніж два атоми Карбону. Наприклад, молекулярній формулі $C_5H_{10}O_2$ відповідають такі ізомерні карбонові кислоти (рис. 20.5):

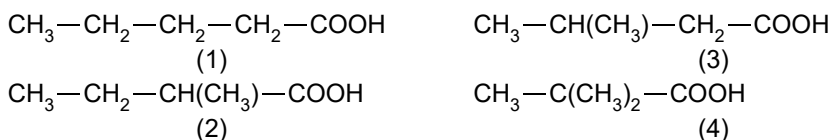


Рис. 20.5. Структурні формули ізомерних карбонових кислот складу $C_5H_{10}O_2$

Як назвати насичені одноосновні карбонові кислоти за систематичною номенклатурою? Це легко зробити, скориставшись простим алгоритмом:

алкан- + -ова + кислота → алканова кислота

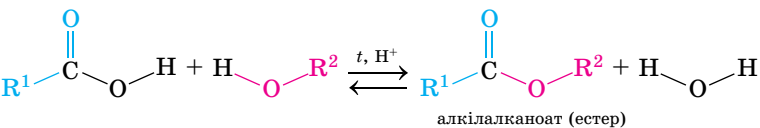
Тобто назви насичених одноосновних карбонових кислот згідно з правилами IUPAC будують з назви відповідного вуглеводню з додаванням суфікса **-ов** і закінчення **-а**. Перед коренем назви записують бічні замісники, зазначають їхнє положення й кількість. Нумерацію карбонового ланцюга починають з атома Карбону карбоксильної групи.

Назвімо за цим алгоритмом ізомерні карбонові кислоти, структурні формули яких наведено на рисунку 20.5: (1) – пентанова кислота, (2) – 2-метилбутанова кислота, (3) – 3-метилбутанова кислота, (4) – 2,2-диметилпропанова кислота.

Хімічні властивості насичених одноосновних карбонових кислот наведено в таблиці 20.1. Проаналізувавши схеми реакцій за участі органічних кислот і пригадавши властивості неорганічних кислот, які ви знаєте з основної школи, ви зможете самостійно дійти висновку щодо подібності й відмінності їхніх хімічних властивостей (*зробіть це*).

¹ Докладніше про клас органічних сполук, ізомерних карбоновим кислотам, ви дізнаєтеся з наступного параграфа.

Табл. 20.1. Хімічні властивості насичених одноосновних карбонових кислот

Дія на індикатори		Молекули карбонових кислот у водному розчині дисоціюють з утворенням аніонів кислотного залишку й катіонів Гідрогену: $\text{RCOOH} \rightleftharpoons \text{RCOO}^- + \text{H}^+$ Катіони Гідрогену зумовлюють зміну забарвлення індикаторів. Насичені одноосновні карбонові кислоти слабкі, тому в повних йонних рівняннях їх, за винятком метанової кислоти, записують у молекулярній формі
Взаємодія	з металами	$\text{RCOOH} + \text{Mg} \rightarrow (\text{RCOO})_2\text{Mg} + \text{H}_2\uparrow$ магній алканоат
	з лугами	$\text{RCOOH} + \text{KOH} \rightarrow \text{RCOOK} + \text{H}_2\text{O}$ калій алканоат
	із солями	$\text{RCOOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{RCOONa} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ натрій алканоат
	зі спиртами	

Зверніть увагу: назви солей карбонових кислот складаються з назви металічного елемента й назви алкану, від якого походить карбонова кислота, із додаванням суфікса **-оат**:

металічний елемент + алкан- + -оат → металічний елемент + алканоат

На особливу увагу заслуговує реакція між карбоною кислотою та спиртом. Вона супроводжується утворенням *естеру* й води. Докладно про особливості її перебігу та складання назв естерів буде в наступному параграфі.



1. Перетворіть схеми хімічних реакцій, наведені в таблиці 20.1, на хімічні рівняння, зазначте типи хімічних реакцій. 2. Складіть відповідні рівняння реакцій за участі етанової кислоти. Порівняйте хімічні властивості етанової та хлоридної кислот.

Добування етанової кислоти ґрунтується на вже відомій нам хімічній реакції – частковому окисненні етаналу, який утворюється внаслідок часткового окиснення етанолу (*позначивши окисник [O], складіть відповідну схему перетворень*). Це є ще одне підтвердження існування генетичних зв'язків між спиртами, альдегідами й карбоновими кислотами.

Застосування й фізіологічна дія насичених одноосновних карбонових кислот зумовлені їхніми властивостями. Ці сполуки широко використовують в органічному синтезі. Суміш пальмітинової (C₁₅H₃₁COOH) і стеаринової (C₁₇H₃₅COOH) кислот – сировина для виготовлення стеаринових свічок. Солі вищих карбонових кислот і лужних елементів застосовують як мила, мастила, емульгатори. Сикативи – допоміжні сполуки, які вводять в олійні фарби для пришвидшення процесу висихання – є солями насичених одноосновних карбонових кислот і важких металічних елементів. Сильна бактерицидна дія мурашиної (метанової) кислоти зумовлює її застосування в медицині та як консерванта – у сільському господарстві (оброблення сіна й силосу) і в харчовій промисловості (харчова добавка Е 236).

Також її використовують для дезінфікування, оброблення шкіри, текстильних матеріалів і паперу. Оцтову (етанову) кислоту застосовують у

харчовій (Е 260) і хімічній промисловості. У побуті – як смакову добавку й консервант, для дезінфікування, вибавлення плям тощо.

Насичені одноосновні карбонові кислоти в малих концентраціях не шкідливі. Проте потрапляння всередину або на шкіру концентрованих розчинів нижчих карбонових кислот призводить до отруєння й тяжких опіків. Тож використання карбонових кислот на виробництві та в побуті потребує обережності.

● ПРО ГОЛОВНЕ

- Карбонові кислоти – поширені в природі органічні речовини.
- Молекули одноосновних карбонових кислот складаються з вуглеводневого замісника $-R$ та карбоксильної групи $-COOH$.
- Загальна молекулярна формула насичених одноосновних карбонових кислот $C_nH_{2n}O_2$.
- Для карбонових кислот характерна структурна ізомерія: карбонового скелета й міжкласова.
- Назви карбонових кислот складаються за алгоритмом: алкан- + -ова + кислота $\rightarrow$ алканова кислота.
- Водневі зв'язки можуть утворюватися як між молекулами одноосновних карбонових кислот, так і між ними та молекулами води.
- Хімічні властивості насичених одноосновних карбонових кислот багато в чому подібні до властивостей неорганічних кислот.
- Етанову кислоту можна добути частковим окисненням етанолу.
- Карбонові кислоти широко використовують у різних галузях суспільного господарства та в побуті.



Перевірте себе

1. Які речовини називають карбовими кислотами? 2. Де карбонові кислоти трапляються в природі? 3. За якими ознаками класифікують карбонові кислоти? 4. Яка загальна формула насичених одноосновних карбонових кислот? 5. Які різновиди структурної ізомерії характерні для насичених одноосновних карбонових кислот? 6. Які зв'язки утворюються між молекулами карбонових кислот? Молекулами карбонових кислот і води? 7. Як змінюються фізичні властивості в ряду насичених одноосновних карбонових кислот? 8. Як називають насичені одноосновні карбонові кислоти за систематичною номенклатурою? 9. З якими речовинами реагують насичені одноосновні карбонові кислоти? 10. Які речовини є продуктами реакції між карбовими кислотами й спиртами? Як називають цю реакцію? 11. Де застосовують насичені одноосновні карбонові кислоти?



Застосуйте свої знання й уміння

12. Складіть структурні формули ізомерів карбонового скелета гексанової кислоти й назвіть їх за систематичною номенклатурою. 13. Поясніть, чому гептанова кислота не розчиняється у воді, але добре розчиняється в етанолі. 14. Порівняйте хімічні властивості хлоридної та метанової кислот, результати порівняння оформіть як таблицю. 15. Складіть хімічні рівняння, які відповідають ланцюжкам перетворень:

а) метан $\xrightarrow{1}$ етин $\xrightarrow{2}$ етаналь $\xrightarrow{6}$ етанова кислота $\xrightarrow{7}$ калій етаноат;

б) етан $\xrightarrow{3}$ етен $\xrightarrow{4}$ етанол.

16. Поясніть з огляду на вивчене: а) зміст прислів'їв: «Оцет – син вина», «З поганого вина – добрий оцет»; б) чому внаслідок дії етанової кислоти на розчин мила утворюється сірий осад. Складіть рівняння відповідних реакцій. 17. У лабораторії хімічного факультету під час практичної роботи провели такі досліді: а) розплавляли трохи стеаринової кислоти $C_{17}H_{35}COOH$ у порцеляновій чашці й помістили в неї невеликий шматочок натрію; б) у пробірці розчинили шматочок стеаринової кислоти в бензені й до

добутого розчину добавили дві краплі розчину фенолфталеїну. Потім добавили в неї кілька крапель розбавленого розчину натрій гідроксиду й струсили пробірку. Поясніть, чому в досліді (а) з розплаву почали виділятися бульбашки газу, а в досліді (б) фенолфталеїн не набув малинового забарвлення. Складіть рівняння реакції, що відбулася. 18. Наведіть рівняння реакцій, що підтверджують слушність порад: а) «Щоб очистити чайник від накипу – суміші карбонатів Кальцію і Магнію – приблизно на дві третини заповніть його водою, на одну третину – столовим оцтом. Розчин закип'ятіть, потім залиште його в чайнику до повного охолодження. Після цього воду злийте, а чайник промийте від залишків накипу»; б) «Гіркоту вершковому маслу надає бутанова кислота, що утворюється в ньому внаслідок окиснення. Щоб позбавитися неприємного присмаку й запаху, згіркле масло потрібно ретельно промити водним розчином харчової соди».



Творча майстерня

19. Складіть рефлексивну картку за матеріалами параграфа 20.

§ 21. Естери

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **називати** загальну формулу та характеристичну групу естерів; за систематичною номенклатурою естери;
- **наводити приклади** естерів та їхні тривіальні назви; поширення естерів у природі й харчових продуктах;
- **розрізняти** реакції естерифікації;
- **складати** молекулярні й структурні формули естерів (за назвами й загальними формулами відповідних гомологічних рядів); рівняння реакцій, які описують хімічні властивості естерів;
- **характеризувати** хімічні властивості естерів;
- **установлювати** причиново-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями, застосуванням і впливом на довкілля естерів;
- **дотримуватися правил** безпечного поводження з естерами.

Загальну молекулярну та структурну формули естерів ви вже можете описати самотужки з огляду на матеріал з попереднього параграфа (див. табл. 20.1). Естери ізомерні насиченим одноосновним карбоновим кислотам, тож загальна формула естерів така сама, як і загальна формула на-

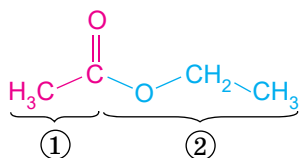


Рис. 21.1. Структурна формула естеру, що утворився внаслідок реакції між етановою кислотою та етанолом

сичених одноосновних карбонових кислот (*назвіть її*). Також ви знаєте, що естери – продукти реакції між карбоновою кислотою й спиртом. Унаслідок реакції *естерифікації*, перебіг якої потребує нагрівання і яку каталізують катіони Гідрогену, відбувається *міжмолекулярна дегідратація*. *У чому вона полягає?* Від карбоксильної групи молекули карбонової кислоти відщеплюється група –ОН, від гідроксильної групи молекули спирту – атом Гідрогену, які, сполучившись, утворюють молекулу води (див. таблицю 20.1). Наприклад, естер, що утворився внаслідок взаємодії між етановою кислотою та етанолом, складається зі структурних фрагментів цих речовин (рис. 21.1):

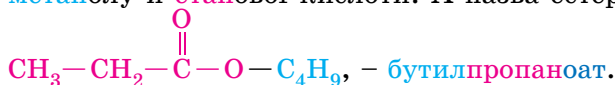


Визначте, який з фрагментів (1) і (2) на рисунку 21.1 був у складі молекули карбонової кислоти, а який – у складі молекули спирту.

Систематична номенклатура естерів. Назвати естер відповідно до неї просто, якщо дотримуватися такого алгоритму:

алкіл + алкан- + -оат → алкілалканоат

Наприклад, **метилетаноат** – естер, що утворюється внаслідок взаємодії **метанолу** й **етанової** кислоти. А назва естеру, структурна формула якого



? Назвіть естери: а) що утворюються внаслідок взаємодії етанолу й пропанової кислоти, пропан-1-олу й бутанової кислоти; б) структурні формули яких наведено на рисунку 21.2. Складіть відповідні хімічні рівняння.

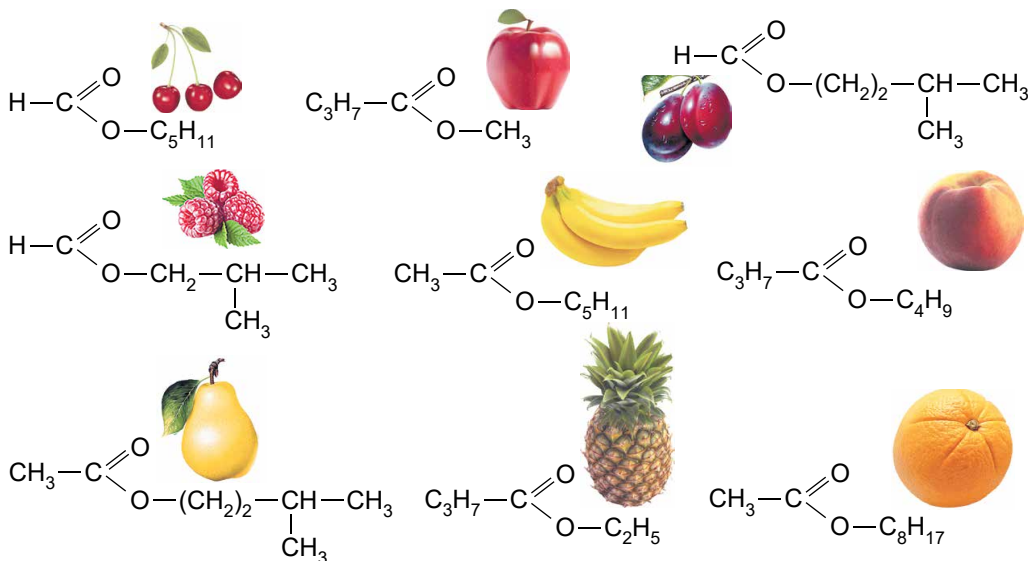


Рис. 21.2. Структурні формули деяких естерів і фрукти, запах яких властивий цим сполукам

Фізичні властивості естерів залежать від кількості атомів Карбону в молекулах відповідних карбонових кислот і спиртів. Естери нижчих карбонових кислот і найпростіших одноатомних спиртів – леткі безбарвні рідини з характерним, часто фруктовим запахом (рис. 21.2). Естери вищих карбонових кислот – безбарвні тверді легкоплавкі речовини. Естери практично нерозчинні у воді, але добре розчиняються в більшості органічних розчинників і самі є розчинниками для багатьох органічних речовин (рис. 21.3).

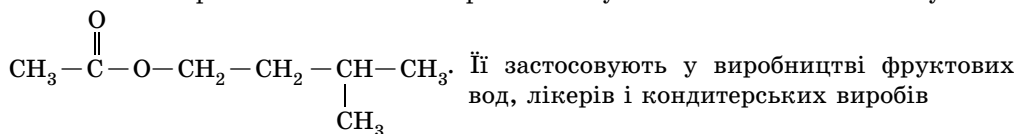


①



②

Рис. 21.3. 1. Етилетаноат – рідина з приємним фруктовим запахом, ефективний розчинник. 2. Грушева есенція – спиртовий розчин суміші естерів аліфатичних карбонових кислот з переважним умістом ізопентилетаноату





Поміркуйте й поясніть наведену вище інформацію щодо розчинності естерів і використання їх як розчинників.

Гідроліз естерів – реакція, обернена реакції естерифікації. Тому ви самостійно зможете назвати її продукти й скласти відповідне хімічне рівняння (*зробіть це*).



1. Складіть рівняння реакцій гідролізу естерів, структурні формули яких наведено на рисунку 21.2, і назвіть їхні продукти. 2. Складіть рівняння реакцій лужного гідролізу цих естерів і назвіть їхні продукти.

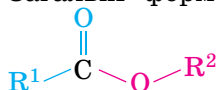
Застосування естерів. Певних висновків щодо цього ви дійдете самостійно, якщо проаналізуєте рисунки 21.2 і 21.3 (*зробіть це*). Також естери використовують у медицині. Багато які з речовин, що зумовлюють лікувальний ефект низки фармацевтичних засобів, є естерами.

Про застосування естерів і реакції естерифікації у виробництві штучних і синтетичних волокон, клеїв тощо ви дізнаєтеся з наступних параграфів.

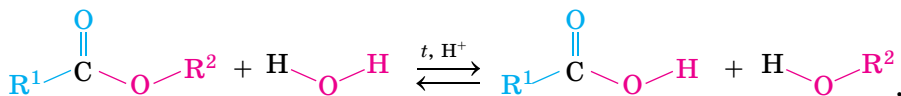
Естери порівняно малотоксичні, хоча й справляють на людину наркотичну дію. Під час роботи з ними на виробництві потрібно використовувати спеціальні засоби захисту для очей і органів дихання. Багато які з естерів є легкозаймистими та вибухонебезпечними речовинами.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Загальні формули естерів: молекулярна – $C_nH_{2n}O_2$ й структурна –



- Естери ізомерні насиченим одноосновним карбоновим кислотам.
- Естери – органічні продукти реакцій між карбоновими кислотами й спиртами.
- Алгоритм складання назви естерів за систематичною номенклатурою: алкіл- + алкан + -оат → алкілалканоат.
- Фізичні властивості естерів залежать від кількості атомів Карбону в молекулах відповідних карбонових кислот і спиртів.
- Гідроліз естерів – реакція, обернена реакції естерифікації:



Перевірте себе

1. Яка загальна формула естерів? 2. Які речовини є ізомерами естерів? 3. Назвіть реагенти й продукти реакції естерифікації. 4. Який алгоритм складання назв естерів за систематичною номенклатурою? 5. Опишіть фізичні властивості естерів. 6. Яка реакція є оберненою до реакції естерифікації? 7. Для чого застосовують естери?



Застосуйте свої знання й уміння

8. Поясніть, чому: а) приміщення, де зберігають місткості з етилетаноатом, потрібно постійно провітрювати, воно має бути сухим, не мати доступу до відкритих джерел тепла, відкритого вогню, сонячних променів; б) для нейтралізування виробничих поверхонь, ґрунту, де відбувся вилив естеру, їх обробляють лужними розчинами, зокрема вапняним молоком. 9. Проаналізуйте уривок повідомлення ЗМІ: «Електромеханік вирішив розрізати закриту порожню бочку, у якій зберігався етилетаноат, електричною шліфувальною машиною. Унаслідок цього від іскри стався вибух і загоряння випарів естеру». Поясніть, чому стався нещасний випадок, адже бочка була порожньою.



10. Проаналізуйте зміст етикеток харчових продуктів, косметичних і побутових засобів. Визначте, які з них містять естери. За результатами дослідження підготуйте презентацію.



Дізнайтеся більше

https://www.youtube.com/watch?v=VISPMZ7_4V4

§ 22. Жири

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- **наводити приклади** жирів та їхні тривіальні назви; поширення жирів у природі й харчових продуктах;
- **розрізняти** насичені й ненасичені жири;
- **складати** молекулярні й структурні формули жирів; рівняння реакцій, які описують хімічні властивості жирів;
- **характеризувати** хімічні властивості жирів;
- **установлювати** причинно-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями, застосуванням і впливом на довкілля жирів;
- **розв'язувати проблему** власного раціонального харчування на основі знань про жири;
- **оцінювати** біологічне значення жирів для харчування людини; переваги вживання олій.

Жири, про які ви вже знаєте з курсу хімії основної школи, також є естерами. Вони – продукти реакції естерифікації, що відбувається за участі гліцеролу й вищих карбонових кислот – пальмітинової $C_{15}H_{31}COOH$, стеаринової $C_{17}H_{35}COOH$, олеїнової $C_{17}H_{33}COOH$ тощо (рис. 22.1).

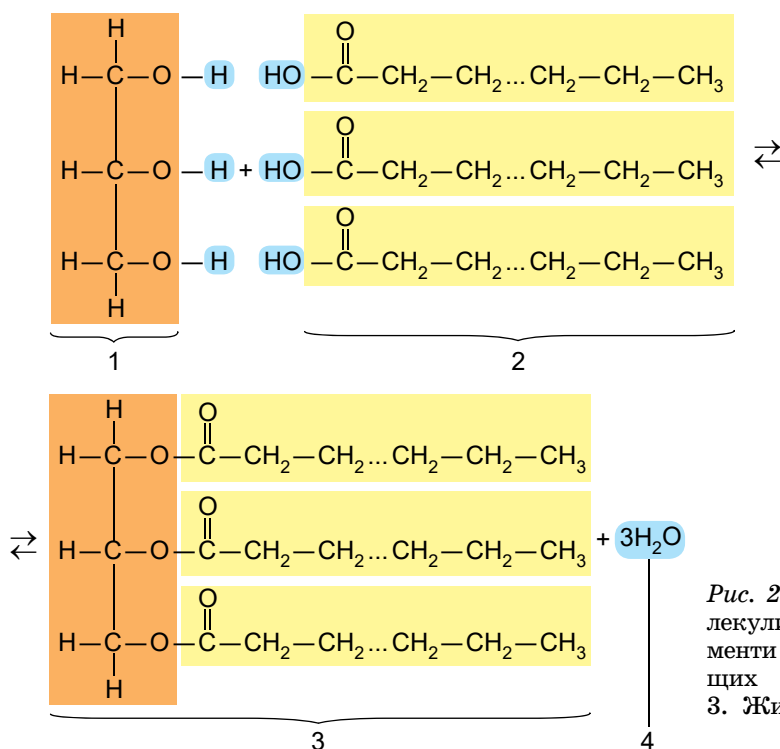


Рис. 22.1. 1. Фрагмент молекули гліцеролу. 2. Фрагменти трьох молекул вищих карбонових кислот. 3. Жир. 4. Три молекули води

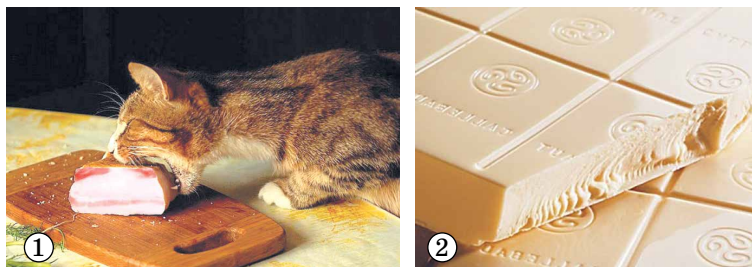


Рис. 22.2. 1. «Знає кіт, чиє сало з'їв!» (Українське прислів'я). 2. Какао-масло – складник білого шоколаду. Його вміст у цьому смаколіку має становити щонайменше 20 %

До складу молекули жиру можуть водночас входити фрагменти різних карбонових кислот. Це впливає на зовнішній вигляд і властивості жирів. Ті з них, що містять залишки насичених кислот, – тверді. До них належать свиначий і баранячий жир, масло какао, пальмоядрове масло тощо (рис. 22.2).

Залежно від складу жири розм'якшуються за різних температур. Жири з коротшими карбоновими ланцюгами, а також ненасичені жири м'якші. Жири рослинного походження здебільшого ненасичені, тому поміж них переважають рідини. Такі жири називають оліями (рис. 22.3).



Назвіть природні джерела олій, зображених на рисунку 22.3.

Цікаво і пізнавально

Олійництво – традиційне господарське заняття українців та українок. Одна з перших згадок про давнє виробництво олій на території сучасної України є в «Патерику» Києво-Печерського монастиря. Перший в Україні інтерактивний музей олій створили в 2014 році в селі Мачухи на Полтавщині. Тут можна дізнатися, як виготовляли олію понад 100 років тому й особисто долучитися до її приготування. У Львові в Музеї народної архітектури і побуту імені Климентія Шептицького щовихідних працює олійня, де вам розкажуть про виготовлення олій та продемонструють інструменти, потрібні для цього.

Інші фізичні властивості жирів ви добре знаєте не лише з курсу хімії основної школи, а й з повсякденного життя. Тож схарактеризувати їх ви зможете самостійно, пояснивши з погляду хімії, прислів'я, загадки та уривки повідомлень ЗМІ, наведені далі (зробіть це):

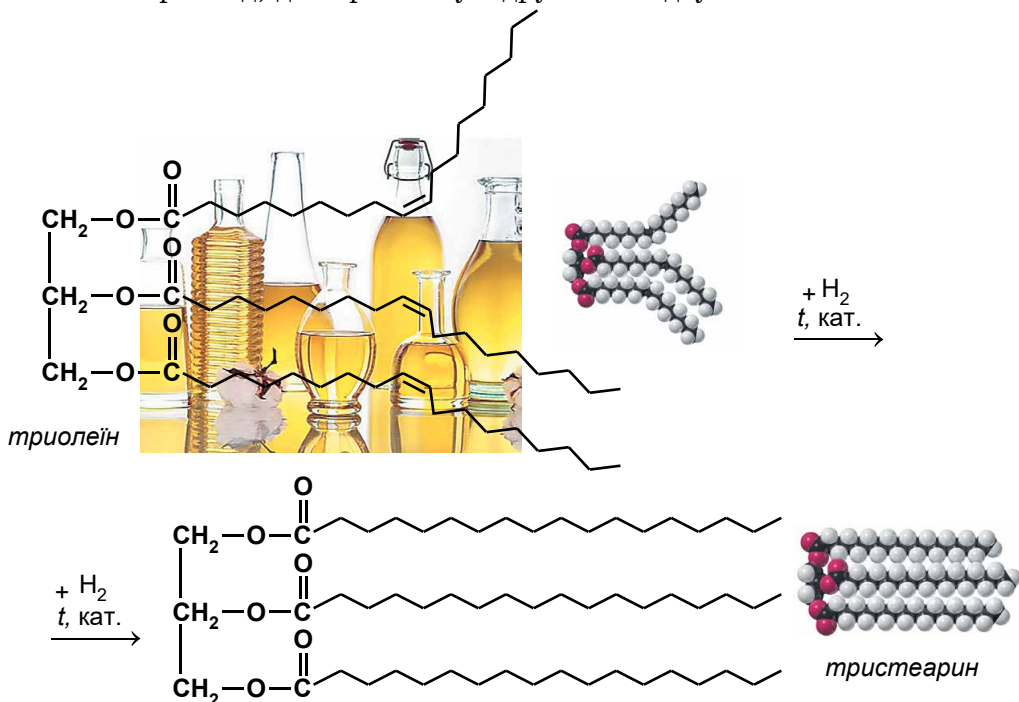


Рис. 22.3. Золотавий розмай олій

«Олію з водою ніколи не погодиш»; «У воді купалася, сухою залилася. (Це – ...)»; «Правда, як олія: наверх все одно спливає»; «Дуже товстий шар підшкірного жиру в гренландського тюленя надійно захищає його від холоду»; «Запропоновано використовувати рідкий пропан як розчинник для видалення жирів із сировини рослинного, тваринного або мікробіологічного походження. У такий спосіб у харчовій промисловості можна виробляти жири й знежирені продукти».

Хімічні властивості жирів розглянемо на прикладі двох реакцій, які тісно пов'язані з повсякденним життям. Ідеться про *гідрування* та *лужний гідроліз* жирів. Адже саме на цих перетвореннях ґрунтуються важливі для суспільного господарства виробничі процеси. *Які саме?*

Реакція гідрування пов'язана з перетворенням рідких жирів (олій) на тверді, які використовують у виробництві харчового маргарину – заміника вершкового масла. Під час гідрування олій відбувається приєднання атомів Гідрогену за місцями подвійних зв'язків у залишках карбонових кислот. Наприклад, для триолеїну гідрування відбувається за схемою:



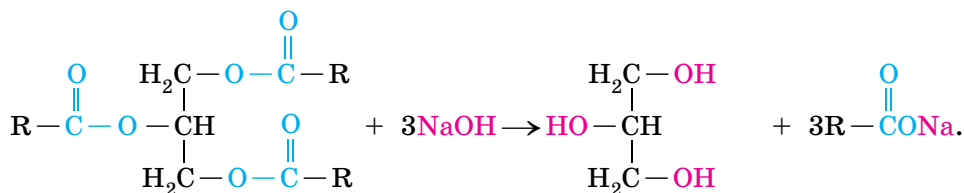
1. Перетворіть схему гідрування триолеїну на хімічне рівняння, використавши у формулах жирів скорочені записи залишків олеїнової та стеаринової кислот. 2. Порівняйте будову молекул триолеїну та тристеарину й поясніть, чому за звичайної температури тристеарин перебуває в твердому стані, а триолеїн – у рідкому.

Лужний гідроліз жирів, на якому ґрунтується добування мила, відомий із сивої давнини й має велике практичне значення. Реакція відбувається дуже швидко й необоротно, унаслідок чого утворюються гліцерол і відповідні солі вищих карбонових кислот – мила (рис. 22.4).



Рис. 22.4. Мило сіре, та мие біло (українське прислів'я)

Зобразимо схему цієї реакції в загальному вигляді:



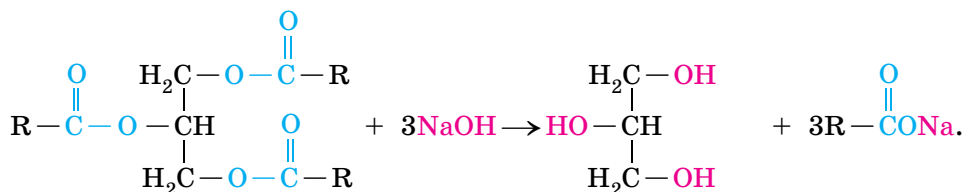
1. Перетворіть наведену схему реакції лужного гідролізу жиру на хімічне рівняння.
2. Складіть рівняння реакції гідролізу трипальмітину, що відбувається за участі калій гідроксиду.

Біологічне значення жирів для харчування людини, переваги вживання рослинних олій ви зможете оцінити самостійно, актуалізуючи знання з біології та хімії, здобуті в основній школі. А саме: пояснивши функціональне значення жирів у організмі людини та обґрунтувавши значення жирів рослинного й тваринного походження в раціоні осіб підліткового віку (*зробіть це*).

Це допоможе вам розв'язати проблему власного раціонального харчування. Щоб правильно організувати його, візьміть до уваги новітні рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ). У них зауважено, що сумарне споживання жирів має забезпечувати не більше як 30 % від усієї енергії, що надходить. На думку фахівців ВООЗ, потрібно збільшити в раціоні частку ненасичених жирів за рахунок зменшення в ньому вмісту насичених жирів і відмови від продуктів, які містять *транс-жири*¹. Удосконалити вміння раціонально харчуватися ви зможете під час вивчення вуглеводів і білків, про які йтиметься в наступних параграфах.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Жири – естери гліцеролу й вищих карбонових кислот.
- Реакція гідратування пов'язана з перетворенням рідких жирів (олій) на тверді.
- триолеїн + 3H₂ → тристеарин.
- Лужним гідролізом жирів добувають мило:



- Жири – один з головних компонентів харчування.



Перевірте себе

1. Опишіть фізичні властивості жирів.
2. На яких реакціях ґрунтуються: а) перетворення олій на тверді жири; б) добування мила.
3. Для чого застосовують жири?

¹ *Транс-жири* – шкідливі для здоров'я речовини, які утворюються під час технологічного оброблення олій. Унаслідок підігрівання, гідратування, знебарвлення та дезодорування відбуваються зміни просторової будови молекул вищих ненасичених карбонових кислот та їхніх залишків у жирах.



Застосуйте свої знання й уміння

4. Пригадайте, як тварини в дикій природі пристосовуються до умов існування. Поясніть: а) роль жирів у пристосованості ведмедів, пінгвінів, лебедів; б) чим небезпечне розлиття нафти для водоплавних птахів. 5. Поясніть з погляду хімії: а) українське прислів'я: «Було сало, милом стало»; б) чому зі стеаринової свічки можна виготовити мило, а з парафінової – ні; в) назву науково-популярної статті про жири: «Рідке золото організмів». 6. Поясніть, чому деякі вітаміни виробляють у капсулах як олійні розчини. Наведіть приклади таких вітамінів. 7. Обґрунтуйте, якими розчинниками – полярними чи неполярними – доцільно вибавляти жирові плями. *8. Метилстеарат – складник біодизелю¹, який виготовляють з метанолу та олій, зокрема ріпакової. Унаслідок нагрівання метанолу з жиром, наприклад тристеарином, за участі каталізатора утворюються гліцерол і метилстеарат. Складіть рівняння цієї реакції. *9. На уроці хімії продемонстровано дослід: в одну пробірку налили олію, в іншу – машинне масло. До вмісту обох пробірок добавили по кілька крапель спиртової настоянки йоду й перемішали. Рідини набули коричневого кольору. Пробірки закоркували й залишили в темному місці. Наступного дня виявили, що в одній з пробірок рідина знову стала світлою. Поміркуйте й поясніть зміни, що відбулися. 10. Обчисліть масу (г) трипальмітину, потрібного для добування туалетного мила масою 200 г, масова частка натрій пальмітату в якому становить 83,4 %.



Творча майстерня

11. Проаналізуйте зміст етикеток харчових продуктів, косметичних і побутових засобів. Визначте, які з них містять жири. За результатами дослідження підготуйте презентацію. 12. Дізнайтеся, використавши додаткові джерела інформації, що таке бромована рослинна олія, підготуйте стисле повідомлення про неї.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=Uta6BFMpAhA>

<https://www.youtube.com/watch?v=u7TmJDxAhfA>

<https://www.youtube.com/watch?v=PAIMB1rr7Pg>

§ 23. Вуглеводи

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- **наводити приклади** вуглеводів і їхні тривіальні назви; поширення в природі й харчових продуктах;
- **розрізняти** моно-, ди-, полісахариди;
- **складати** молекулярні й структурні формули вуглеводів; рівняння реакцій, які описують хімічні властивості глюкози, сахарози, крохмалю й целюлози;
- **порівнювати** будову й властивості крохмалю та целюлози;
- **характеризувати** хімічні властивості вуглеводів;
- **виявляти** глюкозу;
- **розв'язувати проблему** власного раціонального харчування на основі знань про вуглеводи;
- **оцінювати** біологічне значення вуглеводів для харчування людини.

Вуглеводи. Про походження назви цієї величезної групи органічних сполук ви дізналися торік з курсів хімії та біології основної школи. Пригадайте, якісний і кількісний склад більшості вуглеводів описує загальна формула $C_m(H_2O)_n$, де m та $n \geq 3$ (проаналізуйте її та поясніть походження назви «вуглеводи»).



Наведіть два приклади речовин, які ви вивчили раніше, що не є вуглеводами, хоча їхня молекулярна формула відповідає загальній формулі вуглеводів.

¹ Екологічно чистий вид біопалива, а також паливна добавка. Біодизель добувають з олії чи тваринного жиру й використовують як заміник нафтового дизельного палива.

Значення вуглеводів можна описати одним містким твердженням: «Це речовини, без яких життя на планеті Земля не було б таким солодким». І не лише тому, що інша назва вуглеводів – цукри. Пригадайте, вуглеводи допомагають нам розв'язати безліч проблем. Вони живлять, одягають, лікують, зігрівають, забезпечують рух, зберігають сталість внутрішнього середовища організму, беруть участь у збереженні й відтворенні спадкової інформації тощо.

Цікаво і пізнавально

Солодкість сахарози прийнято за одиницю. Глюкоза менш солодка (0,7), а фруктоза – більш солодка (1,70). Солодкість мальтози – 0,45, а лактози – 0,22.

Розгляньмо докладніше класифікацію вуглеводів і окремих їхніх представників. Як класифікують вуглеводи за здатністю до гідролізу, де вони трапляються в природі та звідки походять їхні назви, ви зможете пояснити самостійно, проаналізувавши схему, наведену на рисунку 23.1.



1. Визначте, проаналізувавши схему на рис. 23.1, формула якої з речовин не відповідає загальній формулі вуглеводів. 2. Поясніть походження назв вуглеводів, зазначених на схемі, узявши до уваги, що лат. *fructus* – плід, *saccharum* – цукор, *lactis* – молоко, *cellula* – клітина; грец. γλυκύς – солодкий, γέννωω – породжую, створюю, χιτών – одяг, шкіра, оболонка; англ. *malt* – солод; нім. *Kraftmehl* (*Kraft* – сила й *Mehl* – борошно).

Глюкоза в природі трапляється не лише у виноградному соку, а й у соках багатьох інших фруктів та ягід і чи не в усіх рослинних органах зеленого кольору. Це не дивно, адже саме в рослинах відбувається фотосинтез за участі зеленого пігменту хлорофілу:

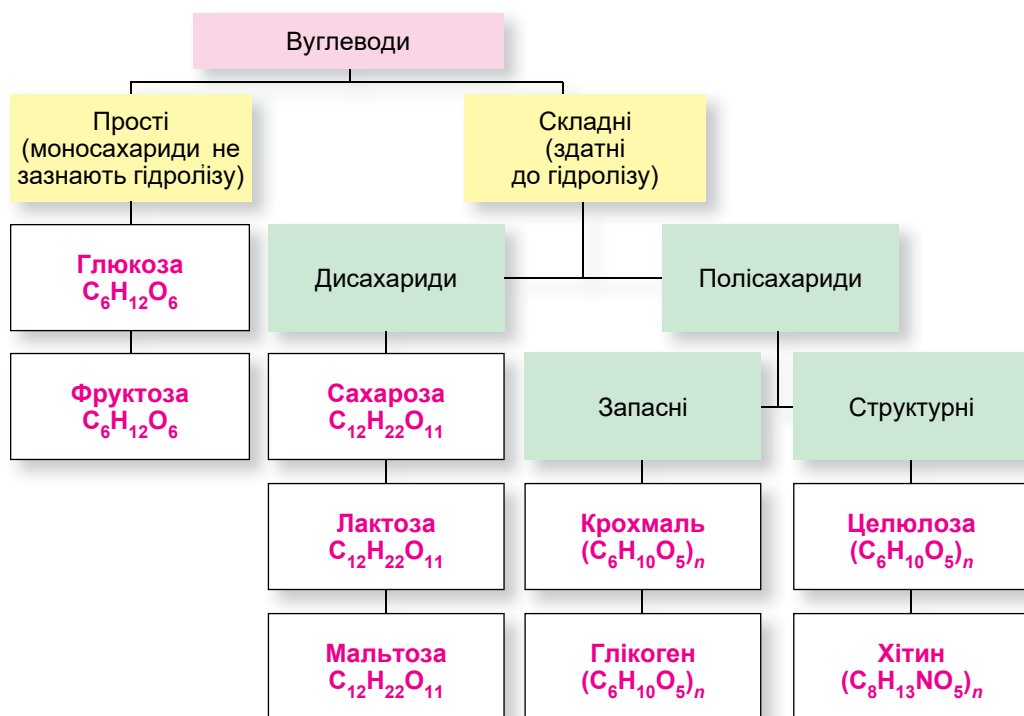
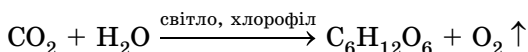


Рис. 23.1. Класифікація вуглеводів

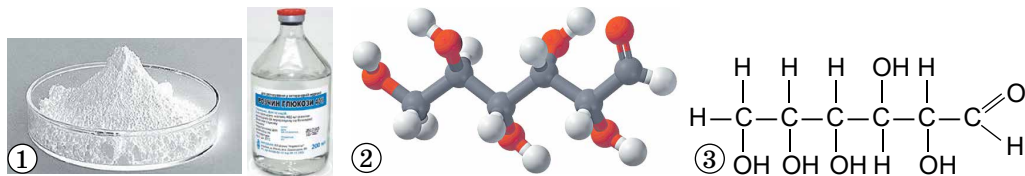


Рис. 23.2. 1. Кристалічна глюкоза та її водний розчин. 2. Кулестержнева модель молекули глюкози. 3. Структурна формула глюкози



Перетворіть схему реакції фотосинтезу на хімічне рівняння.

Особливо багаті на глюкозу виноград, черешні, вишні, малина, суниці, сливи, кавуни. З овочів найбільше глюкози містить гарбуз, білокачанна капуста та морква. Бджолиний мед також містить глюкозу.

Глюкоза – білий солодкий кристалічний порошок без запаху, добре розчинний у воді. Це зумовлено складом і будовою молекули цього моносахариду (рис. 23.2).



Проаналізуйте склад і будову молекули глюкози й поясніть, які характеристичні групи зумовлюють солодкий смак і добру розчинність у воді цієї речовини.

Хімічні властивості глюкози, яка поєднує в собі властивості багатоатомних спиртів і альдегідів, зумовлені характеристичними групами в її молекулі – п'ятьма гідроксильними й альдегідною. Щоб пересвідчитися в цьому, виконайте лабораторний дослід 2.



Лабораторний дослід 2.

Взаємодія глюкози з купрум(II) гідроксидом

Пригадайте й неухильно виконуйте

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ



Обладнання й реактиви: штатив з пробіркою, паличка для перемішування, тримач для пробірок, нагрівальний прилад; водні розчини: купрум(II) сульфату, натрій гідроксиду, глюкози.

Завдання. З'ясуйте, чи взаємодіє глюкоза з купрум(II) гідроксидом.

Послідовність виконання. Добудьте реакцією обміну купрум(II) гідроксид. Долийте до купрум(II) гідроксиду (надлишок лугу!) розчин глюкози й ретельно перемішайте вміст пробірки. *Що спостерігаєте? Порівняйте ознаки перебігу цієї реакції з ознаками якісної реакції на гліцерол та інші багатоатомні спирти.*

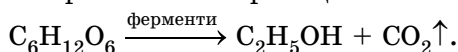
Обережно нагрійте добуту суміш. *Що спостерігаєте? Порівняйте ознаки перебігу цієї реакції з ознаками якісної реакції на альдегідну групу й складіть рівняння реакції окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом до глюконової кислоти.*



Спрогнозуйте, чи реагуватиме глюкоза з амоніачним розчином аргентум(I) оксиду.

Для глюкози характерна також реакція відновлення, зокрема воднем. Реакція відбувається за участі альдегідної групи, її продуктом є шестиатомний спирт сорбіт (*складіть відповідне хімічне рівняння*).

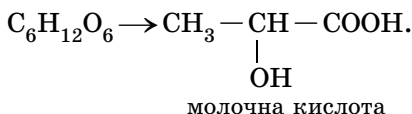
Спиртове бродіння глюкози пов'язане з ростом і розмноженням мікрокопічних дріжджових грибів. Схема реакції така:





Перетворіть схему реакції спиртового бродіння глюкози на хімічне рівняння, назвіть продукти реакції.

Є й інші різновиди бродіння глюкози. Наприклад, *молочнокисле*. Воно відбувається за схемою:



Квашення капусти, виробництво молочнокислих продуктів, виготовлення силосу ґрунтуються на молочнокислому бродінні.



Перетворіть схему реакції молочнокислого бродіння глюкози на хімічне рівняння. Якого кольору набуде універсальний індикаторний папірець у розсолі квашеної капусти. Обґрунтуйте свою відповідь теоретично й наведіть факти з власного досвіду на її підтвердження.

Глюкоза – один з продуктів гідролізу *сахарози*. Тому розгляньмо цей дисахарид докладніше.

Сахароза – $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ – речовина, добре відома вам у побуті як цукор. З огляду на це та вивчене торік, ви зможете самостійно схарактеризувати фізичні властивості сахарози (зробіть це, скориставшись рисунком 23.3).



Рис. 23.3. 1. Розмаїтий цукор... білий... коричневий (ідеться про чисту речовину чи суміш? Чому?). 2. Кристали сахарози під мікроскопом (вони атомні, йонні чи молекулярні?). 3. Цукровий сироп – дуже концентрований водний розчин сахарози. 4. Фігурка риби, виготовлена з карамелізованого цукру

Чим зумовлені солодкий смак сахарози та її добра розчинність у воді? Відповісти на це запитання ви зможете, визначивши, які характеристичні групи є в молекулі цієї сполуки. Для цього *проаналізуйте* склад і будову молекули сахарози (рис. 23.4) та *порівняйте* зі складом і будовою молекули гліцеролу.

Рис. 23.4. Модель молекули сахарози



Спрогнозуйте, чи реагуватиме сахароза зі свіжодобутим купрум(II) гідроксидом, які зовнішні ефекти мають супроводжувати перебіг імовірної реакції. Обґрунтуйте свою думку.

Гідроліз сахарози відбувається внаслідок кип'ятіння її розчину з декількома краплями хлоридної або сульфатної кислоти (які йони каталізують цю реакцію?), продукти реакції – глюкоза та її ізомер – фруктоза (складіть рівняння цієї реакції, використавши молекулярні формули вуглеводнів).



Поміркуйте й поясніть, за допомогою яких хімічних реакцій можна довести, що одним з продуктів гідролізу сахарози є глюкоза. Опишіть зовнішні ефекти цих реакцій.

Крохмаль і целюлоза – полісахариди. Багато чого про них ви вже знаєте (*поясніть звідки*). Щоб актуалізувати ці знання, проаналізуйте інформацію, наведену в таблиці 23.1, і доповніть її з огляду на знання, здобуті з хімії та біології в основній школі.

Табл. 23.1. Порівняльна характеристика крохмалю й целюлози

Ознаки порівняння	Полісахарид	
	крохмаль	целюлоза
Молекулярна формула	$(C_6H_{10}O_5)_n$, n – від кількох сотень до кількох тисяч	$(C_6H_{10}O_5)_n$, n – від кількох сотень до 10–14 тисяч
Структура макромолекул	Лінійна (амілоза, уміст 10–20 %) і розгалужена (амілопектин, 80–90 %)	...
Знаходження в природі й біологічні функції	У цитоплазмі рослинних клітин у вигляді зерен запасної поживної речовини	У ... рослинних клітин
Фізичні властивості	Білий аморфний без смаку й запаху порошок, не розчиняється в холодній воді, у гарячій – ... й утворює колоїдний розчин – ...	Біла волокниста речовина, ...



Пригадайте, що таке ефект Тіндаля, та поясніть, як за допомогою лазерної указки можна довести, що з гарячою водою крохмаль утворює колоїдний, а не істинний розчин.

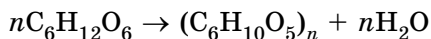
Кінцевим продуктом кислотного гідролізу як крохмалю, так і целюлози є глюкоза (*складіть, використавши молекулярні формули цих вуглеводів, рівняння відповідних реакцій; поясніть, як хімічним шляхом довести, що продуктом гідролізу є глюкоза*). Гідроліз крохмалю використовують у виробництві багатьох харчових продуктів. Можливий і частковий гідроліз крохмалю з утворенням менш складних полісахаридів – декстринів – складників клеїв для паперу, шпалер тощо. Модифіковані крохмалі добувають хімічним обробленням природного крохмалю, зокрема *естерифікацією*, а також біосинтезом. Унаслідок зміни складу й структури полімерні молекули набувають нових властивостей, які й зумовлюють широке застосування модифікованих крохмалів.

Кислотний гідроліз целюлози використовують у виробництві етанолу. *Як саме?* Продукт гідролізу целюлози (*яка його формула?*) піддають спиртовому бродінню. *Естерифікацією* целюлози добувають ацетатне волокно, целофан, целулоїд, піроксилін (бездимний порошок) тощо.



Поміркуйте й поясніть, які характеристичні групи в молекулах крохмалю й целюлози беруть участь у реакціях естерифікації.

Крохмаль – кінцевий продукт фотосинтезу, саме на нього перетворюється глюкоза:



Целюлозу добувають з деревини, бавовника тощо.

Цікаво і пізнавально

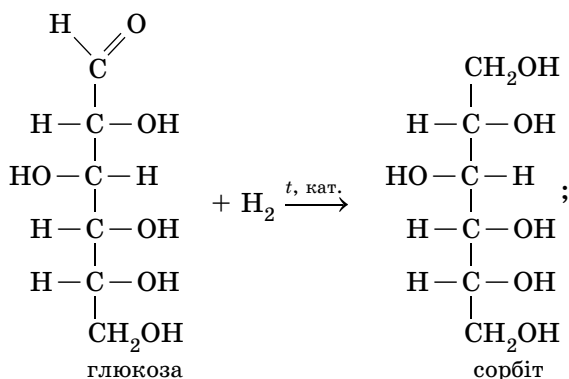
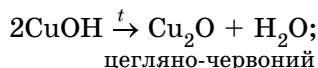
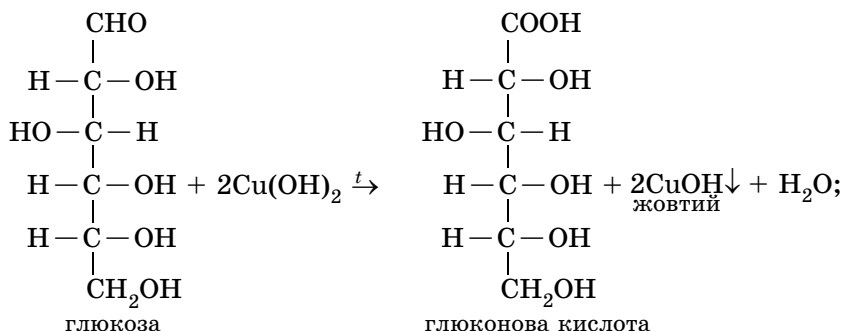
В Університеті штату Техас у США виведено штам ціанобактерій, які продукують целюлозу. Як джерело енергії вони використовують сонячне світло. Добуту целюлозу переробляють на етанол та інші види біопалива. Бактерії можуть бути вирощені без використання сільськогосподарських земель, за допомогою солоної води, непридатної для споживання людьми або поливання зернових культур.

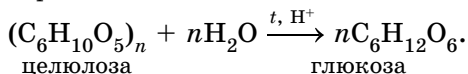
Добування целюлози біосинтезом належить до новітніх технологій. Біосинтез інших речовин відомий досить давно. Зокрема, біосинтез поза організмами широко застосовують як спосіб (іноді єдино можливий) промислового виробництва біологічно важливих речовин – вітамінів, деяких гормонів, антибіотиків, амінокислот, білків тощо.

Вуглеводи й раціональне харчування. Під час складання власного раціону візьміть до уваги рекомендації ВООЗ, наведені в «Пораднику зі споживання цукрів дорослими й дітьми» (2015). Ідеться про необхідність обмежити споживання «вільних цукрів» – моносахаридів і дисахаридів. На них має припадати менше як 10 % (а ліпше – 5 %) від сумарної енергії, що надходить до організму з їжею. Про користь і шкоду в харчуванні полісахаридів – крохмалю та клітковини – ішлося на уроках з основ здоров'я, багато інформації про це є в повідомленнях ЗМІ. Ваш вік і набутий життєвий досвід достатні для того, щоб критично оцінити здобуту інформацію й дійти правильних висновків щодо неї (*зробіть це, поділіться своїми поглядами з однокласниками й однокласницями*).

ПРО ГОЛОВНЕ

- Глюкоза $C_6H_{12}O_6$, фруктоза $C_6H_{12}O_6$, сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$, крохмаль $(C_6H_{10}O_5)_n$, целюлоза $(C_6H_{10}O_5)_n$ – представники вуглеводів.
- Глюкоза й фруктоза – моносахариди, сахароза – дисахарид, крохмаль, целюлоза – полісахариди.
- Хімічні властивості глюкози, сахарози, крохмалю й целюлози описують рівняння:





- $$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{світло, хлорофіл}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2\uparrow$$

- $$n\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n\text{H}_2\text{O}$$



Застосуйте свої знання й уміння

а) карбон(IV) оксид → глюкоза → крохмаль → глюкоза;
б) целюлоза → глюкоза → глюконова кислота → кальцій глюконат;
в) сахароза → глюкоза → сорбіт;
г) крохмаль → глюкоза → етанол → етаналь → етанова кислота → натрій етаноат;
д) крохмаль → глюкоза → молочна кислота → кальцій лактат.



111



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=5NrdYSsOjmQ>
<https://www.youtube.com/watch?v=6hvWPdlvd8o>
<https://www.youtube.com/watch?v=VVlZJ0YnS3o>
https://www.youtube.com/watch?v=wgnQ31DY4_w
https://www.youtube.com/watch?v=mT3_ueA13hg
<https://www.youtube.com/watch?v=XJyXe9hbjZQ>
<https://www.youtube.com/watch?v=h3pYbyWOPD8>
<https://www.youtube.com/watch?v=ZUhA5r7QyXs>
<https://www.youtube.com/watch?v=geUfwNbO40w>
<https://www.youtube.com/watch?v=8aScB4CpsQk>
<https://www.youtube.com/watch?v=ZW2GsH5sAe0>



Практична робота 1

Розв'язування експериментальних задач

Під час виконання цієї роботи ви застосуєте набуті знання про властивості органічних сполук та якісні реакції, за допомогою яких їх визначають, вдосконалисте вміння складати план експерименту й проводити його, робити висновки, розв'язувати експериментальні задачі.

Увага! Для ліпшого спостереження використовуйте чорно-білий екран. Якщо досліди виконуєте у пробірках, беріть по 5 крапель розчинів реагентів. Якщо дослід виконуєте в лунках пластини, то досить узяти по 2–3 краплі їхніх розчинів.



Будьте особливо обережні під час роботи з їдкими й отруйними речовинами, нагрівальними приладами та скляним хімічним посудом!

Вам видано штатив з пробірками або пластину для крапельного аналізу, скляні палички, піпетки, чорно-білий екран.

Реактиви, потрібні для роботи, доберіть самостійно з-поміж виданих вам для роботи.

Завдання. Проробіть досліди. Опишіть і поясніть спостереження, складіть (там, де це можливо) рівняння реакцій, запишіть їх у повній і (де це можливо) скороченій йонно-молекулярній формі.

1. Проробіть якісну реакцію на: а) гліцерол; б) етаналь; в) глюкозу; г) крохмаль.

2. Добудьте двома способами: а) магній етаноат; б) кальцій етаноат; в) натрій етаноат.

3. Проведіть реакцію нейтралізації за участі етанової кислоти.

4. Доведіть експериментально, що: а) етанова кислота сильніша за карбонатну; б) мило – сіль слабкої кислоти.

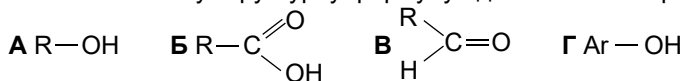
5. Доведіть експериментально, що: а) зразок препарату «Регідрон» містить глюкозу; б) у білому хлібі та картоплі є крохмаль; в) лікарський засіб «Розчин Люголя» містить йод; г) лікарський засіб «Формідрон» містить метаналь; д) соняшникова олія є ненасиченим жиром; е) сік нестиглого яблука містить крохмаль, а стиглого – глюкозу; є) одним з продуктів гідролізу сахарози є глюкоза; ж) продуктом гідролізу крохмалю є глюкоза; з) мед містить глюкозу; и) сорбіт є багатоатомним спиртом; і) глюкоза є альдегідоспиртом.

6. Розрізніть хімічним шляхом: а) шматочки картоплі й топінамбура (він не містить крохмалу); б) розчини крохмального клейстеру й гліцеролу; в) порошки крохмалу та крейди; г) соняшкову олію й вазелінове масло.

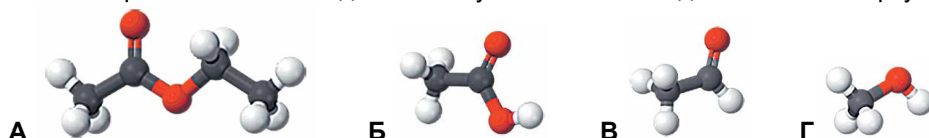


Тестовий контроль знань з теми «Оксигеновмісні органічні сполуки»

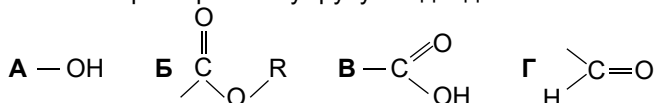
1. Укажіть загальну структурну формулу одноосновних карбонових кислот.



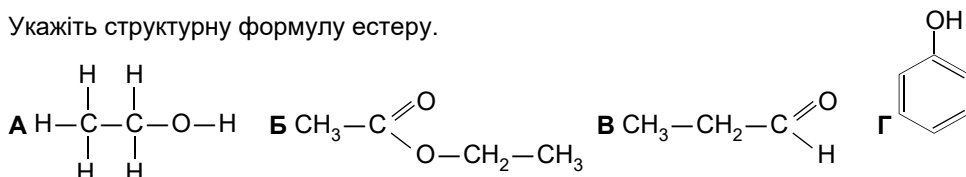
2. Якою літерою позначено модель молекули насиченого одноатомного спирту?



3. Укажіть характеристичну групу альдегідів.



4. Укажіть структурну формулу естеру.



5. Алгоритм складання назви естеру позначено літерою

- A** алкан + аль **Б** алкан + ол
В металічний елемент + алкан + оат **Г** алкіл + алкан + оат

6. Взаємодія етанолу з натрієм є

- A** ендотермічною реакцією **Б** реакцією приєднання
В реакцією заміщення **Г** оборотною реакцією

7. Гліцерол є

- A** ненасиченим триатомним спиртом
Б насиченим одноатомним спиртом
В одним з продуктів гідролізу тристеарину
Г одним з продуктів гідролізу метилетаноату

8. Гліцерол відрізняється від етанолу тим, що

- A** реагує з натрієм **Б** вступає в реакцію повного окиснення
В реагує з купрум(II) гідроксидом **Г** вступає в реакції естерифікації

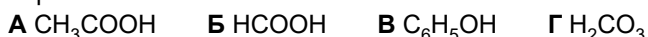
9. Фенол відрізняється від метанолу тим, що

- A** легко окиснюється на повітрі **Б** не має характерного запаху
В не реагує з лужними металами **Г** є сильною кислотою

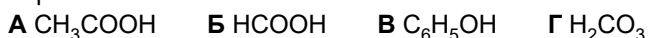
10. Метанова кислота відрізняється від етанової тим, що

- A** вступає в реакцію «срібного дзеркала»
Б не реагує з магнієм
В не має характерного запаху
Г утворює білий осад під дією бромної води

11. З-поміж речовин, формули яких наведено, укажіть ту, у якій кислотні властивості виражені найсильніше.



12. З-поміж речовин, формули яких наведено, укажіть ту, у якій кислотні властивості виражені найслабше.



13. Метилетаноат ізомерний
А пропаналю **В** пропан-1,2-діолу
Б пропан-2-олу **Г** пропановій кислоті
14. Проаналізуйте твердження.
 I. Одним з продуктів лужного гідролізу тристеарину є мило.
 II. Одним з продуктів лужного гідролізу тристеарину є гліцерол.
 Визначте, чи є поміж них правильні.
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
15. Кінцевим продуктом гідролізу крохмалю є
А фруктоза **Б** глюкоза **В** декстрин **Г** сахароза
16. Проаналізуйте твердження.
 I. Жири за своєю природою є естерами.
 II. Одним з продуктів гідролізу будь-якого естеру є гліцерол.
 Визначте, чи є поміж них правильні.
А правильне лише I
Б правильне лише II
В обидва правильні
Г немає правильних
17. Проаналізуйте твердження.
 I. Одним з продуктів лужного гідролізу тристеарину є маргарин.
 II. Одним з продуктів лужного гідролізу тристеарину є стеаринова кислота.
 Визначте, чи є поміж них правильні.
А правильне лише I
Б правильне лише II
В обидва правильні
Г немає правильних
18. Проаналізуйте твердження.
 I. Сік стиглого яблука від соку недозрілого можна відрізнити, використавши амоні-
 ачний розчин аргентум(I) оксиду.
 II. Сік стиглого яблука від соку недозрілого можна відрізнити, використавши водно-
 спиртовий розчин йоду.
 Визначте, чи є поміж них правильні.
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
19. Молекулярна формула насиченого одноатомного спирту – це
А $C_3H_8O_2$ **Б** $C_5H_{12}O$ **В** $C_2H_4O_2$ **Г** C_3H_4O
20. Укажіть речовину, у молекулі якої немає карбонільної групи.
А метанова кислота **Б** метаналь **В** етанова кислота **Г** етаналь
21. Укажіть речовину, яка відновлює срібло з амоніачного розчину аргентум(I) оксиду.
А сахароза **Б** етанол **В** крохмаль **Г** етаналь
22. Скільки з-поміж наведених речовин – метанова кислота, водень, магній, купрум(II)
 гідроксид – реагує з етаналем?
А 1 **Б** 2 **В** 3 **Г** 4
23. Водневі зв'язки не утворюються між молекулами
А води **Б** етанолу **В** гліцеролу **Г** етаналю
24. Моносахаридом є
А глюкоза **Б** сахароза **В** крохмаль **Г** целюлоза

25. Для скількох речовин з-поміж наведених – крохмаль, сахароза, глюкоза, целюлоза – можлива реакція гідролізу?
А 1 Б 2 В 3 Г 4
26. Для скількох речовин з-поміж наведених – триолеїн, тристеарин, етилетаноат, фенол – можлива реакція гідролізу?
А 1 Б 2 В 3 Г 4
27. Для скількох речовин з-поміж наведених – етаналь, триолеїн, тристеарин, пропаналь – можлива реакція гідрування?
А 1 Б 2 В 3 Г 4
28. Для скількох речовин з-поміж наведених – фенол, триолеїн, тристеарин, етанол – можлива реакція з лугом?
А 1 Б 2 В 3 Г 4
29. Для скількох речовин з-поміж наведених – фенол, триолеїн, тристеарин, сахароза – можлива реакція з бромною водою?
А 1 Б 2 В 3 Г 4
30. Скільки речовин з-поміж наведених – фенол, крохмаль, гліцерол, целюлоза – під дією водно-спиртового розчину йоду набувають синього кольору?
А 1 Б 2 В 3 Г 4



КЕЙС

«ЩОБ ВІДЧУТИ СМАК МЕДУ, ТРЕБА СПІЗНАТИ СМАК ПРАЦІ»

Опрацювання цього кейса дасть вам змогу пересвідчитися в слушності українсько-го прислів'я (рис. 1).

Під час роботи над завданнями кейса візьміть до уваги, що здавна бджолу в Україні вважали священною комахою. Людина, яка спостерігала за життям бджолоїної сім'ї, знаходила в ньому багато повчального й для себе, що знайшло відображення в прислів'ях: бджола красна медами, а людина – знаннями; одна бджола меду не наносить; будеш працювати, то й мед прийде до хати; дружні бджоли й ведмедя не злякаються.

Тож **Si sapis, sis apis!** – Якщо ви розумні, будьте бджолами (тобто трудіться).

Десятикласники й десятикласниці аналізували зміст етикеток лікарських і косметичних засобів, побутових хімікатів, харчових продуктів тощо. Вони шукали різноманітну інформацію про їхні складники й за результатами дослідження розробили завдання для учнів та учениць паралельного класу. Ті успішно впоралися із запропонованими завданнями. Випробуйте й ви свої сили.

1. Октан-1-ол надає косметичним засобам цитрусового аромату, нонан-1-ол має густий квітковий аромат з нотами троянд і апельсина. *Визначте*, до якого класу органічних сполук належать ці речовини. *Поясніть*, як ви дійшли цього висновку. *Складіть* структурні формули октан-1-олу й нонан-1-олу. *Визначте*, чим є ці речовини одна відносно одної, *поясніть* чому. *Складіть* декілька формул структурних ізомерів цих сполук і *назвіть* їх за систематичною номенклатурою. *Спрогнозуйте*, з якими речовинами реагуватимуть октан-1-ол і нонан-1-ол, *складіть* рівняння відповідних реакцій. *Зробіть припущення* щодо природних джерел цих речовин та галузей їхнього застосування, *аргументуйте* свою думку.

2. Октадекан-1-ол (стеариловий спирт) $C_{18}H_{38}O$ використовують у косметології як емульгатор і змачувальний засіб. *Складіть* структурну формулу стеарилового спирту. *Висловіте припущення*, у якому розчиннику – воді чи етанолі – вища розчинність цієї речовини, й *обґрунтуйте* свою думку. *Поясніть*, чому октадекан-1-ол використовують як емульгатор.



Рис. 1. «Щоб мед їсти, треба не присісти»

3. Пропан-1,2-діол (пропіленгліколь) використовують як розчинник твердих косметичних інгредієнтів для приготування мазей, паст, кремів, шампунів тощо, а також для екстрагування біологічно-активних речовин з природних об'єктів. *Складіть* структурну формулу пропан-1,2-діолу. *Визначте*, до якої речовини він подібний за складом і хімічною будовою, *спрогнозуйте* його фізичні й хімічні властивості, вплив на організм. *Перевірте* свої припущення, використавши додаткові джерела інформації.

4. Гліколева (2-гідроксиетанова) кислота $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ – це безбарвні кристали. Її використовують у складі засобів для догляду за шкірою. *Поясніть*, чому: а) ця речовина добре розчиняється у воді й етанолі; б) температура її плавлення (75°C) значно вища за температуру плавлення етанової кислоти ($16,75^\circ\text{C}$). *Спрогнозуйте*, з якими речовинами реагуватиме гліколева кислота.

5. Складником феромону, який впливає на поведінку робочих бджіл, є метилпропаноат і речовина, формула якої $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{COOCH}_3$. Обидві органічні сполуки є представниками того самого класу. *Визначте*, якого саме. *Складіть*: а) структурні формули цих речовин та їхніх ізомерів, *назвіть* за систематичною номенклатурою ізомери метилпропаноату; б) рівняння реакцій гідролізу цих речовин, *назвіть* продукти гідролізу метилпропаноату за систематичною номенклатурою.

6. Лариса та Олег вирішили вдома перевірити, чи є в складі жувальної гумки багатоатомні спирти. Для цього вони використали воду, мідний купорос і засіб для очищення зливних труб, головний складник якого – натрій гідроксид. За результатами дослідів вони дійшли висновку, що багатоатомні спирти є складниками жувальної гумки. *Уявно повторіть* цей дослід і *опишіть* його.

7. Ліліана й Віктор в університетській хімічній лабораторії спробували перевірити, чи можна відрізнити вершкове масло, до складу якого входять залишки як насичених, так і ненасичених карбонових кислот, від маргарину. Ліліана вирішила використати для цього бромну воду, а Віктор – підкислений водний розчин калій перманганату. Як ви вважаєте, чия спроба виявилася вдалою? *Уявно повторіть* ці досліді й *опишіть* їх.

8. Надія й Олександр у шкільній хімічній лабораторії спробували перевірити, чи не містить сир, куплений на ринку, домішок крохмалю. Надія вирішила використати для цього водно-спиртовий розчин йоду, а Олександр – свіжодобутий купрум(II) гідроксид. Як ви вважаєте, чия спроба виявилася вдалою? *Уявно повторіть* ці досліді й *опишіть* їх.

9. Світлана й Леонід у шкільній хімічній лабораторії спробували перевірити, чи є в яблуці глюкоза та крохмаль. Світлана вирішила використати для цього сік і м'якоть нестиглого яблука, водно-спиртовий розчин йоду й амоніачний розчин аргентум(I) оксиду, а Леонід узяв для дослідів сік і м'якоть стиглого яблука, водно-спиртовий розчин йоду і свіжодобутий купрум(II) гідроксид. Як ви вважаєте, чим завершилися їхні спроби? *Уявно повторіть* ці досліді й *опишіть* їх.

10. Якщо на вашому одязі з'явиться жирна пляма, то який розчинник ви *виберете* для її вибавлення – воду, одеколон чи рідину на основі етилетаноату для змивання манікюрного лаку? *Обґрунтуйте* свій вибір. Скориставшись клаптиками тканини й будь-яким жиром, *зmodelуйте* цю ситуацію й *перевірте* свої міркування експериментально.

11. До складу вершкового масла й жиру людини входить значна кількість залишків жирних кислот з коротким ланцюгом (нижчих кислот), що містять до чотирьох атомів Карбону, тоді як більшість олій містять мало кислот з коротким ланцюгом. З огляду на це, *поясніть*, чому: а) людський піт має неприємний запах; б) вершкове масло швидко гіркне, а для маргарину (*пригадайте, як та із чого його виробляють*) це не характерно.

12. Виявлено, що під час варіння киселю з кислих ягід у ньому збільшується вміст глюкози. *Поясніть* це явище з погляду хімії.

13. *Поясніть* з погляду хімії та життєвого досвіду, чому: а) що більший вміст глюкози в свіжій капусті, то довше зберігається й смачніша приготовлена з неї квашена капуста; б) для квашення вибирають середньо- та пізньостиглі сорти капусти.

14. *Поясніть* хімізм синтезу етанолу на заводі, де здійснюють гідроліз целюлози.

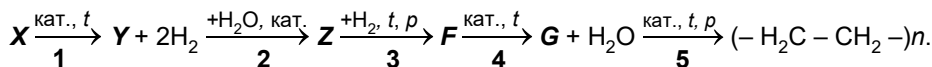


Розумова руханка

1. Унаслідок взаємодії етанолу з насиченою одноосновною карбоною кислотою ациклічної будови утворився естер, у молекулі якого співвідношення кількості атомів Карбону й Оксигену становить: $N(\text{C}) : N(\text{O}) = 3 : 1$. Складіть можливі рівняння цієї ре-

акції, у яких запишіть повні структурні формули відповідних кислот та естерів, назвіть ці речовини за систематичною номенклатурою.

2. Проаналізуйте схему перетворень:



Реагентом у хімічній реакції, позначений у схемі перетворень цифрою **1**, є алкан **X**, а продуктом – ненасичена органічна сполука **Y**. Унаслідок перетворення, позначеного в схемі цифрою **2**, утворилася оксигеновмісна органічна речовина **Z**. Продуктом перетворення **3** є оксигеновмісна сполука **F**, унаслідок дегідратації якої утворилася сполука **G**, з якої внаслідок перетворення **5** добули високомолекулярну речовину.

Визначте гомологічні ряди, до яких належать речовини **X**, **Y**, **Z**, **F** та **G**.

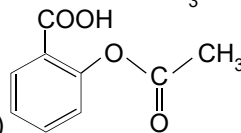
Складіть: а) рівняння реакцій, позначених у схемі перетворень цифрами **1–5**; б) аналогічне завдання, де в перетвореннях беруть участь представники вуглеводнів та оксигеновмісні органічні сполуки, які ви вивчили.

3. Корична кислота $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CHCOOH}$ утворює естери, що є складниками ефірних олій і смол, перуанського й толуанського бальзамів. Метилловий естер коричної кислоти має фруктовий запах, а етиловий – медовий. Їх використовують як запашні речовини в парфумерії та як компоненти харчових есенцій.

Складіть структурні формули метилового та етилового естерів коричної кислоти.

Висловіть припущення, чи реагуватиме корична кислота та ці естери з: а) воднем; б) бромною водою. Обґрунтуйте його за допомогою хімічних рівнянь.

4. Проаналізуйте структурні формули молочної кислоти $\text{H}-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{OH}}{\text{C}}}-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{OH}$ та ацетил-



саліцилової кислоти (головного складника аспірину), визначте, які характеристичні групи входять до складу молекул цих речовин.

Оцініть правильність тверджень щодо реакцій молочної та ацетилсаліцилової кислот з натрієм гідроксидом і натрієм, узятими в надлишку:

а) $n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) : n(\text{NaOH}) = 1 : 1$;

в) $n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) : n(\text{NaOH}) = 1 : 2$;

д) $n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) : n(\text{Na}) = 1 : 1$;

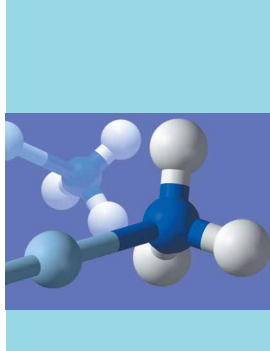
є) $n(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) : n(\text{Na}) = 1 : 2$;

б) $n(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) : n(\text{NaOH}) = 1 : 1$;

г) $n(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) : n(\text{NaOH}) = 1 : 2$;

е) $n(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) : n(\text{Na}) = 1 : 1$;

ж) $n(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) : n(\text{Na}) = 1 : 2$.



Тема 4. Нітрогеновмісні органічні сполуки

Немає життя без Нітрогену, бо він є найважливішим складником білкової молекули.

Д.І. Прянишников

Відомо безліч природних і синтетичних органічних сполук, складниками молекул яких є атоми Нітрогену. Це, передусім, аміни, амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти¹. Багато з органічних речовин, які використовує людина, належать до *нітрогеновмісних*. Поміж них – багато важливих фізіологічно активних сполук, полімерних матеріалів, лікарських засобів, барвників тощо (рис. 1). Дізнатися про нітрогеновмісні органічні сполуки більше ви зможете з наступних параграфів.

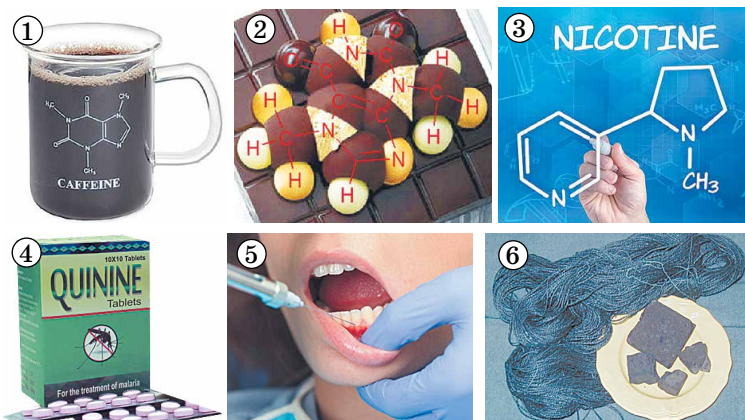


Рис. 1. Нітрогеновмісні органічні речовини в повсякденні. Біологічно активні речовини: кофеїн $C_8H_{10}N_4O_2$ (1), теобромін $C_7H_8N_4O_2$ (2), нікотин $C_{10}H_{14}N_2$ (3), хінін $C_{20}H_{24}N_2O_2$ (4), новокаїн (прокаїн) $C_{13}H_{20}N_2O_2$ (5); король барвників – індиго $C_{16}H_{10}N_2O_2$ (6)



Проаналізуйте рисунок 1 і підпис до нього. Використайте здобуту інформацію та власний повсякденний досвід, щоб схарактеризувати фізіологічну дію і застосування деяких нітрогеновмісних органічних речовин.

§ 24. Аміни

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **називати** загальні формули та характеристичну (функціональну) групу амінів;
- **пояснювати** вплив аміногрупи й водневого зв'язку на фізичні й хімічні властивості амінів;
- **наводити приклади** амінів;
- **складати** молекулярні та структурні формули амінів за назвами й загальними формулами, рівняння реакцій, які описують хімічні властивості метанаміну;
- **характеризувати** хімічні властивості метанаміну.

¹ Про амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти ви вже маєте певні уявлення з курсів біології та хімії основної школи.

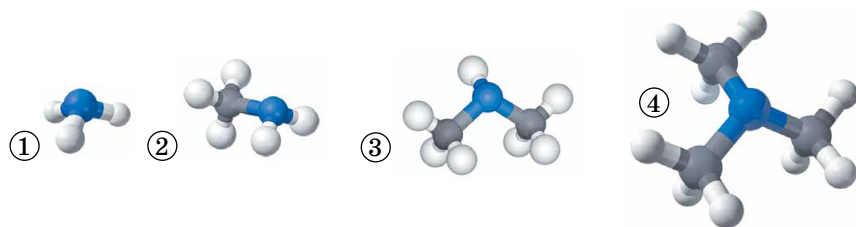


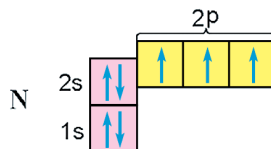
Рис. 24.1. Моделі молекул амоніаку (1), метанаміну (2), *N*-метилметанаміну (3), *N,N*-диметилметанаміну¹ (4)

Аміни – похідні амоніаку – найпростішої леткої сполуки Нітрогену з Гідрогеном, хімічна формула якої NH_3 . Амоніак та аміни подібні за будовою (*пересвідчіться в цьому, розглянувши моделі молекул, зображені на рис. 24.1*)

? Похідною якої неорганічної речовини можна вважати насичені одноатомні спирти? Підтвердьте свою думку хімічними формулами.

Аміногрупа – характеристична група амінів. Її хімічна формула $-\text{NH}_2$. Щоб зрозуміти особливості будови аміногрупи, пригадаймо електронну будову атома Нітрогену. На зовнішньому (другому від ядра) енергетичному рівні його атома є два спарених *s*-електрони і три неспарених *p*-електрони.

За рахунок неспарених *p*-електронів атом Нітрогену в молекулі амоніаку утворює *ковалентні полярні зв'язки* з атомами Гідрогену, а в молекулах амінів – з атомами Гідрогену і/або – з атомами Карбону алкільних замісників. Доведено, що й у молекулах амоніаку, і в молекулах амінів у атома Нітрогену є неподілена пара *s*-електронів. *Як це впливає на їхні властивості?*



Фізичні властивості амінів багато в чому зумовлені полярністю зв'язків *N–H* в аміногрупі. Саме тому молекули амінів, у яких вони є, утворюють водневі зв'язки між собою та молекулами води (рис. 24.2).

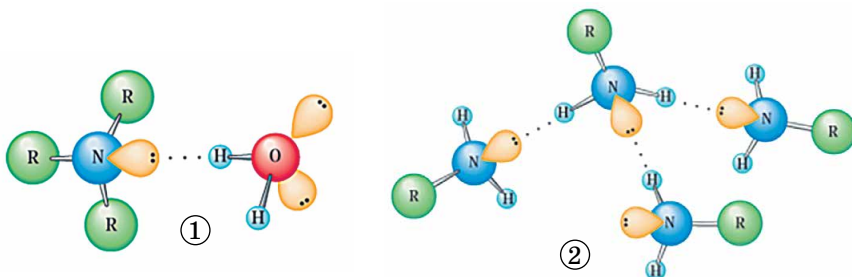


Рис. 24.2. Схема утворення водневих зв'язків між молекулами амінів і води (1) та між молекулами амінів (2)

? Поясніть, чи утворюватимуться водневі зв'язки між молекулами *N,N*-диметилметанаміну.

Водневі зв'язки за участі молекул амінів слабші порівняно з водою та спиртами. Температури кипіння амінів нижчі, ніж у спиртів (*поясніть ці*

¹ Назви *N*-метилметанаміну та *N,N*-диметилметанаміну наведено для ознайомлення.

факти, узявши до уваги електронегативність Нітрогену й Оксигену). Нижчі ациклічні аміни – добре розчинні у воді гази або рідини з характерним амоніачним або рибним запахом (рис. 24.3). Зі збільшенням кількості та довжини вуглеводневих замісників розчинність амінів зменшується. Вищі аміни – тверді речовини без запаху (пояснить ці факти).

Цікаво і пізнавально

Аміни путресцин (від. лат. *puter* – той, що гниє) $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$ і кадаверин (від лат. *cadaver* – труп) $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$ уперше виявив у 1885 р. берлінський лікар Людвіг Брігер (1849–1919) у продуктах гнильного розпаду білків. Уміст путресцину в деяких сирах може сягати 680 мг/кг, у консервованому оселедці – до 120 мг/кг, кадаверину – до 370 мг/кг у деяких сирах і до 100 мг/кг у консервованому тунці. Нижчі аміни виділяються з біологічними рідинami людей, які потерпають від «синдрому рибного запаху», зумовленого генетичним захворюванням.

Аміни – органічні основи. Спробуймо пояснити чому. Експериментально доведено, що у водних розчинах амоніаку та насичених амінів – метанаміну, наприклад, фенолфталеїн набуває малинового забарвлення, що свідчить про лужне середовище. Звідки в розчинах цих речовин узялися гідроксид-аніони? Причина проста: хімічна взаємодія молекул амоніаку та метанаміну з молекулами води (рис. 24.4).

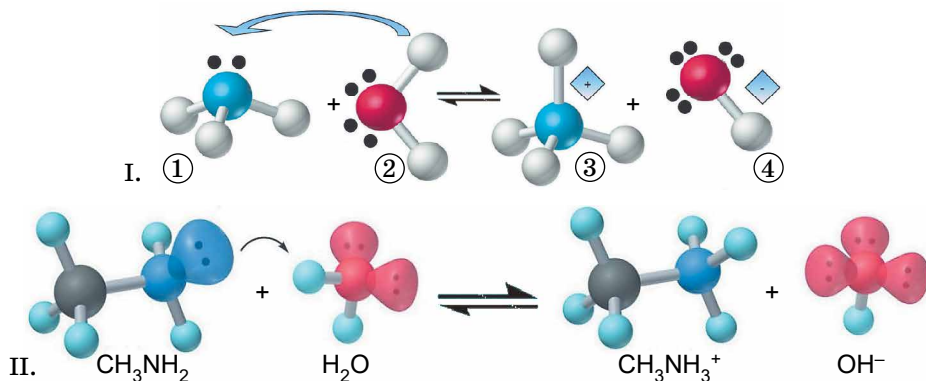


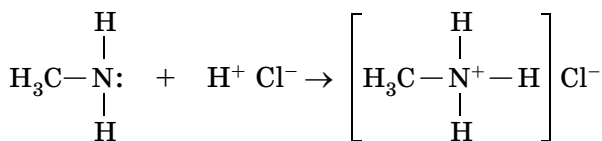
Рис. 24.4. I. Під час розчинення амоніаку (1) у воді (2) утворюються катіони амонію NH_4^+ (3) і гідроксид-аніони OH^- (4). Ковалентний зв'язок, що утворився між атомом Нітрогену та протоном, – результат усупільнення ними неподіленої електронної пари атома Нітрогену. Він нічим не відрізняється від інших зв'язків N–H.

II. Схема утворення катіонів метанамонію CH_3NH_3^+ і гідроксид-аніонів OH^-

Ще одним підтвердженням основної природи амінів є їхня *взаємодія з кислотами*. Нижчі аліфатичні аміни можна добути, наприклад, кип'ятінням оселедцевого розсолу з лугом. Якщо до отвору газовідвідної трубки використаного в цьому досліді приладу піднести скляну паличку, змочену хлоридною кислотою, утвориться «дим без вогню» – біла хмаринка з дрібних кристаликів солей. Складемо рівняння цієї реакції для метанаміну:



Рис. 24.3. Специфічний запах риби, що псується, та оселедцевого розсолу зумовлені нижчими амінами, зокрема похідними метану з двома й трьома аміногрупами

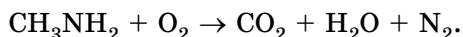


метанамоній хлорид



*Такий самий зовнішній ефект спостерігають унаслідок реакції газуватих амоніаку й гідроген хлориду. Складіть за аналогією її рівняння й назвіть сіль, що утворилася.

Горіння амінів також розглянемо на прикладі метанаміну:



Назвіть продукти повного окиснення метанаміну, перетворіть схему реакції на хімічне рівняння.

Цікаво і пізнавально

Нижчі аміни через характерний запах довгий час не могли відрізнити від амоніаку, аж поки в 1849 р. французький хімік Ш. Вюрц не з'ясував, що, на відміну від амоніаку, вони горять у повітрі з утворенням вуглекислого газу.

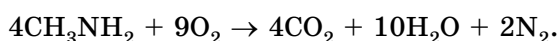
Чим подібні до аліфатичних амінів і чим відрізняються від них ароматичні аміни, ви дізнаєтеся з наступного параграфа.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Аміни – похідні амоніаку, у молекулі якого один або кілька атомів Гідрогену заміщені на алкільні групи.
- До складу молекул амінів входить характеристична аміногрупа $-\text{NH}_2$, сполучена з вуглеводневим залишком.
- Молекули амінів полярні.
- Неподілена пара електронів в атома Нітрогену зумовлює основні властивості алканамінів: вони реагують з водою й кислотами:



- Аміни горять у повітрі.
- Продуктами повного окиснення амінів є карбон(IV) оксид, вода і азот:



Перевірте себе

1. Яка характеристична група входить до складу молекул амінів? 2. Чому молекули амінів полярні? 3. Які зв'язки утворюються між молекулами амінів? Що є причиною утворення їх? Як вони впливають на фізичні властивості амінів? 4. Що зумовлює основні властивості алканамінів? 5. З якими речовинами реагують аміни? 6. Якого кольору набуде універсальний індикаторний папірець у водному розчині метанаміну?



Застосуйте свої знання й уміння

7. На рисунку 24.5 зображено моделі молекул речовин з приблизно однаковими молекулярними масами. Проаналізуйте розподіл електронної густини у їхніх молекулах і поясніть істотну відмінність у температурах кипіння. Класифікуйте ці речовини і назвіть їх за систематичною номенклатурою. 8. Поясніть з погляду хімії пораду щодо того, як позбавитися характерного запаху риби: «Щоб зменшити його інтенсивність, перед обробкою помістіть рибу на 2 години у воду, попередньо додавши в неї оцет (2 столові ложки на літр води)».

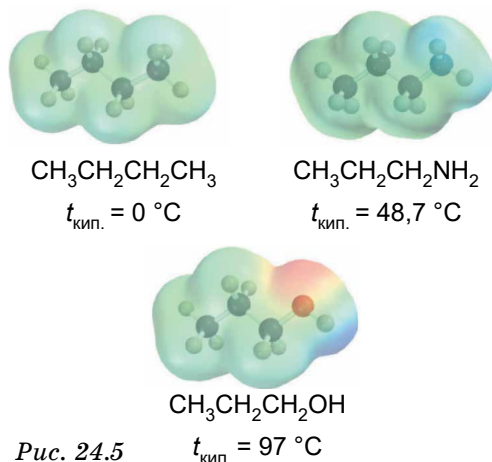


Рис. 24.5

9. Проаналізуйте склад молекули коламіну¹, формула якого $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$, визначте, які характеристичні групи є в його молекулі. Поясніть, чому: а) він розчиняється у воді й етанолі; б) у його водному розчині фенолфталеїн набуває малинового кольору; в) він реагує з натрієм; г) його використовують для очищення природного газу від гідроген сульфіді й повітря на підводних човнах – від карбон(IV) оксиду; д) у надзвичайних ситуаціях, що виникли через розлиття коламіну, для ізолювання його випарів використовують розпорошену воду; проміті поверхні рухомого складу й території обробляють слабким розчином кислоти, а окремі ділянки поверхні території випалюють, якщо є загроза просочування його всередину.

Складіть рівняння реакцій, про які йшлося в запитаннях. 10. Відносна густина пари насиченого ациклічного аміну за повітрям становить 2,034. Виведіть молекулярну формулу аміну. 11. Унаслідок згоряння аміну масою 9 г утворилися такі речовини: карбон(IV) оксид об'ємом 8,96 л (н. у.), вода масою 12,6 г і азот. Відносна густина аміну за воднем – 22,5. Виведіть молекулярну формулу аміну й складіть його структурну формулу. Проаналізуйте умову задачі. Чи немає в ній зайвих даних? Поясніть чому. 12. Відносна густина пари органічної сполуки за повітрям дорівнює 3. Унаслідок згоряння цієї речовини масою 8,7 г утворився карбон(IV) оксид об'ємом 11,2 л (н. у.), азот об'ємом 1,12 л (н. у.) та вода масою 11,7 г. Виведіть молекулярну формулу цієї органічної речовини. *13. Складіть декілька структурних формул амінів з молекулярною формулою $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$. Чим ці аміни є один відносно одного?



Творча майстерня

13. Складіть сенкан «Аміни».



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=r9XtV-KxV2o>
<https://www.youtube.com/watch?v=j5igMUWri8U>
<https://www.youtube.com/watch?v=CFXVYzRMe6s>
<https://www.youtube.com/watch?v=mVSrplqGh3A>

§ 25. Анілін

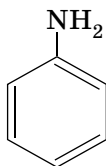
Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **розрізняти** насичені й ароматичні аміни;
- **складати** молекулярну та структурну формулу аніліну; рівняння реакцій, які описують хімічні властивості аніліну та його добування відновленням нітробензену;
- **установлювати** причиново-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями аліфатичних і ароматичних амінів;
- **усвідомлювати** вплив аніліну та його похідних на довкілля та організм людини.

Анілін (бензенамін) – найпростіший і найважливіший ароматичний амін. За звичайних умов це безбарвна оліїста рідина з характерним запахом (рис. 25.1).

¹ Тривіальна назва.

Густина аніліну трохи більша за густину води, розчинність у якій за 20 °С становить 3,6 г/100 см³. У ній він обмежено розчинний. Натомість анілін добре розчиняється в органічних розчинниках.



Структурна формула аніліну, модель його молекули зображено на рисунку 25.2.

Хімічні властивості аніліну. Вочевидь, що для нього можливі реакції як за аміногрупою, так і за бензеновим кільцем. Особливості цих реакцій зумовлені взаємним впливом атомів у молекулі аніліну. Неподілена електронна пара атома Нітрогену взаємодіє з ароматичною системою зв'язків і частково зміщується від атома Нітрогену до бензенового кільця. Унаслідок цього на атомі Нітрогену електронна густина зменшується, і тому зменшуються основні властивості аміногрупи (рис. 25.3). Це є класичною причиною того, що анілін у водному розчині не діє на фенолфталеїн і лакмус. Однак він реагує із сильними кислотами з утворенням солей бензенамонію, які розчиняються у воді, але нерозчинні в неполярних органічних розчинниках (пояснить чому):

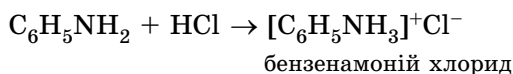


Рис. 25.1.
Анілін

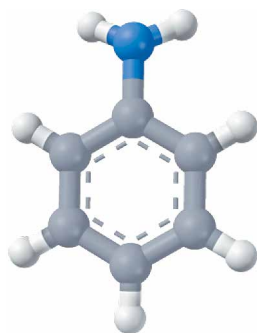


Рис. 25.2. Модель молекули аніліну

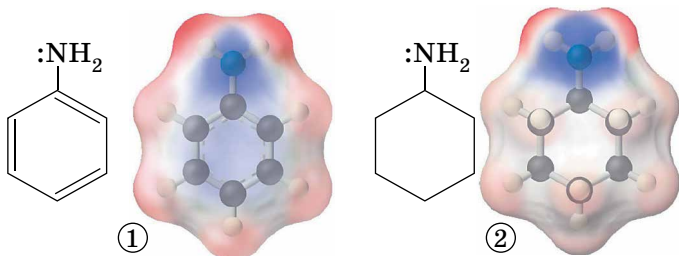
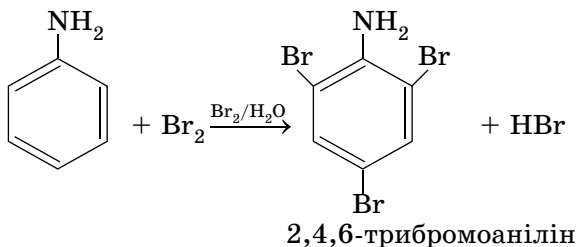


Рис. 25.3. Схема розподілу електронної густини в молекулах аніліну й циклогексан-1-аміну

Натомість у бензеновому кільці електронна густина збільшується, найсильніше – у положеннях 2, 4 і 6 відносно аміногрупи. Тому внаслідок добавляння бромної води до аніліну утворюється білий осад 2,4,6-триброманіліну (пригадайте, яка оксигеновмісна органічна речовина так само реагує з бромною водою):





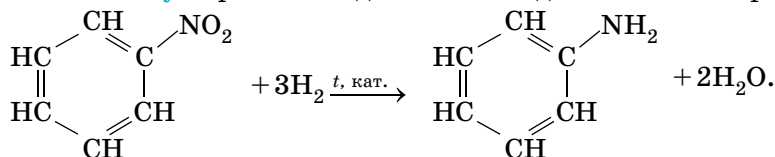
Перетворіть схему реакції бромовання аніліну на хімічне рівняння.

Анілін – займиста речовина, горить кіптявим полум'ям (складіть рівняння реакції повного окиснення аніліну, поясніть, чому його полум'я кіптяве). Уявлення про вплив аніліну на здоров'я людини та довкілля ви дістанете, проаналізувавши піктограми – елементи маркування тари з аніліном, які зображено на рисунку 25.4 (інтерпретуйте їх).



Рис. 25.4. Небезпечно! Анілін

Добування аніліну переважно здійснюють відновленням нітробензену:



Спочатку анілін добували відновленням нітробензену молекулярним воднем, однак у цій реакції практичний вихід аніліну був невисокий. У 1842 р. професор Казанського університету М.М. Зінін (рис. 25.5) розробив раціональніший спосіб добування аніліну (реакція Зініна), застосовувавши як відновник амоній сульфід $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. У 1845 р. реакцію Зініна вдосконалив німецький хімік А.В. Гофман. Для відновлення нітробензену він використав водень у момент його виділення в реакції заліза з концентрованою хлоридною кислотою. Так було започатковано бурхливий розвиток анілінофарбового виробництва.



Рис. 25.5. Зінін Микола Миколайович (1812–1880) – російський хімік-органік, засновник наукової школи, перший президент Російського фізико-хімічного товариства.

Застосування аніліну дуже широке та розмаїте. Його використовують для виробництва синтетичних барвників, лікарських засобів, смол, полімерних матеріалів, зокрема поліуретану, вибухових речовин, засобів боротьби з бур'янами і мікроскопічними грибами тощо (рис. 25.6).

Цікаво і пізнавально

Потреба в широкому використанні органічних барвників стимулювала не тільки роботи із синтезу їх, але й різноманітні теоретичні дослідження співвідношення їхнього кольору та структури. Засновником відомої наукової школи, творцем теорії кольоровості органічних сполук був академік НАН України А.І. Кіпріанов (рис. 25.7).

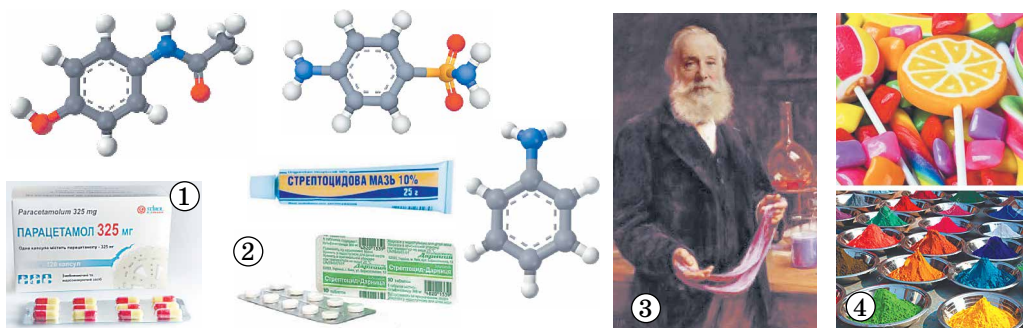
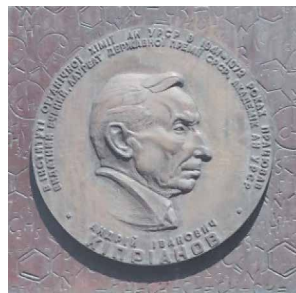


Рис. 25.6. 1. Парацетамол – лікарський засіб, що має знеболювальну та жарознижувальну дію. 2. Сульфаніламід – білий стрептоцид – успішно бореться зі збудниками багатьох інфекційних захворювань. Історія винаходу стрептоциду настільки насичена подіями, що її навіть описав письменник Святослав Логінов в оповіданні «Нобелівська премія» (1981). 3. Перкін Вільям Генрі (старший) (1838–1907) – англійський хімік-органік. У 1856 року у 18-річному віці синтезував з аніліну пурпурову фарбу мовеїн – один з перших синтетичних органічних барвників. 4. Веселковий розмаї синтетичних барвників

Більше про важливі продукти органічного синтезу, роль органічної хімії в розв’язуванні сировинної, енергетичної, продовольчої проблем, створенні нових матеріалів ви дізнаєтеся з наступних параграфів.

Рис. 25.7. Кіпріанов Андрій Іванович (1896–1972). Пам’ятну дошку академіку Кіпріанову встановлено на території Інституту органічної хімії НАН України в м. Києві. У 1987 р. АН УРСР засновано премію імені Кіпріанова за видатні наукові роботи у сфері органічної хімії, хімії високомолекулярних сполук та хімічної технології



ПРО ГОЛОВНЕ

- Анілін – найпростіший ароматичний амін, його хімічна формула $C_6H_5NH_2$.
- Анілін у водному розчині не діє на фенолфталеїн і лакмус, реагує лише із сильними кислотами з утворенням солей бензенамонію.
- Унаслідок добавляння бромної води до аніліну утворюється білий осад 2,4,6-триброманіліну.
- Анілін добувають відновленням нітробензену.
- Анілін широко використовують в органічному синтезі.
- Використання аніліну потребує особливої обережності.



Перевірте себе

1. Яка хімічна формула й фізичні властивості аніліну? 2. До яких амінів належить анілін? 3. Чи діє анілін у водному розчині на фенолфталеїн і лакмус? 4. У які реакції вступає анілін за аміногрупою й бензеновим кільцем? 5. Як добувають анілін і для чого його використовують? 6. Як впливає анілін на здоров’я людини і довкілля?

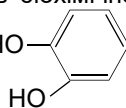


Застосуйте свої знання й уміння

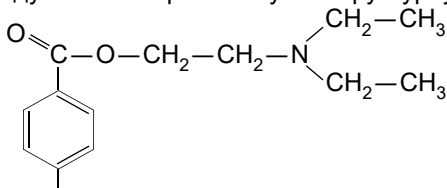
7. Порівняйте хімічні властивості метанаміну та аніліну, поясніть причини схожості та відмінності, відповідь оформіть як таблицю або діаграму Венна. 8. Оцініть з погляду

хімії слухність інструкції: «Якщо розлили анілін, то забруднену ділянку потрібно обробити 1 %-ою хлоридною кислотою, а потім ретельно промити водою.» 9. Дофамін – біологічно активна речовина, яка викликає почуття щастя й ейфорії, один з головних компонентів біохімічного механізму закоханості. Проаналізуйте структурну формулу

дофаміну $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$, визначте, які характеристичні групи є в його



молекулі. Висловте припущення щодо розчинності дофаміну у воді, можливості його реакцій з лужними металами, лугами, бромною водою, хлоридною кислотою. Обґрунтуйте ваші думки. *10. Проаналізуйте структурну формулу місцевого знеболювального



новокаїну NH_2 , визначте, які характеристичні групи є

в його молекулі. Висловте припущення щодо розчинності новокаїну у воді, можливості його реакцій з лугами, бромною водою, хлоридною кислотою. Обґрунтуйте ваші думки. Перевірте правильність своїх міркувань, використавши додаткові джерела інформації.

11. Поясніть вислів О.М. Бутлерова щодо значення розробки способу добування аніліну відновленням нітробензену: «Величезне технічне значення цього відкриття, зробленого в інтересах чистої науки, служить найліпшою відповіддю на поширене запитання про те, яку користь може принести те чи те наукове дослідження, яке не має цієї миті жодного утилітарного значення».



Творча майстерня

12. Складіть сенкан «Анілін».



Дізнайтеся більше

https://www.youtube.com/watch?v=U6R_B1hnLKc
<https://www.youtube.com/watch?v=nPGZ2k4T4cl>
<https://www.youtube.com/watch?v=nKWOZajmAQo>
<https://www.youtube.com/watch?v=XIL7Q3QIVKc>
<https://www.youtube.com/watch?v=cRnjYVBchtc>

§ 26. Амінокислоти

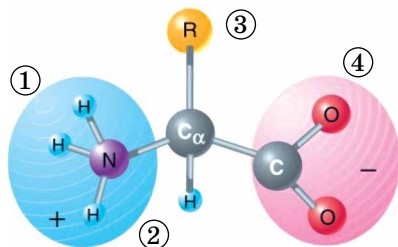
Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **називати** загальні формули та характеристичні (функціональні) групи амінокислот;
- **пояснювати** структурні формули та амфотерність амінокислот;
- **наводити приклади** амінокислот;
- **складати** молекулярні та структурні формули амінокислот за назвами і загальними формулами; рівняння реакцій, які описують їхні хімічні властивості.

Склад і будова молекул амінокислот уже певною мірою відомі вам з курсів хімії та біології основної школи. Тож пригадаймо: амінокислотами називають органічні сполуки, які містять як карбоксильні групи ($-\text{COOH}$), так і аміногрупи ($-\text{NH}_2$). Саме ці характеристичні групи зумовлюють фізичні властивості та різноманітні хімічні реакції за участі амінокислот.

У молекулах амінокислот відбувається обмін катіоном Гідрогену (протоном): він відщеплюється від карбоксильної групи й утворює ковалентний зв'язок з атомом Нітрогену аміногрупи (рис. 26.1).

Рис. 26.1. Схема утворення внутрішньої солі амінокислоти: аміногрупа (1), до якої приєднався протон (2), що відщепився від карбоксильної групи (4); замісник (3). Атом Карбону головного ланцюга в α -положенні (сполучений з атомом Карбону карбоксильної групи). Із фрагментів двадцяти α -амінокислот утворені білки



? Пригадайте властивості карбонових кислот, електронну будову атома Нітрогену в аміногрупі й поясніть, чому можливе його протонування.

Номенклатура амінокислот проста та зрозуміла для тих, хто знає, як називати відповідно до правил IUPAC карбонові кислоти. Ми переконані, що ви – саме такі учні й учениці, тож самостійно зможете опанувати цю премудрість, проаналізувавши наведені на рисунку 26.2 приклади.

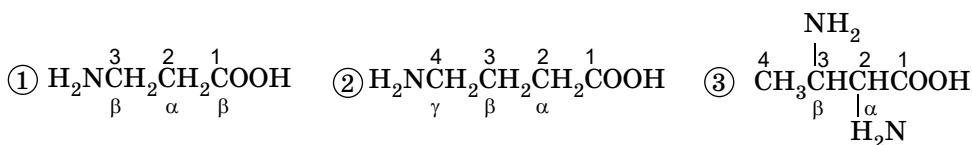


Рис. 26.2. Амінокислоти. 1. 3-амінопропанова кислота. 2. 4-амінобутанова кислота. 3. 3-аміно-2-метилбутанова кислота

? Складіть структурну формулу 3-аміно-2,3-диметилбутанової кислоти та кілька формул її структурних ізомерів і назвіть їх за систематичною номенклатурою.

Цікаво і пізнавально

Тривіальні назви амінокислот переважно походять від назв об'єктів, з яких вони були вперше виділені; наприклад, аспарагін (від лат. *asparagus* – спаржа) добуто із соку спаржі, цистеїн і цистин (від грец. κύστις – сечовий міхур) – з каменів сечового міхура, глютамін (від нім. *das Gluten* – клейковина) – з клейковини пшениці, серин (від лат. *sericum* – шовк) – із шовку; тирозин (від грец. τυρί – сир) – із сиру. Інші назви пов'язані з методами виділення. Так, аргінін (від лат. *argentum* – срібло) уперше добуто у вигляді солі Аргентуму, триптофан виділено внаслідок розщеплення білка ферментом трипсином. Валін назвали як похідну валеріанової кислоти, треонін структурно пов'язаний з моносахаридом треозою.

Фізичні властивості амінокислот багато в чому зумовлені утворенням внутрішньої солі. Усі амінокислоти є йонними кристалічними речовинами та мають досить високі температури плавлення. Нейтральна реакція розчинів амінокислот, їхня висока розчинність у воді й низька – в органічних розчинниках – також підтверджують солеподібну природу цих сполук.

Хімічні властивості амінокислот розгляньмо на прикладі гліцину – α -аміноетанової (2-аміноетанової) кислоти – найпростішої з-поміж амінокислот (рис. 26.3).

? Поміркуйте й поясніть, чому 2-аміноетанова кислота має значно вищу температуру плавлення (233 °C) порівняно з етановою (16,75 °C).

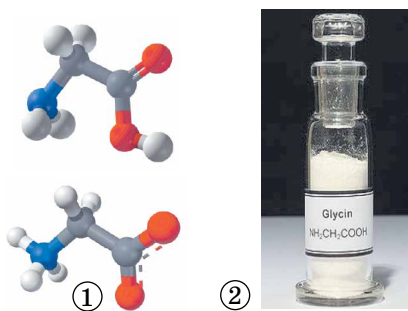


Рис. 26.3. 1. Кулестержневі моделі молекули гліцину і його внутрішньої солі. 2. 2-аміноетанова кислота – безбарвні, солодкі на смак, розчинні у воді й малорозчинні в етанолі кристали

У 1820 році французький хімік Анрі Браконно проводив кислотний гідроліз хрящів і сухожиль. Він тривалий час кип'ятив їх у водному розчині кислоти. Після завершення процесу науковець нейтралізував надлишок катіонів Гідрогену в розчині й відфільтрував його. Через брак часу Браконно лише за місяць повернувся до дослідження вмісту колби. У ній він виявив безбарвні зернисті кристали із солодким смаком. Нову речовину хімік назвав глікоколом, що означає «клеювий цукор» (грецькою γλικύς – солодкий, а κόλλα – клей). Пізніше Йєнс Якоб Берцеліус назвав цю сполуку гліцином. 1838 року якісний склад гліцину дослідив голландський хімік Герріт Ян Мульдер. Він виявив у цій речовині Нітроген, тож її не можна було віднести до вуглеводів. Шість років потому співробітник Юстуса Лібіха Ебен Нортон Хорсфорд визначив кількісний склад гліцину, тобто його молекулярну формулу.

Аміно- та карбоксильна групи за хімічною природою протилежні. Карбоксильна група – кислотна, аміногрупа – основна. Тому 2-аміноетанова кислота – *амфотерна* органічна сполука, бо виявляє властивості як карбонових кислот, так і основ. Її водний розчин не діє на індикатори (*пояснить за рисунком 26.1 чому*). Наприклад, її реакції з лугами відбуваються за участі карбоксильної групи, а з кислотами – за участі аміногрупи.



Складіть рівняння реакцій гліцину з: а) натрій гідроксидом; б) хлоридною кислотою.

Взаємодія аміно- і карбоксильної груп можлива не лише в одній молекулі, а й між функціональними групами, які належать різним молекулам. Ця реакція дуже важлива, її продукти – білки – основа життя на нашій планеті, тож розгляньмо цей процес докладніше.

Утворення пептидів схематично зображено на рисунку 26.4.

В утвореному дипептиді, так само як у молекулах амінокислот, є аміно- і карбоксильна групи. Це означає, що можлива подальша взаємодія з молекулами амінокислот, унаслідок чого поліпептидний ланцюг ростиме.

Фрагменти молекул амінокислот, що утворюють поліпептидний ланцюг, називають *амінокислотними залишками*, групу атомів $-\text{CO}-\text{NH}-$ – *пептидною (амідною)*, а зв'язок між атомами Карбону й Нітрогену в ній – *пептидним (амідним)*. За допомогою пептидного зв'язку з амінокислотних залишків побудовані молекули білків. Про ці речовини ви докладніше дізнаєтеся з наступних параграфів та на уроках біології.

Застосування амінокислот зумовлене комплексом їхніх властивостей.

Наприклад, 2-аміноетанова кислота потрібна для нормального функціонування центральної нервової системи. Вона входить до складу лікарських засобів, які призначають недужим, щоб зменшити психоемоційне

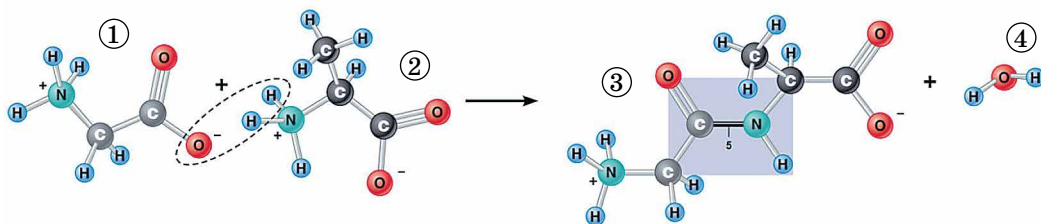


Рис. 26.4. 1. Унаслідок реакції між 2-аміноетановою (1) та 2-амінопропановою кислотою (2) утворюється дипептид (3) і молекула води (4). Ця реакція оборотна – унаслідок повного гідролізу пептидів утворюються амінокислоти. Пептидний зв'язок (5) між атомами Карбону й Нітрогену пептидної групи $-\text{CO}-\text{NH}-$

напруження, поліпшити настрій, зняти стрес, нормалізувати сон, захистити від токсичної дії психотропних препаратів тощо. Однак потрібно пам'ятати, що передозування гліцину спричиняє протилежний ефект. Тому, як і будь-які інші ліки, доцільність його вживання визначає лікар.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Амінокислотами називають амфотерні органічні сполуки, які містять як карбоксильні групи ($-\text{COOH}$), так і аміногрупи ($-\text{NH}_2$).
- Амінокислоти утворюють внутрішні солі та мають солеподібну природу.
- Хімічна формула аміноетанової кислоти $\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$.
- Реакції амінокислот з лугами відбуваються за участі карбоксильної групи, а з кислотами – за участі аміногрупи.
- Взаємодія аміно- та карбоксильної груп можлива не лише в одній молекулі, а й між функціональними групами, які належать різним молекулам. Унаслідок цього утворюються пептиди.
- Фрагменти молекул амінокислот, що утворюють поліпептидний ланцюг, називають амінокислотними залишками, групу атомів $-\text{CO}-\text{NH}-$ – пептидною (амідною), а зв'язок між атомами Карбону й Нітрогену в ній – пептидним (амідним).
- За допомогою пептидного зв'язку з амінокислотних залишків побудовані молекули білків.
- Широке застосування амінокислот зумовлене їхніми властивостями.



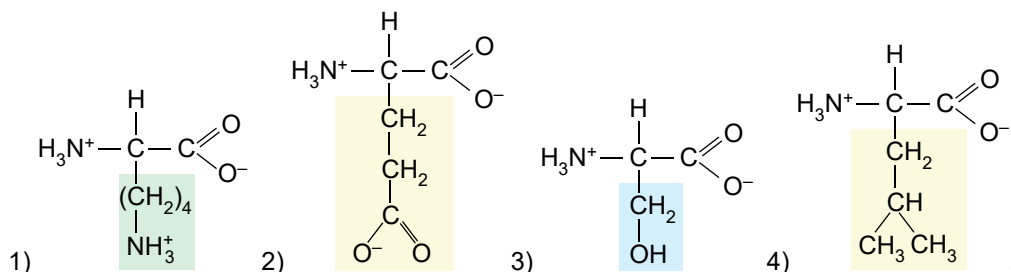
Перевірте себе

1. Які речовини називають амінокислотами? 2. Чому амінокислоти утворюють внутрішні солі? 3. Як утворення внутрішньої солі впливає на властивості амінокислот? 4. Як амінокислоти реагують з лугами і кислотами? 5. Як утворюються пептиди? 6. Що таке пептидна група? Пептидний зв'язок? 7. Із чого складається поліпептидний ланцюг? 8. Де і для чого застосовують амінокислоти?



Застосуйте свої знання й уміння

9. Проаналізуйте структурні формули лізину (1), глутамінової кислоти (2), серину (3), валіну (4) і поясніть, чому: а) у водному розчині 2-аміноетанової кислоти універсальний індикатор не змінює забарвлення, у водному розчині лізину набуває синього кольору, а у водному розчині глутамінової кислоти – червоного; б) серин ліпше розчиняється у воді, ніж валін.



10. Складіть рівняння реакцій: а) гліцину з калій гідроксидом і хлоридною кислотою; б) добування натрій моноглутамату – підсилювача смаку Е 621 – з глутамінової кислоти й натрій гідроксиду, якщо в реакції бере участь лише карбоксильна група, сполучена з тим самим атомом Карбону, що й аміногрупа; в) хімічні рівняння утворення трипептидів, що складаються із залишків лізину, глутаміну й серину. Скільки різних трипептидів може утворитися з трьох різних амінокислот? 11. Спортсмени й спортсменки,

які прагнуть збільшити м'язи, уживають напої, що містять амінокислоти. Чому цей спосіб є ефективним? Оцініть його переваги та ризики. 12. Поясніть, чому вегетаріанцям важливо вживати харчові добавки, які містять амінокислоти.



Творча майстерня

13. Дізнайтеся, скориставшись різноманітними джерелами інформації: а) для чого застосовують харчові добавки Е 640 та Е 951, чи дозволено їх використовувати в Україні; б) чи виявлено гліцин за межами Землі та яке це має значення. За результатами досліджень підготуйте презентації.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=6wzOzF6n2cM>
<http://www.chem.msu.su/rus/elibrary/jakubke/welcome.html>
http://intranet.tdmu.edu.ua/data/books/IGorb_spog.pdf
<https://www.youtube.com/watch?v=-RluCaxfNOM>

§ 27. Білки

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **наводити приклади** білків;
- **характеризувати** хімічні властивості білків, їхню біологічну роль;
- **оцінювати** біологічне значення білків;
- **розв'язувати проблему** власного раціонального харчування на основі знань про білки;
- **робити висновки** про властивості білків з огляду на будову їхніх молекул і навіпаки та на основі спостережень.

Чому білки? Відповідь на це запитання вам відома з курсів хімії та біології основної школи. Пригадайте, назва «білки» походить від відомого з давніх-давен яєчного білка (лат. *albumen*), який унаслідок нагрівання перетворюється на білу нерозчинну масу. Згідно з описами Плінія Старшого, уже в Стародавньому Римі яєчний білок застосовували як лікувальний засіб. Однак справжня історія білкових речовин розпочалася тоді, коли з'явилися перші відомості про хімічні властивості білків. Найважливіша з-поміж них – здатність до *гідролізу*.

Гідроліз білків – реакція, за допомогою якої з них було добуто *амінокислоти*. Ви, звичайно, пам'ятаєте, що саме в такий спосіб відкрито й найпростішу з них – гліцин (2-аміноетанову кислоту). Унаслідок гідролізу руйнуються пептидні зв'язки між амінокислотними залишками. Тобто реакція гідролізу білків обернена до реакції їхнього утворення з амінокислот.

Виявлення амінокислот у продуктах гідролізу білків мало вирішальне значення для розуміння хімічної природи білкових *біополімерів*.

Склад і будову білків науковці намагалися визначити чи не з XVII століття. Крок за кроком просуvalися вони до мети – створення *теорії* будови білка. Зокрема, думку про амінокислотний склад білків висловлював І.Я. Горбачевський (рис. 27.1). Він одним із перших виділив у чистому вигляді амінокислоти й показав, що вони є «будівельними цеглинками» білків.

1902 року Е. Фішер (рис. 27.2) сформулював *пептидну гіпотезу*, згідно з якою білки побудовані з амінокислотних залишків, з'єднаних пептидними зв'язками. Науковець експериментально довів, що амінокислоти сполучаються між собою в результаті взаємодії карбоксильних і аміногруп з виділенням води та утворенням *поліпептидів*. Він започаткував

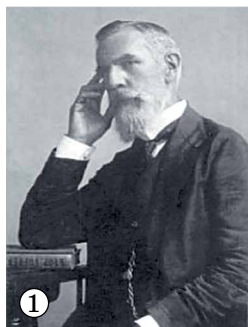


Рис. 27.1. 1. Горбачевський Іван (Ян) Якович (1854–1942). Видатний український хімік, біохімік, гігієніст та епідеміолог, громадсько-політичний діяч. Академік НАН України. Синтезував і дослідив сечову кислоту, добув її штучно і встановив роль сечової кислоти в організмах. Одним з перших висловив думку про амінокислотний склад білків. Удосконалив українські хімічну та медичну термінології. 2. Пам'ятник у місті Тернополі біля морфологічного корпусу Тернопільського державного медичного університету імені І. Горбачевського

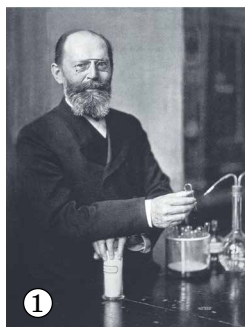


Рис. 27.2. 1. Фішер Еміль Герман (1852–1919). Німецький хімік-органік, творець наукової школи, основоположник хімії природних сполук, іноземний член-кореспондент та іноземний почесний член Петербурзької АН. Запровадив номенклатуру, створив раціональну класифікацію й здійснив синтез багатьох вуглеводів. Відкрив специфічність дії ферментів, ґрунтовно досліджував хімію білків. Лауреат Нобелівської премії (1902). 2. Пам'ятник Емілю Герману Фішеру в Берліні

синтез поліпептидів і добув білкову речовину з відносною молекулярною масою 1213 – першу синтетичну сполуку, подібну до найпростіших білків. Отже, *пептидну гіпотезу* було повністю підтверджено *аналізом* білків і *синтезом* їх з амінокислот. Подальше вивчення будови білків дістало міцне *теоретичне* підґрунтя.

Було з'ясовано, що в організмах амінокислотний склад білків зумовлений генетичним кодом. Із залишків двадцяти α -амінокислот утворюються поліпептидні ланцюги найрізноманітнішого складу й будови. Кількість амінокислотних залишків у молекулах певних білків різна. Наприклад, в інсуліні їх 51, у міоглобіні – близько 140 (рис. 27.3). Тому й відносна молекулярна маса білків коливається в дуже широких межах. Так, в інсуліну вона становить близько 6500, а в білка вірусу грипу – 320 000 000.

Цікаво і пізнавально

Інсулін був першою білковою молекулою, для якої було повністю встановлено послідовність амінокислотних залишків. Цю роботу здійснив 1953 року британський молекулярний біолог Фредерік Сенгер (рис. 27.4), за що був удостоєний Нобелівської премії з хімії 1958 року.

Виявлено, що певна комбінація амінокислотних залишків, сполучених пептидними зв'язками,

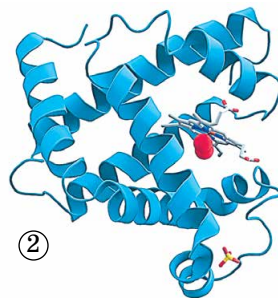
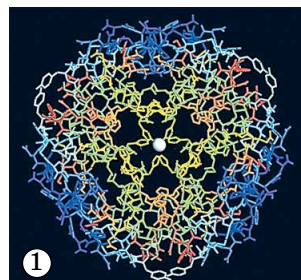


Рис. 27.3. Моделі молекул білків – інсуліну (1) та міоглобіну (2)

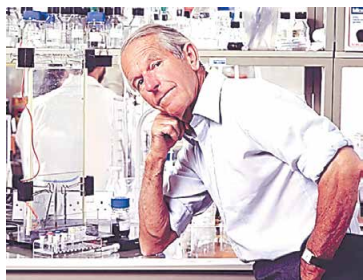


Рис. 27.4. Фредерік Сенгер (1918–2013) – британський біохімік, двічі лауреат Нобелівської премії з хімії – у 1958 та 1980 роках (спільно з Волтером Гілбертом і Полом Бергом). Основні роботи присвячені хімії білків і нуклеїнових кислот. З 1945 року вивчав структуру інсуліну та встановив його загальну формулу $C_{337}N_{65}O_{75}S_6$, що в його молекулі є три дисульфідні містки, і вона складається з двох ланцюгів: один містить 21 амінокислотний залишок, а другий – 30 амінокислотних залишків. Ці роботи послужили основою для синтезу інсуліну та інших гормонів

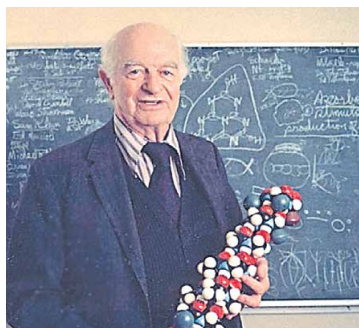


Рис. 27.5. Полінг (Паулінг) Лайнус Карл (1901–1994). Американський фізик і хімік. Член Національної АН США. Основні праці присвячено теорії хімічного зв'язку та дослідженню структури молекул. Чимало праць стосується біохімії, структури білка. Брав участь у русі прихильників миру. Лауреат Нобелівської премії з хімії (1954) та Нобелівської премії миру (1963)

зумовлює специфічні функції білка в організмі. Тобто за послідовністю залишків амінокислот у молекулі можна передбачити функції невідомого білка. Або, навпаки, синтезувати білкову речовину з потрібними функціями.

Вагомий внесок у вивчення будови молекул білків зробив Лайнус Полінг (рис. 27.5) під час вивчення основного білка волосся й вовни – α -кератину методом рентгеноструктурного аналізу.

Просторову форму молекул білків зумовлено також ковалентними зв'язками, які виникають унаслідок взаємодії між характеристичними (функціональними групами різної хімічної природи) – їхніми складниками. Також між фрагментами білкових молекул діють слабкі сили притягання й відштовхування. Унаслідок цього утворюються складні надмолекулярні структури.

Гемоглобін (рис. 27.6) – перший білок, у якого було виявлено надмолекулярну структуру завдяки дослідженням Макса Перуца (рис. 27.7).



Рис. 27.6. Гемоглобін складається із чотирьох макромолекул. Вони утворюють надмолекулярну структуру сферичної форми. Її функція – транспортування кисню в організмах

Цікаво і пізнавально

Макс Фердинанд Перуц (1914–2002) – англійський біохімік австрійського походження, спеціалізувався в області молекулярної біології та кристалографії, член Лондонського королівського товариства (з 1954 року). Член Американської академії мистецтв і наук (з 1963 року), член Австрійської академії наук (з 1963 року) і багатьох наукових товариств. Основні роботи Перуца – вивчення структури білків за допомогою вдосконаленого ним методу рентгеноструктурного аналізу. Він уперше розшифрував просторову будову молекули гемоглобіну. За цю роботу отримав Нобелівську премію з хімії

1962 року, спільно з Джоном Кендрю. 2. Джон Коудрі Кендрю (1917–1997) – англійський біохімік, фахівець у галузі молекулярної біології і кристалографії, член Лондонського королівського товариства (з 1960 року). У 1957 році вперше визначив просторове розташування поліпептидних ланцюжків у молекулі білка міоглобіну; у 1959 році встановив його детальну будову (рис. 27.7).



Проаналізуйте зображення просторової структури фрагмента молекули білка (рис. 27.8) та висловіть припущення, які зв'язки виникають між полярними групами в ній. Поясніть свою думку.

Чи розчинні білки? Це залежить від їхньої будови: саме просторова структура білка визначає його властивості й біологічні функції. У молекулах *глобулярних* білків поліпептидні ланцюги згорнуті в щільні кулясті структури – глобули. До глобулярних білків належать ферменти, антитіла, деякі гормони тощо. Чимало глобулярних білків – водорозчинні, зокрема альбуміни – прості глобулярні білки, які містяться в яєчному білку, сироватці крові, молоці й насінні рослин.

Білки, що входять до складу покривних тканин і утворень, – *фібрилярні* (ниткоподібні). Вони погано розчинні або нерозчинні у воді. Це білки м'язових тканин, шкірних покривів, волосся, рогових покривів, вовни й пір'я тощо. Наприклад, колаген – фібрилярний білок, який зумовлює пружність шкіри.

Осадження білків відбувається під впливом різноманітних органічних і неорганічних речовин – етанолу, солей, концентрованих кислот. Щоб пересвідчитися в цьому, виконаймо досліди.

У пробірки із водним розчином альбуміну додаммо насичені водні розчини солей лужних і лужноземельних елементів, наприклад натрій хлориду й магній сульфату. Унаслідок цього відбувається руйнування гідратної оболонки частинок білка й утворюється осад, який знов можна розчинити у воді. Важливо, що за такого осаження й розчинення властивості білків відновлюються, вони не втрачають, наприклад, ферментативної активності. У такий спосіб очищають білки, добувають їх у кристалічному вигляді.

Органічні розчинники, наприклад етанол, також спричиняють дегідратацію білкових макромолекул, руйнують їхні гідратні оболонки. Осадження білків спиртом *оборотне*, якщо процес проводили без нагрівання і вплив реагенту був короткочасним. Тривалий контакт білка зі спиртом веде до *необоротного* осаження, *денатурації*.

Денатурація білка пов'язана із глибокими внутрішньомолекулярними змінами його будови (руйнуванням четвертинної, третинної й вторинної структур). Це призводить до втрати білком розчинності, біологічної активності тощо. Чинники, які зумовлюють денатурацію білків, наведено в таблиці 27.1.



Рис. 27.7. 1. Макс Фердинанд Перуц. 2. Джон Коудрі Кендрю

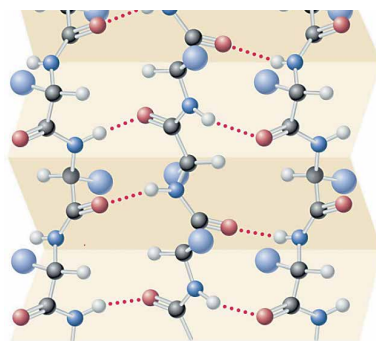


Рис. 27.8. Просторова структура фрагмента молекули білка

Чинники, які зумовлюють денатурацію білків	
хімічні	фізичні
Концентровані розчини кислот і лугів Сполуки важких металічних елементів Органічні розчинники Отрути рослинного й тваринного походження Сечовина у високих концентраціях	Високі температури Ультрафіолетове й радіоактивне опромінення Механічний вплив (наприклад, вібрація)

Наприклад, денатурація білків відбувається в сильнокислому середовищі шлунка. Це сприяє ферментативному розщепленню білків під час перетравлювання їжі. Хімічні опіки шкіри й слизових оболонок також зумовлені денатурацією білків під дією їдких речовин. Термічні опіки – приклад денатурації білків під впливом високої температури. Денатурацію білків застосовують для лікування отруєння сполуками важких металічних елементів: Купруму, Плюмбуму тощо. Хворому дають молоко або сирі яйця. Токсичні сполуки денатурують білки молока або яєць і поглинаються їхньою поверхнею.

Чи оборотна денатурація? У пробірці (*in vitro*) денатурація, найчастіше, – необоротний процес. Якщо ж денатурований білок помістити в умови, близькі до природних, то він може відновити свої властивості, але дуже повільно (це властиво не всім білкам).

Кольорові реакції білків застосовують для виявлення цих сполук поміж інших органічних речовин. Виконайте лабораторні досліди 3 й 4, щоб пересвідчитися в цьому.



Лабораторні досліди 3, 4. Кольорові реакції білків

Пригадайте й неухильно виконуйте

ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ З ОБЛАДНАННЯМ І РЕАКТИВАМИ



Завдання. Виконайте ксантопротеїнову й біуретову (рис. 27.9) реакції, опишіть ознаки їхнього перебігу.

Обладнання та реактиви: штатив з пробірками або пластина із заглибинами, пробіротримач; розчини нітратної кислоти, купрум(II) сульфату, натрій гідроксиду, яєчного білка.

3. Взаємодія розчину білка з нітратною кислотою (ксантопротеїнова реакція).

У пробірку внесіть по 5 крапель розчинів білка та нітратної кислоти. Нагрійте добутий білий осад до появи жовтого забарвлення.

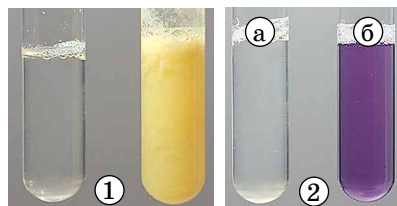


Рис. 27.9. 1. Зовнішній ефект ксантопротеїнової (від грец. ξανθος — жовтий і πρωτεΐον — «на першому місці») реакції, яку запропонував у 1820-х роках французький хімік, фундатор гістохімії Ф.-В. Распай, свідчить, що в складі амінокислотних залишків є бензенові кільця. 2. Біуретова реакція характерна для групи

атомів, які утворюють пептидний зв'язок $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—}\overset{\text{H}}{\text{N}}\text{—}$. Біуретова проба, яку в 1833 р. відкрив німецький хімік Ф. Розе: негативна (а) і позитивна (б).

4. Взаємодія розчину білка з купрум(II) гідроксидом (біуретова реакція).

У пробірку (або заглибину пластини) унесіть 5 крапель розчину білка, додайте 2 краплі розчину купрум(II) сульфату. Далі добавляйте розчин натрій гідроксиду до утворення фіолетового розчину.

Біологічна роль білків дуже важлива. Вони – складники всіх організмів і беруть участь у кожному внутрішньому процесі клітини. Білки – важлива частина харчування людини і тварин, оскільки їхні організми не можуть синтезувати всі необхідні амінокислоти й частина з них надходить з білковою їжею. Під час травлення ферменти руйнують спожиті білки до амінокислот, які організм використовує для біосинтезу власних йому білків або для задоволення потреб в енергії. Чимало біологічно активних сполук – речовини білкової природи.

Білки, так само як крохмаль і целюлоза, є біополімерами. Про синтетичні високомолекулярні сполуки та матеріали на їхній основі ви дізнаєтеся з наступних параграфів.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Білки – біополімери, високомолекулярні органічні сполуки, які складаються зі сполучених у ланцюг амінокислотних залишків.
- Реакція гідролізу білків обернена до реакції їхнього утворення з амінокислот.
- Рівні організації білкової молекули – її первинна, вторинна, третинна й четвертинна структури.
- Просторова структура білка визначає його властивості й біологічні функції. Глобулярні білки здебільшого розчинні, фібрилярні – ні.
- Осадження білків – оборотний процес.
- Денатурація білка пов'язана із глибокими внутрішньомолекулярними змінами його будови, руйнуванням четвертинної, третинної та вторинної структур.
- Кольорові реакції білків (ксантопротеїнову й біуретову) застосовують для виявлення цих сполук поміж інших органічних речовин.



Перевірте себе

1. Наведіть приклади білків. 2. Схарактеризуйте хімічні властивості білків. 3. Яка біологічна роль білків? 4. Як пов'язані властивості білків з будовою їхніх молекул і навпаки? 5. Що таке денатурація білка? 6. За допомогою яких хімічних реакцій виявляють білки?



Застосуйте свої знання й уміння

7. Поясніть, чому альбумін розчиняється у воді, а колаген – ні. 8. З огляду на вивчене поясніть: а) згубну дію алкоголю та радіоактивного опромінення на здоров'я; б) чому інколи молоко під час кип'ятіння зсідается й звідки в молоці з'являються речовини, які спричиняють це явище; в) яку властивість білків використовують у кулінарії, коли маринують м'ясо за допомогою харчових кислот – молочної, оцтової, лимонної, винної – або обробляють ферментами, що є в ананасі, папаї тощо; г) чому досвідчені господині для приготування смачного бульйону м'ясо кладуть у холодну воду, а для приготування смачного м'яса – в окріп. Експериментально перевірте свої міркування, опишіть методику проведення експерименту й спостереження. Чи підтвердилися ваші гіпотези щодо причин такого підходу до приготування страв? 9. Під час проведення досліду на шкіру рук людини, яка знехтувала гумовими рукавичками, потрапило кілька крапель концентрованої нітратної кислоти. Опишіть зміни, яких, на вашу думку, зазнала шкіра під дією кислоти. 10. Поясніть, для чого в лабораторіях медичних закладів під

час аналізу сечі здійснюють біуретову реакцію. 11. В одноразовий пластиковий стакан налейте молоко об'ємом 50 мл, розбавте його вдвічі водою й додайте столовий оцет об'ємом 1 мл (замість оцту можна використати розчин лимонної кислоти або сік цитрини). Трохи нагрійте цю суміш. Опишіть спостереження.

- Запропонуйте спосіб попередньої перевірки молока на вміст речовин, які спричиняють його згортання.

- Поясніть, для чого недобросовісні продавці в місцях стихійної торгівлі добавляють у молоко питну соду, антибіотики.

- Спрогнозуйте наслідки споживання порівняно дешевого молока, яке не пройшло санітарного контролю. Оцініть доцільність покупок у місцях стихійної торгівлі.

12. Приготуйте два однакових клаптики накрохмаленої сухої марлі завбільшки з долоню, блюдце з розбавленим розчином йоду, склянку з водою, сірники (без головок) із намотаними на кінцях жмутиками вати. Добре змочіть слиною вату на одному сірнику і посередині клаптика накрохмаленої марлі напишіть літеру. Затисніть марлю між долонями й тримайте так 2–3 хв, а потім змочіть розчином йоду. Спостерігайте, як забарвлюється клаптик марлі. Повторіть ці дії, але замість слини змочіть вату на другому сірникові водою. Опишіть спостереження, порівняйте й поясніть результати дослідів. 13. Під керівництвом учителя або вчительки хімії дослідіть, чи відбувається біуретова реакція з: а) натуральним м'ясним бульйоном; б) бульйонами з бульйонних кубиків різних виробників; в) овочевим відваром. Зробіть висновок про вміст білка в досліджуваних об'єктах. За результатами досліджень підготуйте презентацію



Творча майстерня

14. Складіть сенкан «Білки».



Дізнайтеся більше

<http://www.ukrainians-world.org.ua/ukr/peoples/a0d3217904a6e905/>
<https://www.youtube.com/watch?v=jZ1JKZfsM5s>
<https://www.youtube.com/watch?v=CzO6YlcA2mw>
<https://www.youtube.com/watch?v=gShpqpDsGsw>
<https://www.youtube.com/watch?v=HkiTsbGSI7k>
<https://www.youtube.com/watch?v=sU4bMSRLqws>
<https://www.youtube.com/watch?v=sPTcywSu-kg>
https://www.youtube.com/watch?v=_pXRHhVgH-A



Тестовий контроль знань з теми «Нітрогеновмісні органічні сполуки»

1. Укажіть характеристичну групу амінів.
A $-\text{NH}_2$ **Б** $-\text{COOH}$ **В** $-\text{CHO}$ **Г** $-\text{NH}-\text{COO}-$
2. Укажіть формулу метанаміну.
A $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ **Б** $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ **В** $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$ **Г** CH_3NH_2
3. Укажіть формулу аніліну.
A $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ **Б** $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ **В** $\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$ **Г** $\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_2$
4. Продуктами повного окиснення (горіння) метанаміну є речовини, формули яких
A N_2 , H_2 , CO **Б** NO , H_2O , CO **В** NO_2 , H_2 , CO_2 **Г** N_2 , H_2O , CO_2
5. Продуктами повного окиснення (горіння) аніліну є речовини, формули яких
A N_2 , H_2 , CO **Б** N_2 , H_2O , CO_2 **В** NO_2 , H_2 , CO_2 **Г** NO , H_2O , CO
6. Проаналізуйте твердження.
І. Аміни – органічні основи.
ІІ. Анілін у водному розчині не діє на фенолфталеїн.
Чи є поміж них правильні?
A правильне лише І **Б** обидва правильні
В правильне лише ІІ **Г** немає правильних

7. Проаналізуйте твердження.
 I. Нижчі аміни не розчиняються у воді.
 II. Вищі аміни мають специфічний «рибний» запах.
 Чи є поміж них правильні?
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
8. Проаналізуйте твердження.
 I. Анілін не реагує з бромною водою.
 II. Метанамін реагує з гідроген бромідом.
 Чи є поміж них правильні?
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
9. Проаналізуйте твердження.
 I. Анілін реагує з хлоридною кислотою.
 II. Метанамін – органічна основа.
 Чи є поміж них правильні?
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
10. Реакція аніліну з бромом у водному розчині супроводжується
А утворенням білого осаду **В** утворенням чорного осаду
Б виділенням амоніаку **Г** виділенням карбон(IV) оксиду
11. Правильне твердження щодо метанаміну записано в рядку
А за температури 20–25 °С і атмосферного тиску є рідиною
Б негорюча речовина
В реагує з лугами
Г у його водному розчині фенолфталеїн набуває малинового кольору
12. Правильне твердження щодо аніліну записано в рядку
А за температури 20–25 °С та атмосферного тиску є рідиною
Б негорюча речовина
В реагує і з лугами, і з кислотами
Г у його водному розчині фенолфталеїн набуває малинового кольору
13. Анілін у промисловості добувають
А відновленням нітробензену
Б тримеризацією етанаміну
В окисненням нітробензену
Г димеризацією пропанаміну
14. Правильне твердження щодо аніліну записано в рядку
А є аліфатичним аміном **В** реагує з водою
Б легко окиснюється **Г** виявляє кислотні властивості
15. Правильне твердження щодо гліцину записано в рядку
А реагує з хлоридною кислотою
Б не реагує з натрій гідроксидом
В не може утворювати пептидні зв'язки
Г за температури 20–25 °С і атмосферного тиску є газом
16. Унаслідок дії концентрованої нітратної кислоти на білок
А утворюється чорний осад **В** утворюється речовина жовтого кольору
Б з'являється фіолетове забарвлення **Г** з'являється зелене забарвлення
17. Унаслідок дії свіжодобутого купрум(II) гідроксиду на білок
А утворюється цегляно-червоний осад **В** утворюється білий осад
Б з'являється фіолетове забарвлення **Г** з'являється зелене забарвлення

18. Проаналізуйте твердження.

I. Амінокислоти є продуктами гідролізу білків.

II. Денатурація білка супроводжується руйнуванням вторинної, третинної та четвертинної структур.

Чи є поміж них правильні?

A правильне лише I **B** обидва правильні

Б правильне лише II **Г** немає правильних

19. Проаналізуйте твердження.

I. Унаслідок гідролізу білка утворюються амінокислоти.

II. Унаслідок нагрівання альбумін зсідается.

Чи є поміж них правильні?

A правильне лише I **B** обидва правильні

Б правильне лише II **Г** немає правильних

20. Проаналізуйте твердження.

I. Амінокислоти – амфотерні сполуки.

II. У білках амінокислотні залишки сполучені водневими зв'язками.

Чи є поміж них правильні?

A правильне лише I **B** обидва правильні

Б правильне лише II **Г** немає правильних



КЕЙС

«ЯКЕ ЗАПИТАННЯ, ТАКА І ВІДПОВІДЬ»

Опрацювання цього кейса дасть вам змогу пересвідчитися в слушності українсько-го прислів'я: «Щоб знати, треба питати». Під час роботи над завданнями кейса візьміть до уваги вислів німецького філософа Іммануїла Канта «Уміння ставити розумні запитання вже є важливою та необхідною ознакою розуму» і прислів'я: «Де єдність – там сила, де воля – там знання» (*якщо маєте охоту, на власний розсуд доповніть цей список крилатих фраз або змініть його*).

Тож **«Docendo discimus sapis!»** – Коли навчаєте інших – навчаєтеся самі!

Пригадайте, наприкінці вивчення теми «Оксигеновмісні органічні сполуки» ви опрацьовували завдання кейса, підготовленого десятикласниками й десятикласницями для учнів і учениць паралельного класу. *Випробуйте* тепер свої сили як автори й авторки завдань кейса з теми «Нітрогеновмісні органічні сполуки» для учнівства паралельного класу.

Звісно, якщо складете завдання¹, то вам доведеться розв'язати їх 😊, щоб мати змогу порівняти ваші відповіді з відповідями тих, кому ці завдання адресовано. Для розроблення завдань *використайте* наведені далі рисунки, уривки наукових і науково-популярних текстів або *доберіть* такі уривки на власний розсуд².

Під час формулювання запитань *візьміть до уваги*, що вони можуть бути «тонкими», на які можна відповісти однозначно, і «товстими», тобто проблемними, які передбачають неоднозначні відповіді. «Тонкі» запитання: *Хто ...? Що ...? Коли ...? Скільки ...? Чи буде ...? Чи згодні ви...? Чи взаємодіятиме ...?* тощо. «Товсті» запитання: *Поясніть, чому ... Чому ви вважаєте, що ... У чому відмінність... Припустіть, що буде, якщо... Використовуйте* в завданні слова *проаналізуйте, визначте, класифікуйте, укажіть, поясніть, складіть, спрогнозуйте, зробіть припущення, аргументуйте, оцініть, запропонуйте* тощо. 1. Тирамін (рис. 2) – біогенна нітрогеновмісна речовина, яка може провокувати в людини сильний головний біль, нервову збудливість, підвищувати тонус м'язів, тиск, рівень цукру тощо. Тирамін є в перезрілих овочах, фруктах, шоколаді, ферментованих сирах, червоному вині, пиві, копчених продуктах,

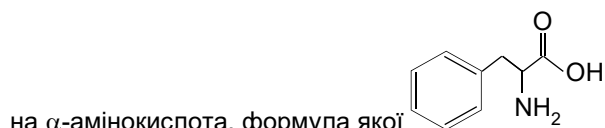
¹ Учитель або вчителька хімії порадить вам, скільки і яких завдань скласти.

² Пам'ятайте, що тексти з мас-медіа можуть містити неточності й помилки, які також можна і потрібно використовувати під час складання завдання. Наприклад, той, хто виконуватиме завдання, має їх виявити й пояснити.

дріжджах, квашеній капусті, бобових і пачинці птахів. Лідерами поміж фруктів за вмістом тираміну вважають авокадо і банани. 2. Бетайн (рис. 3) – аліфатичний ациклічний амін. З хлоридною кислотою утворює сіль – бетаміну гідрохлорид, яку використовують у медицині для компенсування нестачі хлоридної кислоти в шлунковому соку. 3. Валін (2-аміно-3-метилбутанова кислота – аліфатична α -амінокислота, одна з 20 протеїногенних амінокислот, є складником чи не всіх відомих білків. Незамінна амінокислота, яка стимулює активність організму, сприяє формуванню та підтриманню його структурної і функціональної цілісності. 4. Ізолейцин (2-аміно-3-метилпентанова кислота) – це аліфатична β -амінокислота, що входить до складу всіх природних білків. Вона сприяє швидкому відновленню після важких фізичних напружень. 5. Фенілаланін – ароматич-



Рис. 1. Лауреати Нобелівської премії з фізіології та медицини 1988 року «За відкриття важливих принципів лікарської терапії» Джордж Герберт Гітчингс, Гертруда Белл Елайон, сер Джеймс Вайт Блек



на α -амінокислота, формула якої N[C@@H](Cc1ccccc1)C(=O)O. З нітратною кислотою фенілаланін дає ксантопротеїнову реакцію. Упливає на настрій, тамує біль, поліпшує пам'ять і здатність до навчання, створює відчуття бадьорості та ясності мислення. З фенілаланіну утворюється речовина, що зумовлює почуття закоханості.

6. Дайджест¹ «...»

- З'ясовано, що «цеглинки» життя, ..., можуть формуватися з неорганічних молекул у результаті зіткнення крижаної комети з поверхнею планети або падіння метеорита на покриті льодом космічне тіло.

- Новий метод складання напівпровідникових пристроїв на основі ... стане кроком до створення рухомих голограм, повідомляє журнал New Scientist.

- Людство знайоме з мистецтвом підсмажування хліба на вогні вже багато сотень років. Реакції Майяра між ... і цукрами, які відбуваються за високих температур, надають підсмаженому хлібу характерний колір, аромат і смак.

- Астрофізики виявили в хмарі газу навколо комети 67P/Чурюмова – Герасименко ... гліцин.

7. Дайджест «...»

- В Єльському університеті створили найпростіший синтетичний ..., який, як виявилось, виконує активну специфічну функцію: змушує клітини вести себе подібно до клітин ракової пухлини. Вивчення таких простих ... може сприяти створенню потенційно нових ліків.

- Удалося створити ..., який не дає змоги ВІЛ вразити клітини імунної системи і розвинути справжній невиліковний СНІД. За іронією долі цей ... синтезовано на основі одного з власних ... вірусу.

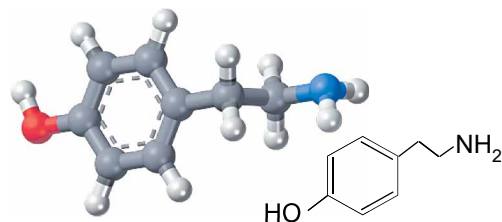


Рис. 2. Модель молекули тираміну та його структурна формула

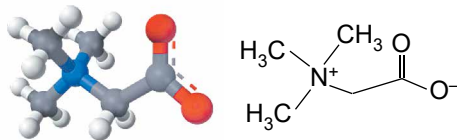


Рис. 3. Модель молекули бетайну та його структурна формула

¹ Добірка витягів з різних джерел з певної тематики.

Kid's Healthy Eating Plate



Рис. 4. Які харчі – таке й здоров'я (українське прислів'я)

палички. 9. З одного яйця яєчні не буде. Риба не хліб, ситий не будеш. Добра паска, як є ковбаска. Гриби ростуть у лісі, а в місті їх знають. До борщу пан, а до м'яса сам. Одна дяка, що за рибу, що за рака. Перше м'ясо – свинина; перша риба – линина. Теляче м'ясо – півм'яса. Чує кіт у глечик молоко солодке, та морда коротка. Мала грудка, та самий сир. Дарма, що в черепку, аби курка жарена, курка варена. У степу і хрущ м'ясо. Вівсяна каша сама себе хвалить, а гречану люди хвалять. Звідки віслокуві знати, що таке мигдаль? Хрущі в борщі, а жаба в юшці. Не розкусивши горіх, зерна не з'їси. Біб – то напханий хліб. Не смійся, горох, ти не краще квасолі, розмокнеш – то й лопнеш. Сочевиця на столі, а здоров'я в сім'ї. Аби пшоно, каша буде. Посієш кукурудзу впору – матимеш зерна гору. Глибоко оратимеш – гарний рис матимеш.

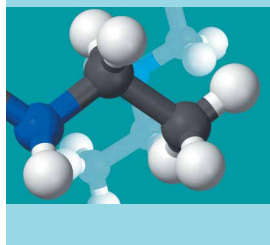


Розумова руханка

1. Масова частка Карбону в ациклічному насиченому аміні, у молекулі якого дві аміногрупи, становить 54,5 %, Гідрогену – 13,6 %. Густина його пари за воднем дорівнює 44. Визначте молекулярну формулу цього аміну, складіть кілька структурних формул його ізомерів. 2. Масова частка Нітрогену в насиченому аміні становить 31,1 %. Визначте його можливу будову. 3. Масова частка Феруму в гемоглобіні крові людини становить 0,34 %. Обчисліть мінімальну відносну молекулярну масу гемоглобіну. 4. Масова частка Сульфуру в одному з білків становить 0,32 %. Визначте відносну молекулярну масу цього білка, якщо припустити (спрощено), що в його молекулі один атом Сульфуру. 5. Відносна молекулярна маса альбуміну сироватки крові людини становить 68400. Визначте кількість амінокислотних залишків у молекулі цього білка, якщо відносна маса амінокислотного залишку в ньому дорівнює 120. 6. Масова частка залишків гліцину в білку становить 0,5 %. Обчисліть: а) мінімальну молекулярну масу цього білка, якщо відносна маса залишку гліцину дорівнює 75,1; б) кількість амінокислотних залишків у цьому білку. 7. За даними кількісного амінокислотного аналізу, у сироватковому альбуміні масова частка залишків триптофану, відносна маса амінокислотного залишку якого дорівнює 204, становить 0,58 %. Розрахуйте мінімальну молекулярну масу альбуміну. 8. Трипсин – фермент класу гідролаз, що розщеплює пептидні зв'язки. Поясніть, чому внаслідок оброблення трипсином відбувається дезактивування багатьох ферментів.

9. В'язкість гнійного вмісту інфікованих ран залежить від концентрації в ньому макромолекул. Поясніть, чому для оброблення гнійних ран використовують протеолітичні ферменти, під дією яких руйнуються пептидні зв'язки.

10. У дві пробірки налили водний розчин курячого білка об'ємом 2 мл порція, в одну з них добавили насичений водний розчин поліферментного препарату об'ємом 1 мл. Обидві пробірки помістили у водяну баню за температури людського тіла 37–40 °C на 30 хвилин. Потім у обидві пробірки добавили реагент, що спричиняє денатурацію білка. В одній з пробірок утворився рясний білий осад, в іншій – ні. Поясніть, у якій саме пробірці утворився осад і чому.



Тема 5. Синтетичні високомолекулярні речовини і полімерні матеріали на їх основі

Чи помічали ви, що живете у світі гігантських молекул? Адже в складі організмів є полімери, навколо – безліч яскравих і корисних предметів, виготовлених з матеріалів на основі полімерів – природних, штучних, синтетичних (рис. 1). Завдяки своїм унікальним властивостям високомолекулярні сполуки успішно замінюють у різних сферах життєдіяльності природні матеріали – деревину, метал, камінь тощо.



Рис. 1. Полімери: усередині й навколо. Природні високомолекулярні сполуки складають основу життя на Землі. Штучні полімери добувають з природних різними способами хімічної модифікації для надання їм необхідних властивостей. Синтетичні високомолекулярні сполуки добувають хімічним шляхом за допомогою реакцій полімеризації або поліконденсації



Проаналізуйте рисунок 1. Які з полімерів можуть бути і природними, і синтетичними? Про що це свідчить?

Життя сучасної людини неможливо уявити без полімерів. Тому знати властивості цих речовин потрібно для того, щоб безпечно та ефективно використовувати матеріали на їхній основі. Ви вже багато чого знаєте про природні високомолекулярні сполуки – біополімери крохмалю, целюлозу, білки тощо. З курсу хімії основної школи та повсякденного життя вам добре відомий синтетичний полімер – поліетилен. Та царина *синтетичних високомолекулярних речовин* практично безмежна, їхній склад, властивості, застосування вражають розмаїттям. Щоб дізнатися більше про ці дивовижні сполуки, вирушаймо в захопливу мандрівку країною Полімерією.

§ 28. Синтетичні високомолекулярні речовини. Полімери. Реакції полімеризації та поліконденсації

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **пояснювати** суть поняття *полімер*, реакцій полімеризації і поліконденсації як способів добування полімерів;
- **наводити приклади** рівнянь реакцій полімеризації та поліконденсації.

Полімери – високомолекулярні сполуки, молекули яких (макромолекули) складаються з великого числа однакових угруповань, з'єднаних хімічними зв'язками. Це, наприклад, *поліетилен* – чи не найвідоміша й найпоширеніша *полімерна* сполука, яку добувають *полімеризацією* етену.



Пригадайте з курсу хімії 9 класу, з якої мови походять і що означають префікси *пóліс* (полі-) та *μόνος* (моно-).

Актуалізувати зміст уже відомих вам понять *мономер*, *полімер*, *полімеризація* ви зможете, проаналізувавши рисунок 28.1 (*зробіть це*).

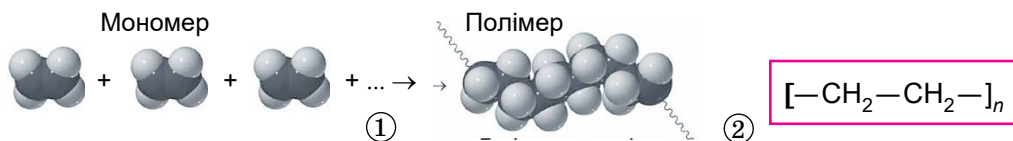
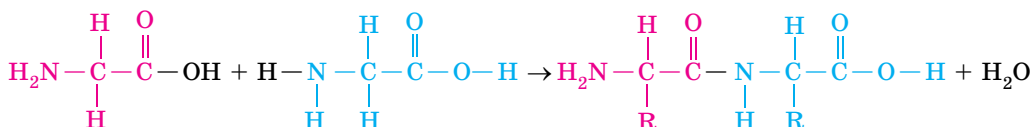


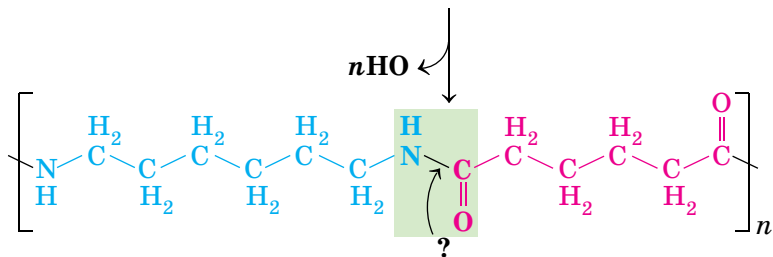
Рис. 28.1. 1. Полімеризація етену. Молекули етену – мономер. Поліетен – полімер. Показано лише фрагмент полімерного ланцюга, бо реальні розміри макромолекули не дають змоги зобразити її модель повністю. 2. Ступінь полімеризації n – кількість елементарних структурних ланок у полімерному ланцюзі

Зверніть увагу: у реакцію полімеризації здатні вступати речовини, у молекулах яких є подвійні або потрійні зв'язки, що розриваються й переходять в ординарні (прості). Сполучення мономерів у полімери відбувається за місцем розриву подвійних чи потрійних зв'язків.

Поліконденсація – інший спосіб добування високомолекулярних сполук. Утворення поліпептидного ланцюга внаслідок реакцій між амінокислотами – приклад поліконденсації (*назвіть характеристичні групи, завдяки взаємодії яких відбувається цей процес*):



Зверніть увагу: поліконденсація можлива, якщо кожен мономер є *біфункціональним*, тобто містить дві характеристичні групи, що обидві можуть реагувати з характеристичними групами іншого мономера. Окрім

$$\begin{array}{ccc}
 \text{H} & & \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \\
 | & & | \quad | \\
 n\text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{N}-\text{H} & + & n\text{HO}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CO}_2\text{H} \\
 | \quad | \quad | \quad | & & || \quad | \quad | \quad | \\
 \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2 & & \text{O} \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \quad \text{H}_2 \\
 \text{гексан-1, 6-діамін} & (n \text{ моль}) & \text{гексан-1,6-дикарбонова кислота} \\
 & & (n \text{ моль})
 \end{array}$$


 Поясніть, яку групу атомів і який зв'язок виокремлено в рівнянні реакції поліконденсації.

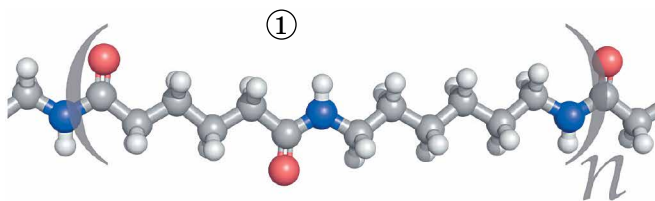


Рис. 28.2. Найлон-6,6. 1. Модель молекули. 2. «Професії» найлону

Цікаво і пізнавально

Найлон-6,6 уперше синтезував 28 лютого 1935 р. В. Карозерс (рис. 28.3.1), головний хімік дослідної лабораторії американської компанії DuPont. Широку громадськість про це повідомили 27 жовтня 1938 р. У новому полімері все було новим і незвичним: новий спосіб добування, унікальна (у ті часи) міцність, зовнішня привабливість виробів, негіроскопічність, дешевизна і зовсім нові галузі застосування. Зокрема, найбільше враження справили міцні та красиві найлонові жіночі панчохи (рис. 28.3.2).



Рис. 28.3. 1. Воллес Г'юм Карозерс (1896–1937) – американський хімік, винахідник і провідний хімік-органік компанії DuPont. Винайшов спосіб синтезу полімерного матеріалу – найлону-6,6, істотно посприяв розробленню способу добування неопрену. Розробив теорію й технологію поліконденсації. 2. Презентація найлону на Всесвітньому ярмарку в Нью-Йорку в 1939 р.

Утворення поліестерів – також реакція поліконденсації. Наприклад, лавсан (рис. 28.4) утворюється внаслідок поліконденсації двохатомного спирту етан-1,2-діолу (етиленгліколю) з бензен-1,4-дикарбоною (терефталевою) кислотою:

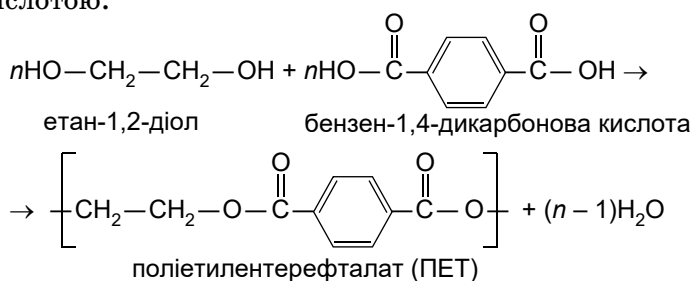


Рис. 28.4. 1. Лавсанові нитки – хірургічний шовний матеріал, що не розсмоктується. 2. Упаковка: а) для напоїв (ПЕТ); б) для харчів (композиція лавсану й алюмінієвої фольги). 3. Плетений лавсановий шнур. 4. Лавсанові тканини

Усі природні полімери є продуктами поліконденсації. Усі високомолекулярні сполуки, добуті полімеризацією, є продуктами органічного синтезу.



Чи правильні твердження, що: а) продуктами поліконденсації є лише природні полімери; б) усі високомолекулярні продукти органічного синтезу добувають полімеризацією?

Чи впливає спосіб синтезу полімерів на їхні властивості? Так, звійсно. У полімерів, добутих полімеризацією, хімічні зв'язки в основному ланцюзі зазвичай малополярні (тобто електричний заряд у них розподілений рівномірно), самі вони розчиняються в неполярних розчинниках, мають велику молекулярну масу, стійкі до гідролізу (не розпадаються під дією

води). Полімери, добути поліконденсацією, певною мірою є протилежністю полімерів першої групи. Ви зможете пересвідчитися в цьому далі, під час розгляду властивостей деяких полімерів.

Цікаво і пізнавально

В Інституті хімії високомолекулярних сполук Національної академії наук України синтезують нові типи полімерів і відкривають корисні, часто несподівані властивості та ефекти цих чудових речовин. Результати багаторічних досліджень утілено в низці прикладних розробок, таких як екологічно нешкідливі лаки й фарби, покриття з високою захисною дією в агресивних середовищах, клеї різного призначення, зокрема для медичних цілей, і багато чого іншого.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Молекули полімерів побудовані із численних елементарних структурних ланок – залишків низькомолекулярних сполук – мономерів.
- Полімеризація – процес перетворення мономера або суміші мономерів на полімер.
- Ступінь полімеризації – кількість елементарних ланок у полімерному ланцюзі.
- Поліконденсація – процес синтезу полімерів з поліфункціональних (найчастіше біфункціональних) сполук, який відбувається внаслідок взаємодії характеристичних груп і в результаті якого зазвичай утворюються побічні низькомолекулярні продукти, зокрема вода.



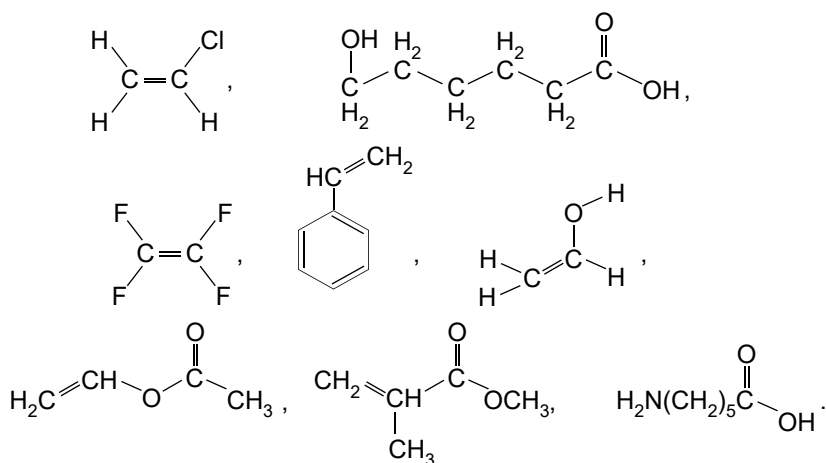
Перевірте себе

1. Що таке полімери? Мономери? Структурна ланка полімеру? Ступінь полімеризації? 2. Які є способи добування полімерів? 3. Які речовини здатні вступати в реакцію полімеризації? 4. За рахунок чого відбувається утворення полімеру в реакції поліконденсації?



Застосуйте свої знання й уміння

5. Порівняйте реакції полімеризації та поліконденсації. Відповідь оформіть як таблицю або діаграму Венна. 6. З наведеного переліку виберіть формули речовин, які здатні вступати в реакцію: а) полімеризації; б) поліконденсації:



Складіть відповідні хімічні рівняння.



7. Складіть за власним вибором один із сенканів: «Мономер», «Полімер», «Полімеризація», «Поліконденсація».



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=dXT1r5WA6SM>

<https://www.youtube.com/watch?v=AJqIFNL2Fj4>

<https://www.youtube.com/watch?v=HpPHN7fcLHI>

<https://www.youtube.com/watch?v=OnetV5DUWKE>

<https://www.youtube.com/watch?v=kflkqwYz72Y>

<https://www.youtube.com/watch?v=8odUVIAXPS8>

§ 29. Пластмаси

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- наводити приклади пластмас;
- розрізняти, описувати й порівнювати їхні властивості;
- установлювати причиново-наслідкові зв'язки між складом, будовою, властивостями та застосуванням пластмас.

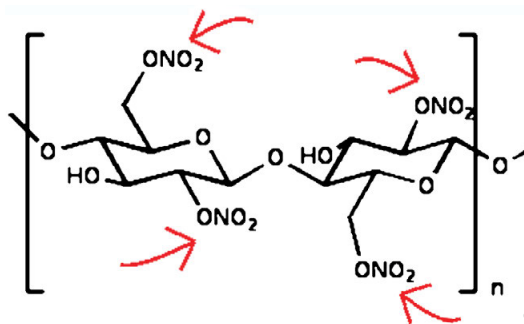
Пластмаси – що означає ця назва? Ідеться про пластичні маси – матеріали, виготовлені на основі полімерів і здатні внаслідок дії нагрівання та тиску набувати певної форми й зберігати її після охолодження або тверднення.

У пошуках штучного заміника слонової кістки першу пластмасу – паркезін – добув 1855 р. англійський металург та винахідник Олександр Паркс. Інша, більш відома назва цієї пластмаси – *целулоїд* (рис. 29.1.1), що означає «подібний до целюлози». Целулоїд – приклад *штучного* матеріалу, оскільки його виготовляють хімічним обробленням природного полімеру. До продукту нітрування целюлози (рис. 29.1.2) додають пластифікатори, наповнювачі, барвники.

Компоненти-пластифікатори надають полімерним матеріалам еластичності і (або) пластичності під час перероблення та експлуатування. Уведення до складу полімерних композицій наповнювачів поліпшує експлуатаційні властивості, полегшує перероблення, а також істотно здешевлює матеріал. Саме ці добавки відрізняють целулоїд від динітроцелюлози, оскільки надають матеріалу нових властивостей.



①



②

Рис. 29.1. 1. Целулоїдні іграшки в експозиції Паризького музею ляльок. 2. Хімічна формула динітроцелюлози (стрілками позначено нітрогрупи) – продукту нітрування целюлози. Із цієї речовини виготовляють целулоїд

Зауважимо: однією з умов сталого розвитку є створення новітніх матеріалів на основі *біосировини*. Завдяки цьому напрямку традиційні матеріали набувають нових унікальних властивостей, що дає всі підстави називати їх фантастичною реальністю XXI століття. До того ж біорозкладанні пластичні маси на основі природних полімерів зменшують несприятливий техногенний вплив на довкілля. Їх виготовляють модифікуванням макромолекул крохмалю, целюлози (*назвіть природні джерела цих сполук*) і хітозану, який виділяють з панцирів крабів, креветок тощо.

Попри привабливість таких пластмас, наразі найпоширенішими є **пластики на основі синтетичних високомолекулярних сполук**. Назви й хімічні формули їх та їхніх мономерів траплялися вам у попередньому параграфі.

Багатьом полімерам і пластмасам властива *термопластичність* – здатність багаторазово розм'якшуватися і тверднути внаслідок нагрівання і наступного охолодження. **Зверніть увагу:** під час нагрівання й охолодження термопластичні полімери не зазнають хімічних змін! Більшість з них добре розчиняється в органічних розчинниках. Це зумовлено лінійною будовою молекул, слабкими зв'язками між ними, нездатністю до утворення сітчастих (зшитих) макромолекул. З розплавів термопластичних полімерів формують найрізноманітніші вироби. Для цього розплав полімеру пропускають крізь тонкі отвори, упорскують його під тиском у прес-форму з наступним охолодженням, здійснюють видувне формування (рис. 29.2).

Рециклізація багатьох пластмас ґрунтується саме на їхній термопластичності. Для забезпечення утилізації одноразових предметів Товариство пластмасової промисловості 1988 р. запровадило систему маркування й ідентифікаційні коди для всіх видів пластику. Маркування складається з трьох стрілок у формі трикутника, усередині яких розташовано цифру:



Нею та літерною аббревіатурою під трикутником позначають тип пластику: PETE (PET або ПЕТ) – поліетилентерфталат, LDPE (поліетилен низької густини), або ПВД – поліетилен високого тиску. V, PVC або ПВХ – полівінілхлорид, HDPE (поліетилен високої густини), або ПНД – поліетилен низького тиску. PP або ПП – поліпропілен, PS або ПС – полістирен, OTHER, або ІНШЕ (не можна рециклізувати). Таке інформування про тип матеріалу й можливості його перероблення спрощує сортування перед відправленням пластмаси на перероблення і вторинне використання.

Зверніть увагу: для зберігання харчових продуктів придатні лише пластмасові вироби, марковані . Тож розгляньмо докладніше

деякі з найвідоміших термопластичних синтетичних полімерів і пластмас на їхній основі.



Рис. 29.2. Видувне формування поліетилену

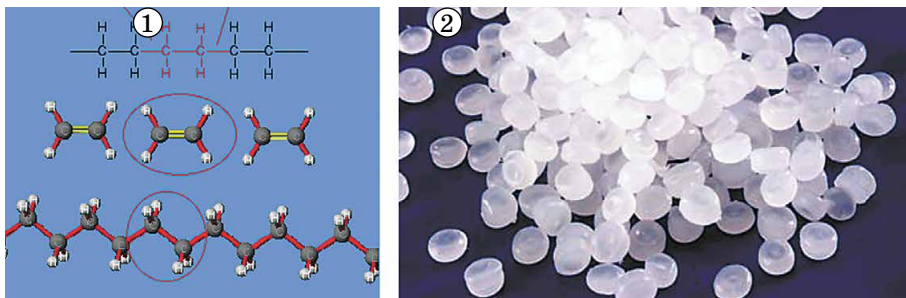


Рис. 29.3. Полімеризація етилену (етену). 2. Гранули поліетилену

Поліетилен – карболанцюговий (поясніть, що це означає) полімер. У промисловості його добувають полімеризацією етену за високого, середнього й низького тиску (рис. 29.3).

Поліетилен має високі діелектричні властивості, стійкий до агресивних середовищ – кислот, лугів, розчинів солей і органічних розчинників. Тому його застосовують як електроізоляційну оболонку кабелів, захисний матеріал в агресивних середовищах. Це зручний пакувальний плівковий матеріал. Також з поліетилену виготовляють посуд, одноразовий зокрема.

Недоліками поліетилену є низька теплопровідність, недостатня стійкість до УФ-випромінювання, схильність до деформування внаслідок тривалої дії статичних навантажень.

Полімеризація мономерів, про які йтиметься далі, відбувається подібно до етену. Пересвідчитися в цьому ви зможете, розглянувши рисунок 29.4.



Які властивості добутих унаслідок цього полімерів зумовлюють їхнє широке застосування в найрізноманітніших галузях суспільного господарства, побуті тощо?

Поліпропілен – карболанцюговий лінійний полімер, багато в чому подібний до поліетилену. Це досить твердий матеріал, у тонких шарах прозорий, у товстих – молочно-білий. Він стійкий до дії кислот, лугів, розчинів солей, інших агресивних середовищ. Вироби з поліпропілену ви-

різняються стійкістю до стирання і твердістю поверхні, витримують нагрівання до температури $\approx 100^\circ\text{C}$. Тому цю пластмасу використовують для виробництва пакувальної плівки, сантехнічних труб, побутового і хімічного посуду, іншого обладнання.

Невисока морозостійкість (до -30°C) і висока чутливість до світла і кисню – недоліки, які дещо обмежують застосування поліпропілену.

Полівінілхлорид (ПВХ) – речовина білого кольору, хімічно стійка до лугів, рідких нафтопродуктів, багатьох кислот і розчинників, не горить на повітрі, діелектрик. Проте його морозо- і термостійкість невеликі, з полівінілхлориду виготов-

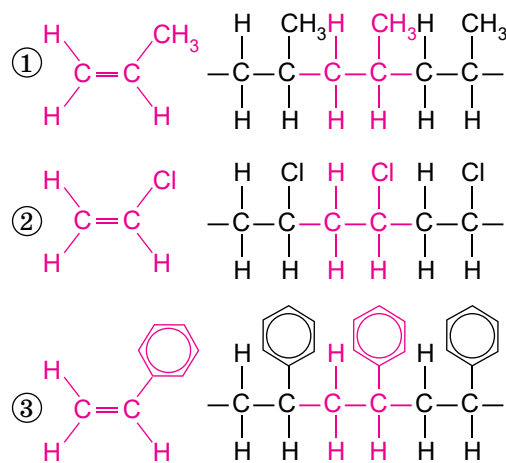


Рис. 29.4. Продукт полімеризації пропену – поліпропілен (1), вінілхлориду – полівінілхлорид (2), вінілстирену – полістирол (3)



Рис. 29.5. Полівінілхлорид (1) і вироби з нього: 2 – цим віконним профілям влас- тива чудова звукоізоляція, легкість у використанні, високий ступінь збереження тепла; 3 – ласта – елемент спорядження для дайвінгу й підводного мисливства; 4 – плитка – елемент декору інтер'єру; 5 – парасолька – надійний захист від не- годи; 6 – спінений ПВХ – матеріал для виготовлення спортивного інвентарю; 7 – у таких чоботах «море по коліна»

ляють лінолеум, віконні профілі, кромки меблів, упаковку побутової техніки, шкірозамінники, плівки для натяжних стель, сайдінг, труби, ізоляції дротів і кабелів, обгортки, пляшки для побутової хімії і ще бага- то інших корисних предметів (рис. 29.5).

Цікаво і пізнавально

ПАТ «Броварський завод пластмас» уперше в Україні почав виробляти неласти- фіковані полівінілхлоридні (НПВХ) труби квадратного перерізу для поїння тварин. Це єдиний виробник в Україні НПВХ труб та фасонних частин для систем пневмопошти.

Основною проблемою, пов'язаною з використанням ПВХ, є складність його утилізування. Адже внаслідок спалювання цього пластику утворю- ються високотоксичні хлороорганічні сполуки. Із часом матеріал само- стійно починає виділяти їх у довкілля. Сучасні технології, спрямовані на подолання вади, поки що недостатньо ефективні.

Полістирен (полістирол) – тверда, пружна, безбарвна, прозора, гнучка, негігроскопічна речовина. З пластмас на його основі виготовляють елек- троізоляцію, предмети щоденного вжитку (посуд, фігурки, дитячі іграшки тощо), лінзи, різнокольо- рову облицювальну плитку і тепло- ізоляцію для будинків (рис. 29.6).

Зверніть увагу: пінополістирен – один з видів *пінопласту*. Його до- бувають пресуванням полістирену з твердим газоутворювачем за на- грівання. Газуваті продукти тер- мічного розкладання газоутворю- вача розчиняються у полімері. Після цього заготовку виймають з прес-форми та нагрівають до 100–105 °С. Розчинені в полімері гази розширюють запресовування – утворюється пінополістирен.

Недоліки полістирену полягають у низьких теплостійкості та ударній міцності, схильності до старіння тощо.



Рис. 29.6. Вироби з полістирену: надійно, комфортно, ергономічно. 1. Одноразовий посуд. 2. Для будівництва дуже теплих будинків використовують термоблоки з пінополістирену. 3. Зручне крісло, напо- внювач – кульки зі спіненого полістирену. 4. Декоративні вироби з полістирену



Рис. 29.7. Тефлон у нашому житті: 1. Антипригарне покриття на пательні. 2. Стрічка – надійний ущільнювач для сполучення труб. 3. Справжній «геймер» вибирає комп’ютерну мишку на тефлонових ніжках. 4. Фарба із частинками тефлону – красиве й гігієнічне покриття. 5. У цих авто- і мотомасилах частинки тефлону забезпечують мінімальний опір тертю. 6. Інструменти з тефлоновим покриттям – гострота й надійність

Тефлон (його ще називають фторопластом) – пластмаса на основі політетрафлуороетену. Це біла, у тонкому шарі прозора речовина, зовні подібна до парафіну або поліетилену. Має високі тепло- і морозостійкість, не втрачає гнучкості й еластичності в широкому інтервалі температур, не змочується ні водою, ні жирами, ні більшістю органічних розчинників. За своєю хімічною стійкістю перевершує всі відомі синтетичні матеріали й благородні метали. Тефлон використовують у хімічній, електротехнічній і харчовій промисловості, у побуті, у медицині, у військовій та аерокосмічній техніці.



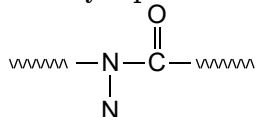
За рисунком 29.7 ви пересвідчитесь, що вироби з тефлону або з тефлоновим покриттям широко використовують у повсякденному житті (*наведіть ще кілька прикладів*).

Цікаво і пізнавально

Політетрафлуороетен було синтезовано 1938 р. Уперше ТЕФЛОН® (розробка корпорації DuPont) у середині 50-х років минулого століття було нанесено на хлібопекарські форми. 10 років потому його стали використовувати як антипригарне покриття на кухонному посуді.

Однак під час використання посуду з тефлоновим покриттям потрібно пам’ятати, що його легко ушкодити тертям абразивами. За температури понад 200 °C політетрафлуороетен розкладається з утворенням токсичних продуктів. Тож ніколи не використовуйте для приготування їжі посуд з пошкодженим тефлоновим покриттям!

Поліаміди – високомолекулярні сполуки, що містять повторювані



амідні (пептидні) групи в основному ланцюзі макромолекули (рис. 29.8). Поліаміди здатні витримувати циклічні навантаження. Вони зберігають свої характеристики в широкому діапазоні температур, витримують стерилізування паром до 140 °C. Залишаються еластичними за низьких температур. Недоліками поліамідів є висока гігроскопічність і низька світлостійкість. Ці матеріали застосовують для виробни-

Рис. 29.8. Прозорі плівки, які отримують з розплавів або розчинів поліамідів. Зносостійкі, міцні на злам, стійкі до лугів, розчинників, масел. Застосовують для упаковки харчових продуктів (жирів, зокрема), як оболонки для ковбас, електроізоляційний матеріал тощо



цтва клеїв, плівок різних призначень (пакувальний матеріал, кіноплівка, шкірозамінники тощо). Поліаміди – замінники кісток, шкіри в медицині, захисні антикорозійні покриття для металів, бетону.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Пластмаси – матеріали, виготовлені на основі полімерів і здатні внаслідок впливу нагрівання й тиску набувати певної форми та зберігати її після охолодження або тверднення.
- Уведення до складу полімерних композицій барвників, пластифікаторів, наповнювачів поліпшує ергономічні й експлуатаційні властивості, полегшує перероблення, а також істотно здешевлює матеріал.
- Найпоширенішими є пластики на основі синтетичних високомолекулярних сполук.
- Термопластичність – здатність полімерів і пластмас багаторазово розм'якшуватися й тверднути внаслідок нагрівання і наступного охолодження.
- Важливою умовою сталого розвитку є створення новітніх матеріалів на основі біосировини.



Перевірте себе

1. Що таке пластмаси? 2. Яким матеріалом є целулоїд? 3. Які компоненти надають пластмасам еластичності? 4. Які полімери називають термопластичними? 5. Наведіть приклади термопластичних полімерів. 6. Яку властивість полімерів використовують для їхньої рециклізації?



Застосуйте свої знання й уміння

7. Порівняйте штучні й синтетичні полімери. 8. Поясніть: а) подібність властивостей парафіну та поліетилену; б) чому властивості пластмас часто відрізняються від властивостей полімерів, на основі яких вони створені. 9. Пригадайте властивості пластмас, про які йшлося в цьому параграфі, і поясніть, чому не можна: а) чистити підшув праски з тефлоновим покриттям абразивними матеріалами; б) користуватися посудом, якщо тефлонове покриття на ньому пошкоджене; в) уживати та зберігати гарячі напої та страви в посуді, виготовленому з полістиролу; г) використовувати для зберігання харчових продуктів тару з полівінілхлориду. 10. Дізнайтеся, чи є у вашому регіоні підприємства, що виробляють (чи переробляють) полімери та пластмаси. Підготуйте стисле повідомлення про сировину, яку вони використовують, і про їхню продукцію. 11. Поясніть, як використання пластмас у медицині сприяло запобіганню інфікуванню ВІЛ (вірусом імунодефіциту людини).



Творча майстерня

12. Самостійно або в складі малої навчальної групи створіть реальну чи віртуальну колекцію пластмас, які ви використовуєте в повсякденному житті. В описі прокоментуйте маркування, яке ви виявили на виробках із цих матеріалів, установіть зв'язок між їхніми властивостями й застосуванням. 13. Підготуйте міні-лекцію для широкого загалу про безпечне використання пластмас у побуті. 14. Підготуйте для молодшого школярства агітаційний спектакль, що має переконати в доцільності викидати пластмасові відходи в спеціально призначений для цього контейнер.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=5wujkYBklpM>

<https://www.youtube.com/watch?v=Fpf9EL26Ko>

<https://www.youtube.com/watch?v=DCMU4xEFSyU>

<https://www.youtube.com/watch?v=0TWpKR1wzjc>

<https://www.youtube.com/watch?v=ut-cCBINHmA&index=85&list=PLnbQh4j9gZkKZDd>

TU1xVdJZ8FQlvkJCWF

<https://www.youtube.com/watch?v=SfAl8EdQpbk&index=86&list=PLnbQh4j9gZkKZDd>

TU1xVdJZ8FQlvkJCWF

<https://www.youtube.com/watch?v=7eVVIYOUU4Q>

<https://www.youtube.com/watch?v=UllYH1369WU>

<https://www.youtube.com/watch?v=ntkaAbgB2OW>

§ 30. Каучуки, гума

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **навести приклади** синтетичних каучуків, установити причиново-наслідкові зв'язки між їхніми властивостями і застосуванням;
- **порівнювати** натуральний каучук із гумою і синтетичними каучуками;
- **аналізувати** їхній хімічний склад і **робити висновки** щодо придатності для використання.



Рис. 30.1. У риболовлі, щоб точно доправити прикорм до місця закидання вудки чи спінінга, використовують рогатку. Її металевий джгут виготовлено з вискоеластичного полімеру – каучуку

вель, зведених у Японії, оснащено буферами з *еластомерів*, що захищають від підземних поштовхів.

Зазвичай каучуки класифікують і називають за назвою мономерів, використаних для їхнього синтезу, або за характерною групою атомів у їхньому складі (рис. 30.2).

Каучуки – полімерні матеріали різноманітного складу та призначення. Ці високомолекулярні сполуки в певному температурному інтервалі виявляють *вискоеластичні* властивості, тобто здатність до великих оборотних деформацій (рис. 30.1).

Каучуки – пружні матеріали, які можна розтягнути до розмірів, що набагато перевищують їхню початкову довжину. Однак після зняття навантаження вони набувають вихідних розмірів. Цю властивість широко використовують у найрізноманітніших галузях суспільного господарства. Наприклад, фундаменти багатоповерхових будівель,



Проаналізуйте хімічні формули каучуків, наведені на рисунку 30.2, і поясніть, який саме із синтетичних поліізопренових каучуків за властивостями ідентичний натуральному. Чому?

Натуральний каучук добувають з *латексу*, молочного соку каучукового дерева гевеї (які ще рослини-каучуконоси вам відомі?). Латекс міститься в мережі дрібних судин під корою. Коли її видаляють, починає сочитися біла рідина (рис. 30.3.1).

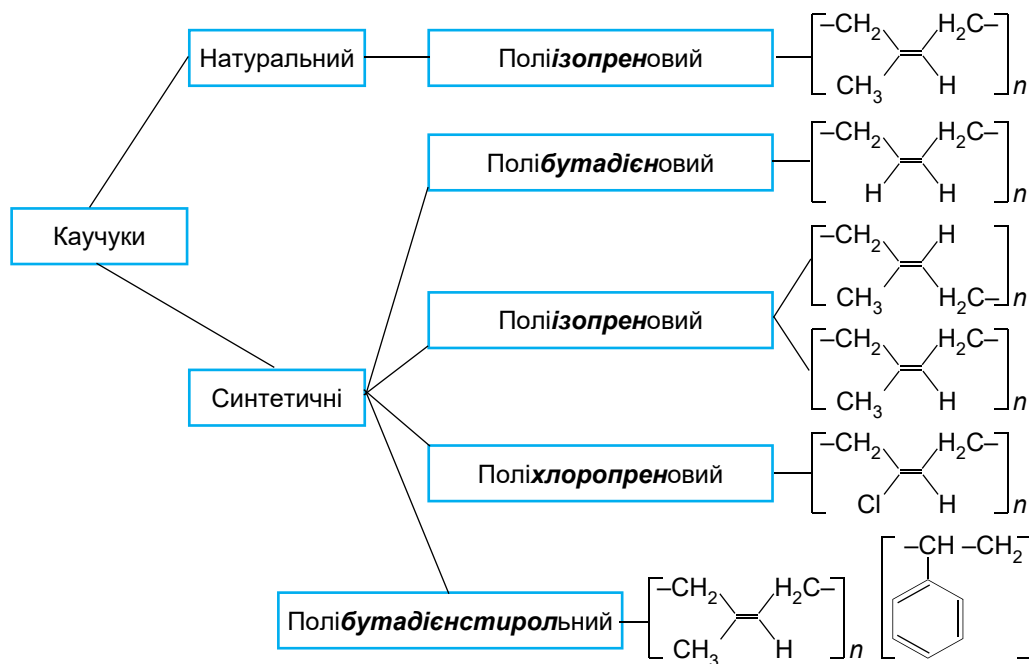


Рис. 30.2. Деякі з найуживаніших каучуків

Цікаво і пізнавально

Костюми таких відомих кіногероїв, як Бетмен, жінка-кішка (рис. 30.3.2), маска Фантомаса тощо, були зроблені з використанням саме рідкого натурального латексу. Ельфійські вуха, бутафорські шрами і багато чого іншого також виготовляють із цього матеріалу. (Поміркуйте й спробуйте пояснити, чому колір латексу, з якого виготовлено костюм, відрізняється від кольору соку гевеї. За потреби скористайтеся відомостями, наведеними в попередньому параграфі).

Унаслідок нагрівання латексу дрібні частинки каучуку, що містяться в ньому, злипаються й випадають в осад. Після промивання й витримання його над багаттям індіанці Південної Америки (у яких ще країнах поширені рослини-каучуконоси?) з давніх-давен отримували шматки каучуку. З них вони виготовляли посудини для води, непромокальні тканини, взуття й навіть яскраво розфарбовані кульки – дитячі іграшки.

Зі «світової комори» (чому саме так образно називають Південну Америку?) натуральний каучук потрапив до країн Європи. Однак виявилося, що під впливом кисню цей матеріал швидко «старіє», утрачає пружність. До того ж він є еластичним лише в досить вузькому температурному інтервалі. Тобто холодної пори виробу з каучуку тверднуть і розтріскуються, за під-



Рис. 30.3. 1. Добування латексу з природної сировини. 2. Натуральний латекс – зручний матеріал для креативних дизайнерів і художників

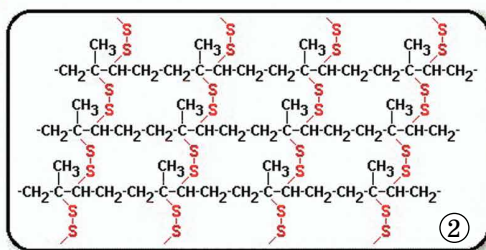


Рис. 30.4. 1. Сірка. 2. Гума – продукт вулканізації каучуку. Така структура зумовлює більшу міцність гуми порівняно з каучуком. До того ж гумові вироби зберігають еластичність у ширшому інтервалі температур

вищеної температури – розм'якшуються, перетворюючись на липку смердючу масу. Однак з винайденням *гуми* цю проблему було розв'язано.

Гума – продукт *вулканізації* каучуку. Під час нагрівання із сіркою макромолекули каучуку сполучаються одна з одною «містками» з атомів Сульфуру. Унаслідок вулканізації утворюється суцільна тримірна просторова сітка (рис. 30.4).

Цим винаходом людство зобов'язане Чарльзу Гудієру (рис. 30.5).

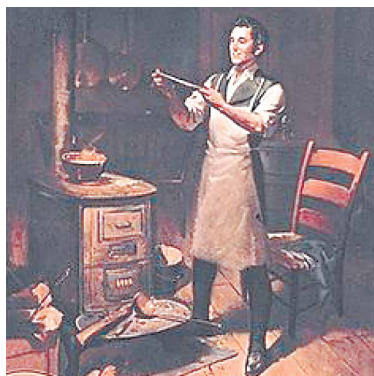


Рис. 30.5. 1. Гудієр Чарльз (1800–1860). Американський винахідник, відкрив спосіб вулканізації каучуку. Це відкриття уявило його, однак не сприяло поліпшенню матеріального становища. За борги Ч. Гудієра багаторазово засуджували до ув'язнення. Газети писали про нього; «Якщо ви побачите людину у взутті, пальті та капелюсі з гуми, але без гроша в кишені, знайте: перед вами – Чарльз Гудієр». Утім, у 1898 р. було засновано компанію «Goodyear Tire», продукція якої до сьогодні зберігає статус бренду у виробництві автомобільних шин.

2. Ч. Гудієр досліджує вулканізацію каучуку

За малого ступеня зшивання (масова частка Сульфуру до 5 %) утворюється м'який еластичний матеріал, що легко деформується з невеликою твердістю й міцністю, однак високою (до 500 %) здатністю до подовжування. Це м'яка гума. У гумі з високою твердістю й малою здатністю деформуватися вміст Сульфуру сягає 20 %. Відносно подовження такого матеріалу не перевищує 10 %. Донині гума є цінним матеріалом для виготовлення автомобільних покришок, різноманітних приводних ременів, транспортних стрічок і рукавів, амортизаторів, ущільнювальних прокладок, гнучкої ізоляції та багато чого іншого. Без гуми неможливо уявити функціонування суспільного господарства й повсякдення пересічної людини.

Зауважимо, що наразі гуму виготовляють здебільшого на основі *синтетичних каучуків*.

Синтетичні каучуки й гуми на їхній основі – гідні конкуренти свого натурального «собрата» і продуктів його вулканізації. Не применшуючи здобутків інших розробників, зауважимо: засновником першого у світі великомасштабного виробництва синтетичного каучуку є С.В. Лебедев (рис. 30.6).



①



②

Рис. 30.6. 1. Лебедев Сергій Васильович (1874–1934). Видатний російський хімік, академік. Основні роботи присвячені проблемам полімеризаційних процесів. Започаткував великомасштабне виробництво синтетичного каучуку. Ім'я С.В. Лебедева присвоєно НДІ синтетичного каучуку, у якому він працював. Російська академія наук з 1995 р. присуджує Премію імені С.В. Лебедева «За видатні роботи в галузі хімії і технології синтетичного каучуку та інших синтетичних полімерів». 2. Картина, яку написала дружина науковця А.П. Остроумова-Лебедева, «С.В. Лебедев у своєму кабінеті»

Цікаво і пізнавально

Використання каталізаторів Циглера – Натта дає змогу добути каучук, практично ідентичний натуральному. Карл Циглер (Німеччина) і Джуліо Натта (Італія) одержали Нобелівську премію з хімії (1963) за винайдення каталізатора для синтезу полімерів наперед заданої будови.

Синтетичні каучуки мають низку переваг. Наприклад, рукавички з натурального латексу спричиняють алергію в багатьох людей, які регулярно використовують їх у професійній діяльності. Алергічна реакція зазвичай зумовлена протеїнами, що містяться в матеріалі природного походження. Ризик виникнення алергії стає мінімальним, якщо використовувати рукавички із синтетичного каучуку.

Для модифікування споживчих властивостей каучуків широко використовують *співполімеризацію* за участі двох мономерів. Її продукт складається з елементарних ланок двох різних типів. Таким співполімером є полібутадієнстирольний каучук (див. рис. 30.2).

Каучуки загального і спеціального призначення. Ця класифікація (рис. 30.7) зумовлена галузями їхнього застосування.

Каучуки загального призначення мають комплекс властивостей, що зумовлює їхнє використання для виробництва широкого кола споживчої продукції. Ці каучуки мають високу еластичність за звичайних температур. Тож з них виготовляють шини, транспортерні стрічки, взуття тощо.

Властивості каучуків спеціального призначення забезпечують «працездатність» виробів з них у специфічних, часто екстремальних умовах. Такі матеріали стійкі до дії розчинників, технічних олив, кисню, озону, зберігають високу еластичність у широкому діапазоні температур.

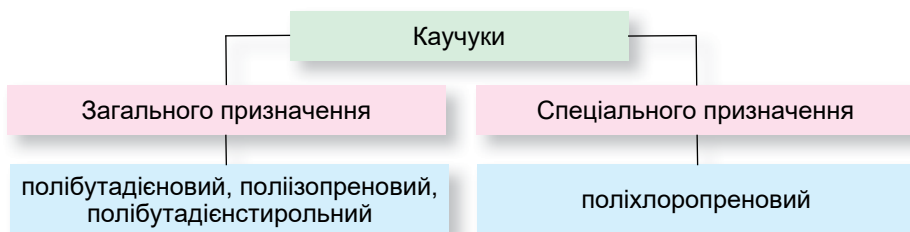


Рис. 30.7. Приклади синтетичних каучуків загального і спеціального призначення

Без синтетичних каучуків і загального, і спеціального призначення не було б сучасної автомобільної промисловості. Їх використовують для виготовлення шин, ущільнювачів дверцят, багажників і вікон, зубчастих ременів і шлангів. Завдяки цим матеріалам автомобілі стали такими швидкісними, потужними й надійними.

Сучасний нафтовидобуток не існував би без високоякісних синтетичних каучуків спеціального призначення. Вони стійкі до впливу нафти, газів і агресивних бурильних рідин, витримують високі температури на глибині 5000 метрів і більше, зазнають мінімального зношування внаслідок впливу дрібних частинок скельних порід – так званої свердлильної стружки. Тому їх використовують у муфтах бурильних систем.

Цікаво і пізнавально

Композиційні матеріали на основі еластомерів широко застосовують у всіх сферах народногосподарського комплексу України. Творчі колективи державних підприємств НДІ «Ластик» (Київ) і «Кремнійполімер» (Запоріжжя) уперше створили вітчизняний силосановий каучук. Його унікальні властивості (високі діелектричні показники, біологічна інертність, термостійкість, довговічність, висока міцність тощо) визначили пріоритетність розвитку цього напрямку. Науковці розробляють силосанові герметики, які тверднуть без енерговитрат, для герметизації промислових, житлових будівель і споруд, а також транспортних засобів. Розроблені й синтезовані спільно з Інститутом органічної хімії НАН України рідкі комплексні стабілізатори успішно впроваджені в композиційні пластизольні матеріали для виробництва медичних виробів.

Звісно, ці приклади – лише мала частка безмежно широкого спектра застосування каучуків (рис. 30.8).

ПРО ГОЛОВНЕ

- Каучуки – еластичні полімерні матеріали різноманітного складу й призначення.
- Каучуки класифікують і називають за назвою мономерів, використаних для їхнього синтезу, або за характерною групою атомів у їхньому складі.
- Гума – продукт вулканізації каучуку.
- Каучуки загального призначення мають комплекс властивостей, що зумовлює їхнє використання для виробництва широкого кола споживчої продукції.
- Каучуки спеціального призначення стійкі до дії розчинників, технічних масел, кисню, озону, зберігають високу еластичність у широкому діапазоні температур.



Перевірте себе

1. Що таке каучук? 2. За якими ознаками класифікують каучуки? 3. Що таке гума?
4. Де застосовують каучуки: а) загального призначення; б) спеціального призначення?



Рис. 30.8. Застосування каучуків і гуми



Застосуйте свої знання й уміння

5. Порівняйте властивості: а) натурального каучуку й гуми; б) каучуків загального та спеціального призначення. Які їхні спільні й відмінні риси? 6. Дізнайтеся, чи є у вашому регіоні підприємства, що виробляють каучуки й гуми. Підготуйте стисле повідомлення про сировину, яку вони використовують, і їхню продукцію. 7. Поясніть, як використовують каучуки для запобігання інфікуванню ВІЛ (вірусом імунодефіциту людини). 8. Проаналізуйте цитату з твору уродженця м. Ірпеня (Київська обл.) Миколи Носова «Пригоди Незнайка і його друзів»: «Коротуни вміли добувати гуму. У їхньому місті росли квіти на кшталт фікусів. Якщо на стеблі такої квітки зробити надріз, то з нього починає витікати білий сік. Цей сік поступово гусне і перетворюється на гуму, з якої можна робити м'ячі та калоші». Де закінчується фантастика й починається реальність? Обґрунтуйте свою відповідь.



Творча майстерня

9. Самостійно або у складі малої навчальної групи створіть реальну чи віртуальну колекцію каучуків і гуми, які ви використовуєте в повсякденному житті.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=r1SdbQJIGgM>
https://www.youtube.com/watch?v=sQiVmlTLN_o
<https://www.youtube.com/watch?v=mW-EPz2VtHQ>
<https://www.youtube.com/watch?v=AkHKJpDTAkQ>
<https://www.youtube.com/watch?v=ouWRykqGKaM>

§ 31. Синтетичні волокна: фізичні властивості та застосування

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- **навести приклади** синтетичних волокон;
- **установити** причиново-наслідкові зв'язки між їхніми властивостями і застосуванням, **порівнювати** природні та синтетичні волокна;
- **аналізувати** їхній хімічний склад і **робити висновок** щодо придатності для використання.

Волокна – матеріали, що складаються з непрядених ниток або довгих тонких відрізків нитки. Це гнучкі утворення з дуже малим (порівняно з

довжиною) поперечним перерізом. З курсу хімії основної школи ви вже знаєте, яка природа бавовняних і лляних волокон, а також вовни й шовку (рис. 31.1). Це приклади *натуральних* волокон.



Рис. 31.1. Природні волокна та вироби з них. Вовна (1) і натуральний шовк (2) – поліаміди. Традиційно в Україні вишиванки та рушники виготовляли з домотканних тканин на основі лляних і конопляних волокон (3)

? Яка речовина є основою тканин, дров і дерев'яних елементів інтер'єру, зображених на фрагменті 3 рис. 31.1? До якого класу органічних сполук вона належить?

Інша велика група волокнистих матеріалів – *рукотворні* волокна, які поділяють на *штучні* та *синтетичні*.

? Які волокна, на вашу думку, є штучними? Щоб відповісти на це запитання, пригадайте навчальний матеріал з попередніх параграфів.

Синтетичні волокна виробляють з полімерів переважно прядінням з розплаву. За цією технологією добувають волокна з поліаміду (капрон, найлон), поліестерів, поліетилену, поліпропілену тощо (рис. 31.2).



Рис. 31.2. Вироби із синтетичних волокон. 1. І декоративну квітку, і метеликів, і рятівний жилет виготовлено з капрону. 2. Поліестер: нитки та верхній одяг. 3. Ялинку, глицю якої виготовлено з розпушеної полівінілхлоридної ниті, не відрізнити від справжньої. 4. Поліпропіленове волокно у складі шкарпеток – запорука сухості та комфорту

Пересвідчіться за рисунком 31.3, що і в лабораторних умовах з розплаву капрону (поліаміду) можна витягнути довгезелзну нитку.



Рис. 31.3. Витягування ниток зі смоли капрону

Спочатку полімер розплавляють, потім фільтрують, щоб видалити забруднення. Після цього з розплаву під високим тиском формують нитку. Волокна, що утворилися, унаслідок охолодження застигають. Їх змотують, витягують, аби збільшити міцність і знизити розтяжність. Окремі нитки об'єднують у джгут і витягують за підвищеної температури. Унаслідок цього волокна набувають звивистості. Потому волокно нарізають на так званий *штапель*¹ потрібної довжини.

Цікаво і пізнавально

М.В. Цебенко (рис. 31.4) провела фундаментальні дослідження, що вперше у світі дали змогу розробити наукові основи добування ультратонких синтетичних волокон і запропонувати принципово нову технологію виробництва тонковолокнистих фільтрів для прецизійної очистки рідинних і газових середовищ, питної води. У 2006 році Всесвітня організація інтелектуальної власності нагородила її медаллю й сертифікатом за найкращий жіночий винахід року. Американський біографічний інститут присвоїв Марії Цебенко почесні звання «Провідна інтелектуалка світу», «Жінка року», «Велика Жінка XXI ст.», визнав однією з 500 найбільших геніїв і генійок XXI ст., а 2010 року нагородив Золотою медаллю Нобелівської відзнаки (одна з 50 людей на землі).



Рис. 31.4. Цебенко Марія Василівна (нар. 1940), докторка хімічних наук, професорка кафедри технології полімерів і хімічних волокон Київського національного університету технології та дизайну, академія України, заслужена діячка науки і техніки України, відмінниця освіти України, лауреатка Державної премії України в галузі науки і техніки

 Оцініть переваги і недоліки синтетичних волокон (принаймні деяких їхніх представників), зумовленість застосування волокон їхніми властивостями.

Цікаво і пізнавально

Кевлар (англ. Kevlar®) – торгова назва арамідів (рис. 31.5.1), синтетичного волокна, у п'ятеро міцнішого за сталь. Уперше кевлар синтезовано групою Стефані Кволек (рис. 31.5.2) у 1964 р. в американській компанії DuPont, технологія виробництва розроблена цією самою компанією в 1965 р., з початку 1970-х розпочато його комерційне застосування.

¹ Штапельне волокно (від нім. *Stapel* – стос, купа) – елементарне текстильне волокно обмеженої довжини, зазвичай не довше за 40–45 мм.

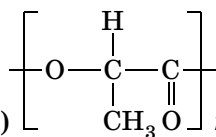


Рис. 31.5. 1. Кевлар і вироби з нього. 2. Кволек Стефані Луїза (1923–2014) – американська хімікня польського походження, винахідниця кевлару. Здобула безліч нагород за роботи в галузі хімії полімерів. За 40 років роботи вченою-дослідницею одержала близько 30 патентів. У 1995 р. стала четвертою жінкою, прийнятою у Національний зал слави винахідників. У 1996 р. її нагороджено Національною медаллю США за технології, а 2003 р. – прийнято до Національного зала слави жінок США. У 1980 р. отримала нагороду від Американського хімічного товариства за «Творчий винахід», а у 1997 р. від нього ж – медаль Перкіна. Після виходу на пенсію пані Кволек навчала хімії старшокласників і заохочувала молодих жінок до занять наукою

? Проаналізуйте будову молекул кевлару (рис. 31.5). У який спосіб, на вашу думку, його добувають: полімеризацією чи поліконденсацією? Який зв'язок сполучає структури ланки цього полімеру?

Волокна майбутнього. Про минуле і сьогодення кевлару ви вже знаєте. Однак наука і технології безупинно рухаються вперед. Кілька років тому в Техаському університеті у Далласі (США) розроблено новий матеріал, який може розтягуватися в сім разів і залишатися при цьому міцнішим за кевлар.

Неабиякого значення набуло *полілактидне* волокно, одержуване *біохі-*



мічним синтезом. Полілактид (PLA) – перспективний *біорозкладаний* полімер для виробництва волокон, плівок і пластиків. Сировина для його синтезу – молочна кислота – досить поширена речовина (*пригадайте, вона утворюється внаслідок молочнокислого бродіння рослинної сировини*). Механічні характеристики полілактиду не гірші, ніж у поліпропілену й поліамідних волокон. Біосинтетичне виробництво полілактиду, а також волокон і плівок з нього не лише потребує менше енергії, а й зменшує викиди вуглекислого газу (*пригадайте, яку екологічну проблему вони спричиняють*).

Цікаво і пізнавально

Полілактид – ідеальний матеріал для 3D-друку прототипів і виробів, які не передбачено експлуатувати тривалий час. Це можуть бути декоративні об'єкти, вироби для презентацій і предмети, що потребують ретельного деталізування.

? Поясніть, чому термін експлуатації виробів з полілактиду обмежений.

Звісно, ці приклади – лише мала частка безмежно широкого спектра волокон і галузей їхнього застосування.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Волокна – матеріали, що складаються з неспрядених ниток або довгих тонких відрізків нитки. Це гнучкі утворення з дуже малим (порівняно з довжиною) поперечним перерізом.
- Основою бавовняних і лляних волокон є целюлоза, вовни і натурально-го шовку – речовини білкової природи.
- Штучні волокна – продукти хімічної переробки природних волокон.
- Синтетичні волокна виробляють з полімерів переважно прядінням з розплаву.
- Волокна майбутнього, одержувані шляхом біохімічного синтезу, – новітні матеріали з унікальними споживчими властивостями.



Перевірте себе

1. Що таке волокна? 2. Що є основою лляних і бавовняних волокон? Вовни і натурального шовку? 3. У чому полягає відмінність між штучними і синтетичними волокнами? 4. Які переваги і недоліки полілактиду як біорозкладаного матеріалу?



Застосуйте свої знання й уміння

5. Порівняйте гігієнічні властивості одягу, виготовленого з тканин на основі природних, штучних і синтетичних волокон, зазначте його переваги й недоліки. 6. Спрогнозуйте зміни, що відбудуться, якщо нанести кілька крапель концентрованої нітратної кислоти на клаптики тканини: а) вовняної; б) з натурального шовку. 7. Порівняйте склад і будову молекул кевлару, капрону й найлону. Як ви вважаєте, які особливості складу молекул кевлару порівняно з капроном і найлоном зумовили його високу термостійкість? 8. Проаналізуйте будову молекул кевлару й висловіть припущення, які зв'язки є між ними. З огляду на це поясніть, чому міцність кевлару під дією води зменшується.



Творча майстерня

9. Самостійно або в складі малої навчальної групи створіть реальну чи віртуальну колекцію волокон, які ви використовуєте в повсякденному житті. 10. Дізнайтеся, що таке наноцелюлоза, і підготуйте стисле повідомлення про неї для учнівства 10 класу.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=KHxVf0SaJpA>

<https://www.youtube.com/watch?v=L1pepaAdkWA>

<https://www.youtube.com/watch?v=bizSWjzi4jg>

<https://www.youtube.com/watch?v=XDjjs225lCw>

§ 32. Уплив полімерних матеріалів на здоров'я людини та довкілля. Проблеми утилізації полімерів і пластмас у контексті сталого розвитку суспільства

Після опрацювання параграфу ви зможете:

- **дотримуватися** правил безпечного поводження із синтетичними матеріалами.

Синтетичні полімерні матеріали стали невід'ємною частиною нашого життя (наведіть приклади, щоб підтвердити або спростувати це твердження). Що ми знаємо про них? Як використовуємо? Що робимо з ними після використання? Які наслідки цього? Численні сайти рясніють ствер-



Рис. 32.1. «Сортуй заради майбутнього!»
Громадський екологічний проект «Україна без сміття», який започаткували Вікторія Норенко та Євгенія Аратовська, спрямовано на сортування та повне перероблення відходів. Він має на меті поліпшити стан навколишнього середовища через залучення громад до сортування сміття

«Пластмаса шкідлива для здоров'я людини?», «Пластмаса: сортуй правильно!», «Пластик – користь чи шкода?», «Пластик і його вплив на здоров'я сучасних споживачів», «Переробка пластику: не тільки прибуток, але й користь», «Скільки пластику вироблено за останні півстоліття: дані, які шокують», «Пластмаса, куплю пластмасу, куплю відходи пластмаси», «Пластмаси незамінні в сучасному будівництві (медицині, сільському господарстві, електроніці, електротехніці, машинобудуванні тощо)», «Пластик для 3D-принтера від виробника: купи вигідно», «Чи шкідливі випари від друку на 3D-принтері?», «Помста природи: уся морська сіль у світі забруднена пластиком» тощо. Та чи не забагато уваги приділено пластику?

Ви вже достатньо обізнані, щоб зрозуміти самим і донести до інших думку американського професора Рольфа Хальдена: «Ми перебуваємо в критичній точці, і ми не можемо робити таке й далі. Якщо ми розумні, то почнемо пошук альтернативних матеріалів, щоб уникнути важкої помилки: користуватися річчю хвилину й залишити її на Землі на 10 000 років».

Вихід є! Розв'язання проблеми пластикових відходів залежить від кожного з нас. Візьмімо за правило сортувати вдома сміття, щоб не шкодити собі та довкіллю (рис. 32.1).

Також під час купівлі товарів кожному потрібно усвідомити, наскільки важливо для збереження довкілля:

- надавати перевагу продуктам багаторазового використання;
- уникати непотрібної упаковки – купувати товари в легкій упаковці та товари, що продають великими упаковками;
- надавати перевагу упаковці, яку можна повторно переробляти й використовувати, та упаковці, виготовленій з удруге перероблених і/або екологічно чистих матеріалів.

Цікаво і пізнавально

Марі Елен Крото – французька малярка, головна мета творчості якої – змусити людей подивитися на ті або ті речі під новим, несподіваним кутом. Створенням автопортрета з пластикових кришок вона хотіла привернути увагу громадськості до того, яку кількість пластику люди залишають не переробленою після використання (рис. 32.2).



Рис. 32.2. Марі Елен Крото (нар. 1950) – мисткиня, агітаторка й небайдужа до соціальних та екологічних проблем людина. Живе і працює в Чикаго, штат Іллінойс, США

Спалювання пластикових відходів, полімерних матеріалів, гуми становить особливу небезпеку для навколишнього середовища та здоров'я людей. Адже в продуктах згоряння міститься не менше як 75 високотоксичних і канцерогенних речовин, зокрема карбон(II) оксид, гідроген ціанід, гідроген хлорид, акролеїн (його різкий їдкий запах ви відчуваєте, коли пригоряє олія на пательні), оксиди Нітрогену, низка аліфатичних і ароматичних вуглеводнів тощо. Навіть нагрівання багатьох пластмас також призводить до виділення небезпечних речовин.

Цікаво і пізнавально

Українська компанія «Тру Еко» розробила технологію, яка дає змогу виробляти дешеве автомобільне паливо з пластикових відходів. Також відходи можуть бути використані як сировина для виробництва інших корисних продуктів. Тепер в Україні з усього сміття, яке потрапляє на полігони і стихійні звалища, може бути перероблено лише 5 %. Цю цифру можна збільшити до 50–90 % передусім за рахунок перетворення на дизельне паливо, бензин і газ тих відходів, які наразі взагалі не становлять комерційного інтересу й потрапляють винятково на звалища – пластикові пакети будь-яких видів, упаковка від харчових продуктів, пінопласт, відходи клейкої стрічки тощо.

Пам'ятаймо, проблему утилізування синтетичних полімерів і матеріалів на їхній основі можна розв'язати. Долучаймося до цього, щоб розвиток людства став сталим.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Синтетичні полімерні матеріали – невід'ємна частина життя сучасної людини.
- Забруднення довкілля пластиком непотребом – глобальна проблема.
- Розв'язання проблеми пластикових відходів залежить від кожного з нас.
- Спалювання пластикових відходів, полімерних матеріалів, гуми становить особливу небезпеку для довкілля та здоров'я людей.
- Проблема утилізування синтетичних полімерів і матеріалів на їхній основі розв'язна.



Перевірте себе

1. Яке значення синтетичних полімерних матеріалів у житті людини? 2. Як впливають полімерні матеріали на здоров'я людини і довкілля? 3. У чому суть проблеми утилізування полімерних матеріалів?



Застосуйте свої знання й уміння

4. Нестійкість до сонячної радіації, особливо УФ-випромінювання, – один з експлуатаційних недоліків поліетилену. Поясніть, для чого у деякі види поліетилену спеціально добавляють речовини, які пришвидшують його розкладання під дією світла. 5. Надії та Олександру доручено разом з однокласниками й однокласницями написати сценарій і поставити за ним агітаційну п'єсу екологічного спрямування. Матеріалом для виготовлення сценічних костюмів вони вибрали різноманітні поліетиленові пакети. Поясніть, які властивості поліетилену зумовили такий вибір. Назвіть властивості цього полімеру, що обмежують його застосування як матеріалу для одягу щоденного вжитку. 6. Назвіть прості щоденні дії, які має виконувати кожна цивілізована людина, щоб зменшити забруднення довкілля відходами поліетилену та інших пластмас. 7. Проаналізуйте інформацію, наведену в уривку зі статті одного з інтернет-видань: «У 2016 році вдалося виділити штам бактерій *Ideonella sakaiensis* 201-F6, який здатний гідролізувати пластик за допомогою спеціальних ферментів. Важливо, що організми не лише руйнують полімер, а й використовують його для отримання енергії. Пік потому дослідницька група з Європи виявила, що личинки метелика *Galleria Mellonella*, також відо-

мого як воскова міль, здатні руйнувати пластик, з якого роблять пакети та інші продукти на основі поліетилену. Співавторка дослідження Федеріка Берточчіні з Національної дослідницької ради Іспанії є бджоляркою-аматоркою. Подальше дослідження цього процесу науковою спільнотою сприятиме розробленню нової технології утилізування пластикових відходів». Перевірте її достовірність та оцініть значення описаних у статті відкриттів для сталого розвитку людства. 8. Де саме ви б поставили кому в твердженні щодо пластикових відходів: *спалювати не можна переробляти*? Поясніть чому. 9. Запропонуйте ідею добування екологічно чистої енергії з пластикових відходів і обґрунтуйте її слушність. 10. Поясніть, що таке біодеградація синтетичних полімерів. Ви вважаєте це явище корисним чи шкідливим? Поясніть чому. 11. Біодеградація чи рециклізація? Порівняйте переваги та недоліки кожного способу утилізування синтетичних високомолекулярних сполук. 12. Уявіть себе керівником або керівницею корпорації (сферу її діяльності виберіть на власний розсуд). Розробіть корпоративну стратегію зі зменшення забруднення довкілля пластиком унаслідок виробничої діяльності.



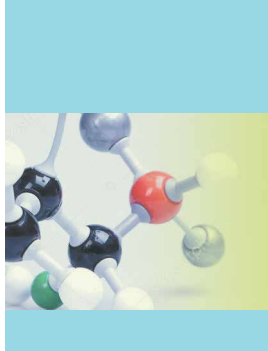
Творча майстерня

13. Організуйте й проведіть екологічний ярмарок «Друге життя непотребу». 14. Виконайте замість Надії та Олександра доручення, про яке йшлося в завданні 5.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=aFUHLtaTazQ>
<https://www.youtube.com/watch?v=FjT8GG0ETQg>
<https://www.youtube.com/watch?v=PrGqKaicg6Q>
<https://www.youtube.com/watch?v=72fCdXGbsDo>
https://www.youtube.com/watch?v=UqlvDjKyx_Q



Тема 6. Багатоманітність органічних речовин та зв'язки між їхніми класами

§ 33. Зв'язки між класами органічних речовин

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **пояснювати** причини багатоманітності органічних речовин;
- **наводити приклади** гомологів та ізомерів; сполук із простими і кратними зв'язками; сполук з різними характеристичними (функціональними) групами;
- **розрізняти** органічні сполуки за належністю до відповідних гомологічних рядів;
- **складати** рівняння реакцій, які характеризують генетичні зв'язки органічних сполук;
- **установлювати** зв'язки між класами органічних сполук;
- **використовувати** знання про органічні сполуки для пояснення їхньої різноманітності.

Причини багатоманітності органічних речовин вам уже відомі: 1) явище гомології, зумовлене здатністю атомів Карбону з'єднуватися в ланцюги різної довжини; 2) явище ізомерії – існування речовин з однаковою молекулярною формулою, але різною будовою та властивостями.



Наведіть кілька прикладів: а) гомологічних рядів і їхніх представників; б) ізомерів.

Також ви знаєте, що природу речовини, тобто її належність до певного класу органічних сполук, визначають атоми чи атомні групи, які називають *характеристичними*. Саме вони зумовлюють найхарактерніші хімічні властивості представників кожного класу органічних речовин.



Наведіть приклади органічних сполук з різними характеристичними групами.

Генетичні зв'язки між класами органічних речовин. Знання хімії функціональних груп, можливих шляхів їхньої заміни на інші та умов, за яких ці заміни відбуваються, дає змогу переходити від порівняно простих органічних сполук до складніших. На цьому ґрунтуються наукові засади органічного синтезу. Роалд Гофман (рис. 33.1), корифей науки і мистецтва хімічного синтезу зазначав: «Я хочу заспівати хвалу створенню молекул – хімічному синтезу... Я глибоко переконаний, що він і є мистецтво. І водночас синтез – це логіка».

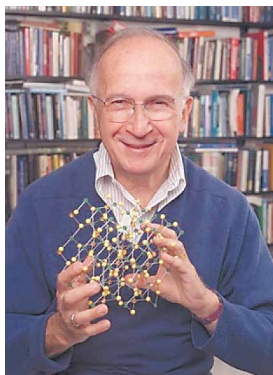
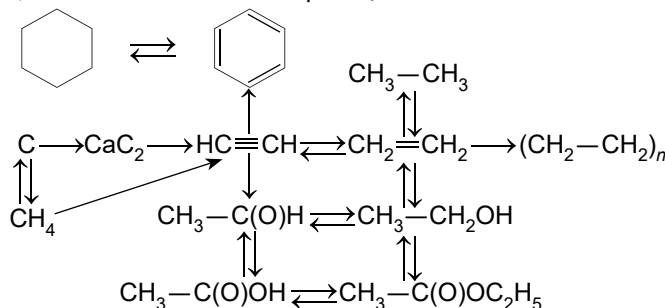


Рис. 33.1. Гофман Роалд (нар. 1937) – американський хімік (органічна та квантова хімія), поет, драматург і філософ українського єврейського походження. Лауреат Нобелівської премії (1981, разом із К. Фукуї) – «за розроблення теорії перебігу хімічних реакцій», що значно розширює можливості для планування хімічних експериментів. У 2013 р. був поміж інтелектуалів, які підписали звернення світової академічної спільноти на підтримку українського Євромайдану

Тож застосуйте знання про хімічні властивості органічних сполук вивчених класів, способи добування їх і логіку, щоб продемонструвати, як ви оволоділи мистецтвом здійснення перетворень від неорганічних речовин до найпростіших представників вуглеводнів, а від них – до речовин інших класів органічних сполук, зокрема й високомолекулярних.



1. Складіть хімічні рівняння за схемами перетворень, назвіть і класифікуйте реагенти і продукти, зазначте типи хімічних реакцій:



2. Наведіть приклади перетворень: а) низькомолекулярних органічних речовин на високомолекулярні методом поліконденсації; б) високомолекулярних органічних сполук на низькомолекулярні методом гідролізу.

Виконавши завдання, ви пересвідчилися, що класи органічних сполук генетично пов'язані між собою, речовини певного класу органічних сполук можна добути з речовин інших класів органічним синтезом, можливості якого практично безмежні. Більше підтверджень цьому ви дістанете під час опрацювання завершальних параграфів підручника.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Різноманітність органічних речовин зумовлена явищами гомології та ізомерії.
- Органічні речовини різних класів генетично пов'язані. Це свідчить про єдність матеріального світу.



Перевірте себе

1. Що таке гомологія? Ізомерія? 2. Чи можна з неорганічних речовин добути органічні і навпаки? Наведіть приклади. 3. У чому полягає генетичний зв'язок між класами органічних речовин?

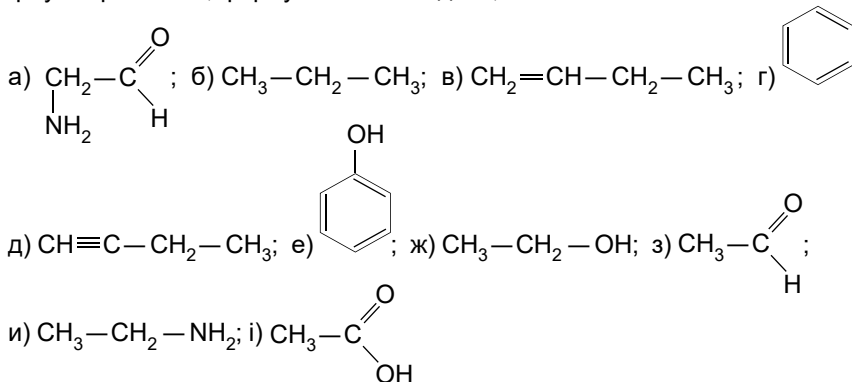


Застосуйте свої знання й уміння

4. Складіть формули всіх структурних ізомерів: а) вуглеводнів складу C_4H_6 ; б) карбонових кислот і естерів складу $C_4H_8O_2$. Назвіть речовини за систематичною номенклатурою. 5. Здійсніть перетворення за схемою:



Складіть відповідні хімічні рівняння, зазначте умови перебігу реакцій. 6. Складіть рівняння реакцій добування послідовними перетвореннями: а) з вуглецю – магній етаноату; б) з крохмалю – 1,2-дихлороетану; в) з метанолу – метанової кислоти і метилметаноату; г) з етанолу – 1,2-дихлороетану; д) з метану – бромобензену, циклогексану; ж) з метилетаноату – метанолу, метанової та етанової кислоти; з) із целюлози – етилетаноату. 7. Класифікуйте речовини, формули яких наведено, і назвіть їх за систематичною номенклатурою:



Визначте, чи є поміж них біфункціональні сполуки



Творча майстерня

8. Складіть сенкан «Генетичний зв'язок».



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=h6ois1pem5s>

§ 34. Загальні поняття про біологічно активні речовини

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **наводити приклади** природних та синтетичних біологічно активних речовин;
- **оцінювати** значення біологічно активних речовин для організму людини.

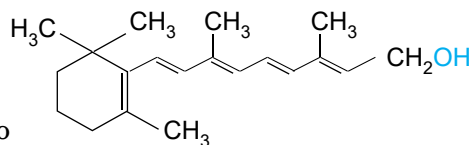
Біологічно активні речовини – органічні сполуки, здатні впливати на біологічні процеси в організмі. Біологічну активність, зокрема, виявляють вітаміни та ферменти.

Вітаміни (від лат. *vita* – життя) – група низькомолекулярних органічних сполук порівняно простої будови й різноманітної хімічної природи. Вони є *біорегуляторами*, які в невеликих кількостях необхідні для нормальної життєдіяльності людини. Вітаміни мають надходити з їжею, оскільки організм не може¹ задовольнити свої потреби в них за допомогою *біосинтезу*.

Цікаво і пізнавально

Термін «вітамін» запропонував у 1912 р. польський біохімік К. Функ, після того як виділив з концентрату рисових висівок потрібну для життєдіяльності речовину, що виявилась аміном (вітамін B_1). Також К. Функ уперше використав поняття «авітаміноз».

¹ Біосинтез низки вітамінів відбувається в організмі людини, однак лише внаслідок дії зовнішніх чинників, наприклад ультрафіолетового опромінення (вітаміни групи D), або з деяких попередників (провітамінів), одержуваних з їжею (наприклад, вітамін А організм синтезує з каротинів).



Вітамін А – ретинол, формула якого



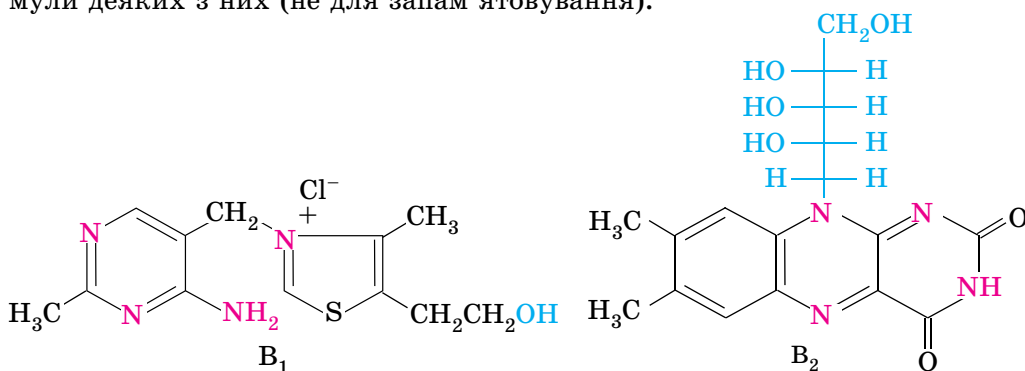
1. Проаналізуйте формулу ретинолу і поясніть з огляду на попередньо здобуті знання: яка природа цієї речовини; чому ретинол належить до жиророзчинних вітамінів попри те, що в його молекулі є гідроксильна група. 2. Спрогнозуйте, чи реагуватиме ретинол із: а) натрієм; б) бромною водою; в) воднем. Чи вступатиме він у реакцію естерифікації? Чому? 3. Одну з головних ролей у зорових процесах відіграє продукт окиснення ретинолу, який є альдегідом. Складіть його структурну формулу, спрогнозуйте хімічні властивості. Свій прогноз підтвердіть хімічними рівняннями. 4. Продукт окиснення ретинолу в печінці – ретиноева кислота – є фактором росту. Її використовують для лікування вугрів, фолікулярного кератозу¹, фотостаріння² шкіри, гострого промієлоцитарного лейкозу тощо. Складіть її структурну формулу і спрогнозуйте хімічні властивості.

Ретинол у формі естерів міститься переважно у тваринних продуктах, найбільше його в печінці морських тварин і риб. У свіжих овочах і фруктах є провітаміни А – каротини³ (рис. 34.1). У печінці та слизовій оболонці кишечника вони перетворюються на ретинол. Нестача ретинолу (або його провітамінів) у їжі особливо небезпечна для немовлят, бо новонароджені не мають відповідного запасу цього вітаміну. У дорослих ретинол накопичується в печінці, що забезпечує потреби організму щонайменш два роки. За нестачі вітаміну А передусім знижується гострота зору, рогівка ока стає сухою, порушується темнова адаптація – виникає нічна (куряча) сліпота. У молодих організмів, що ростуть, відбувається також зупинка росту, особливо кісток, перероджуються епітеліальні клітини («жаб'яча шкіра»), клітини надниркових залоз, епітелію сім'яників, нервової системи тощо.



Рис. 34.1. Харчові продукти – джерела ретинолу

Комплекс вітамінів В складається з водорозчинних вітамінів. Ось формули деяких з них (не для запам'ятовування).



¹ Ороговіння шкіри.

² Передчасне старіння шкіри, спричинене впливом ультрафіолетових променів, зокрема внаслідок зловживання природним або штучним засмаганням.

³ Від лат. *daucus carota* – морква.



Проаналізуйте структурну формулу вітаміну С. Поясніть його водорозчинність. Чи можна віднести аскорбінову кислоту до карбонових кислот?

Його назва походить від латинського слова «*scorbutus*» – цинга. Саме із цим захворюванням пов'язана історія відкриття вітаміну С.

Цікаво і пізнавально

За часів мандрівників Васко да Гама, Магеллана і Кука під час тривалих плавань моряки хворіли на цингу, наслідки якої часто були фатальними. Адже це захворювання призводить до патології сполучної тканини, унаслідок чого вона втрачає свою міцність. Симптоми захворювання такі: рухливість зубів, болі в кінцівках, підвищена схильність до кровотеч тощо. Моряків урятувала спостережливість: вони запозичили в індіанських племен звичку пити водний екстракт соснової хвої, який усував нестачу вітаміну С в організмі. У середині XVIII ст., 1747 року, головний лікар Лондонського морського госпіталю Джеймс Лінд у пошуках протицинготних засобів виявив, що запобігти прогресуванню хвороби можна введенням у добовий раціон цитрусових – апельсинів і лимонів.

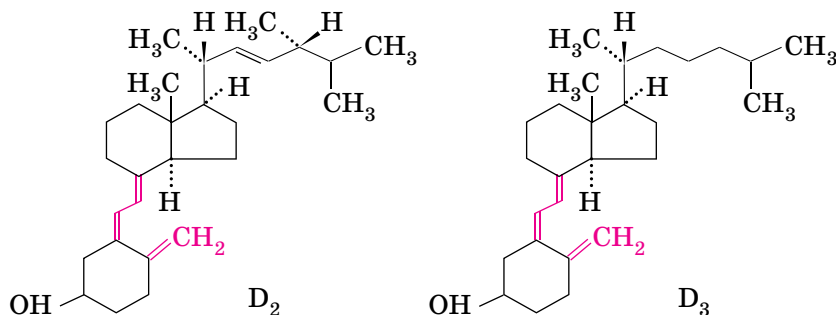
Аскорбінова кислота потрібна для нормального функціонування сполучної та кісткової тканини. Вона є антиоксидантом¹. Згідно з дослідженням, проведеним у Салфордському університеті в Манчестері й опублікованим 2017 р., аскорбінова кислота порушує метаболізм ракових клітин і зупиняє їхній ріст². Аскорбінова кислота і аскорбати Натрію, Калію і Кальцію використовують у харчовій промисловості як антиоксиданти Е 300 – Е 305 для запобігання окисненню харчових продуктів.



Рис. 34.3. Харчові продукти, які містять аскорбінову кислоту

Головні природні джерела вітаміну С – свіжі овочі та фрукти (рис. 34.3). Тваринним продуктом зі значним умістом вітаміну С є молоко, також він міститься в печінці. Більшість тварин можуть біосинтезувати аскорбінову кислоту. Винятком є лише деякі птахи, морські свинки, мавпи і людина. У промисловості аскорбінову кислоту добувають хімічним синтезом.

Вітаміни групи D – жиророзчинні вітаміни, які регулюють засвоєння Кальцію і фосфатів з кишечника та сприяють утворенню кісткових тканин. Їхні структурні формули такі:



Проаналізуйте структурні формули вітамінів D₂ і D₃. Поясніть, чому вони жиророзчинні попри те, що в їхніх молекулах є гідроксильна група. Спрогнозуйте, чи реагуватимуть ці сполуки з: а) бромною водою; б) воднем.

¹ Речовина, що сповільнює чи припиняє окиснення.

² <http://www.oncotarget.com/index.php?journal=oncotarget&page=article&op=view&path%5B0%5D=15400&path%5B1%5D=49203>



Рис. 34.4. Харчові продукти, що містять вітаміни групи D

Вітамін D₃ синтезується під дією ультрафіолетових променів у шкірі і надходить в організм людини з їжею. Вітамін D₂ може надходити лише з їжею. За нестачі вітамінів групи D у дітей з'являються ознаки рахіту. У дорослих (особливо у вагітних), які мало перебувають на сонці, не вживають достатньо повноцінної їжі, кісткова тканина втрачає Кальцій і кістки розм'якшуються – виникає остеопороз. Щоб запобігти цим явищам, потрібно вживати продукти, багаті на вітаміни D (рис. 34.4).

Зверніть увагу: надлишок вітамінів так само небезпечний, як і нестача. Пригадавши з курсу біології значення термінів *авітаміноз* і *гіпервітаміноз*, ви зможете самостійно пояснити, чому саме.

Фрагменти молекул деяких вітамінів є складниками речовин, які впливають на активність *ферментів*.

Ферменти¹ – високоспецифічні органічні каталізатори, глобулярні білки, синтезовані живими клітинами. Процеси, що відбуваються за участі ферментів, відомі людині з глибокої давнини, адже приготування хліба, сиру, вина й оцту ґрунтується на ферментативних процесах.

Цікаво і пізнавально

Для створення синтетичних ферментів широко використовують циклодекстрини. На основі β-циклодекстрину синтезовано гідролітичні ферменти, зокрема ферменти з хімотрипсиноюю, трансамілазною і рибонуклеазною активністю.

З курсу біології ви вже знаєте, що в кожній клітині є сотні ферментів. Вони беруть участь в обміні речовин, синтезі, розпаді жирів і нуклеїнових кислот. Перетравлювання і засвоєння харчових продуктів також відбуваються за участі ферментів. Ферментні системи впливають на дихання, розмноження, м'язове скорочення, кровообіг і нервово-психічну діяльність. Без них реакції в клітині проходили б занадто повільно і не могли б підтримувати життя. Ферменти широко використовують як потужні інструменти для визначення будови біополімерів, у генно-інженерних розробках, у медицині та харчовій промисловості.

Ферменти в медичній практиці застосовують як діагностичні й терапевтичні засоби та як специфічні реактиви. Наприклад, для кількісного визначення глюкози в сечі й у крові використовують фермент *глюкозооксидазу*. А вміст у цих рідинах сечовини визначають за допомогою фермента *уреази*.

Оскільки ферменти зберігають свої властивості й поза організмом, їх успішно використовують у різних галузях промисловості. Наприклад, протеолітичний фермент папайїн (із соку папайї) – у пивоварінні, для зм'якшення м'яса; *пепсин* – у виробництві «готових» каш і як лікарський препарат; *трипсин* – у виробництві харчових продуктів для дітей; *ренін* (сичужний фермент зі шлунка теляти) – у сироварінні. *Каталазу* широко застосовують у харчовій і гумовій промисловості; а *целюлази* і *пектидази*, які розщеплюють полісахариди, – для освітлення фруктових соків.

¹ Від лат. *fermentum* – закваска, ензим.

З молока виділено 20 нативних¹ ферментів. Крім них, у молоці є й мікробні ферменти. Принцип дії молочних ферментів має вибірковий характер, що дає змогу контролювати властивості сирого молока і їхні зміни під час технологічної переробки. Визначення активності *каталази* використовують для контролю молока, отриманого від хворих тварин. Проба на *пероксидазу*, а також на *фосфатазу* є критерієм оцінки режиму теплової обробки (пастеризації) молока і вершків. За кількістю *редуктази* судять про санітарне благополуччя і ступінь свіжості молока, за цим показником визначають загальну кількість бактерій у ньому.

Роль хімічної наукової спільноти в дослідженні біологічно активних речовин важко переоцінити.

Наприклад, Дороті Кроуфут Годжкін (рис. 34.6.1) – британська біохімікня, відома у зв'язку з розробленням рентгеноструктурного аналізу білків, встановлення структур пенициліну та вітаміну B₁₂. У 1964 році одержала Нобелівську премію з хімії «за визначення за допомогою рентгенівських променів структур біологічно активних речовин».

У 1969 році, за п'ять років після отримання Нобелівської премії, також встановила структуру інсуліну. Герті Тереза Корі (рис. 34.6.2) – американська біохімікня, лауреатка Нобелівської премії з фізіології та медицини 1947 року (спільно із чоловіком Карлом Корі) «за відкриття каталітичного перетворення глікогену». Цей список можна продовжити (*зробіть це*).

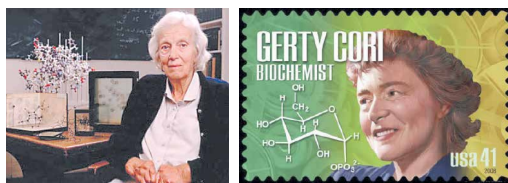


Рис. 34.6.1. Годжкін Дороті Кроуфут (1910–1994). 2. Поштова марка із зображенням Корі Герті Терези (1896–1957)

ПРО ГОЛОВНЕ

- Біологічно активні речовини – органічні сполуки, здатні впливати на біологічні процеси в організмі.
- Вітаміни – група низькомолекулярних органічних сполук різноманітної хімічної природи, які є біорегуляторами, що в невеликих кількостях необхідні для нормальної життєдіяльності людини.
- Ферменти – високоспецифічні органічні каталізатори білкової природи.
- Вітаміни і ферменти важливі для нормальної життєдіяльності організмів.



Перевірте себе

1. Що таке біологічно активні речовини? Вітаміни? Ферменти? 2. Які найважливіші вітаміни ви знаєте? У чому полягає їхня біологічна активність? 3. Де і для чого використовують ферменти?



Застосуйте свої знання й уміння

4. Олесь стверджував, що всі вітаміни є амінами, бо термін «вітамін» утворено сполученням двох слів – *vita* (життя) та амін. Олена не погоджувалась з ним. Хто з них має рацію? Чому? 5. У яблуках і бананах є антиоксиданти (поліфеноли) і фермент поліфенолоксидаза, функція якого полягає в окисненні поліфенолів. Для того щоб ці дві речовини почали взаємодіяти, потрібен кисень – саме тому неушкоджене яблуко не темніє. Щоб

¹ Нативний (від лат. *nativus* – уроджений) – такий, що перебуває в природному стані, не модифікований, що зберіг структуру, властиву йому в живій клітині (наприклад, нативний білок).

шматочки яблук і бананів не темніли, їх кладуть у воду або збризкують лимонним соком. Поясніть з погляду хімії, чому ці засоби є ефективними. 6. Поясніть, чому гідроген пероксид швидко розкладається внаслідок контакту із сирим м'ясом або картоплею і не розкладається, якщо ці продукти зварити. 7. Бромелайн – протеолітичний фермент, що є в рослин сімейства бромелієвих, зокрема в ананасі. Поясніть з погляду хімії, для чого перед смаженням м'ясо маринують в ананасному соку. 8. Поясніть, чому ферменти інактивуються внаслідок нагрівання. 9. Порівняйте хімічні та біохімічні каталізатори (ферменти). 10. Ярина стверджувала, що насправді корисними є вітаміни, що надходять в організм з природною їжею. Назар заперечував: вітаміни, добуті за допомогою хімічного синтезу, нічим не відрізняються від природних. А як уважаєте ви? Аргументуйте свою думку. 11. Проаналізуйте інформацію, оцініть її достовірність і практичне значення: «2014 року Рада медичних досліджень Великобританії повідомила про створення ферментів зі штучного генетичного матеріалу, який також було виготовлено в лабораторних умовах. Синтетичні ферменти функціонують так само, як і природні. Це дає ключ до розуміння процесів зі створення будівельних блоків життя й нові перспективи для виготовлення лікарських засобів». 12. У складі багатьох синтетичних мийних засобів є ферменти (ензими). Поясніть, для чого їх туди добавляють. 13. Сплануйте та проведіть досліди, які доводять, що в слині є ферменти. Опишіть і поясніть результати вашого дослідження. 14. Поясніть, чому до страв з моркви – джерела β -каротину – рекомендовано добавляти олію, вершки тощо.



Творча майстерня

15. Складіть (на свій розсуд) сенкани «Вітаміни», «Ферменти».



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=lqgGXdmuwlI>
<https://www.youtube.com/watch?v=3nFHN9VxDKE>
<https://www.youtube.com/watch?v=eS69iAp8i7Y>
<https://www.youtube.com/watch?v=3f0H6-Qdalw>
<https://www.youtube.com/watch?v=Mj98RNpB7i4>
<https://www.youtube.com/watch?v=1FTvk8GeYSE>

§ 35. Роль органічної хімії в розв'язуванні енергетико-сировинної проблеми

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **усвідомити** роль органічної хімії в розв'язуванні сировинної та енергетичної проблем;
- **робити висновки** щодо важливості знань про органічні сполуки.

З курсу географії основної школи ви вже знаєте про існування глобальних проблем людства (*назвіть їх*), причини їхнього виникнення та шляхи розв'язання. Розгляньмо докладніше роль органічної хімії в подоланні наслідків деяких з них.

Енергетико-сировинна проблема зумовлена суперечністю між зростанням потреби людства в ресурсах (паливних і сировинних) та зменшенням їхніх запасів (передусім вичерпних непоновлюваних ресурсів). Проаналізуймо, які здобутки в галузі органічної хімії використовують для розв'язання цієї проблеми. Ідеться насамперед про більш повне та, найголовніше, комплексне використання органічної сировини – деревини, природного й супутнього нафтового газів, нафти, кам'яного та бурого вугілля, торфу, горючих сланців тощо.

Комплексну переробку сировини розгляньмо на прикладі лігніну – великотоннажного відходу виробництва целюлози. Технічний лігнін – твердий матеріал, до складу якого крім лігніну входять полісахариди, які складно гідролізувати, смоли, волога тощо. Його переробку можна проводити в трьох напрямках: використовувати лігнін після механічного і те-

плового оброблення в натуральному вигляді; термічно переробляти (спалювати); хімічно модифікувати.

Після сушіння та подрібнення лігнінове борошно застосовують як наповнювач пластмас і гум замість сажі, деревного борошна. Спалювати лігнін недоцільно, бо його складники мають певні споживчі властивості, зокрема яскраво виражену поглинальну здатність, яка може бути посилена хімічним модифікуванням. Продукти хімічної переробки лігніну використовують як адсорбенти (активоване вугілля), добавки до бурових розчинів, регулятори властивостей цементних розчинів, кількісного вилучення катіонів рідкісних¹ металічних елементів з розчинів тощо. Гідро-генізацією лігніну з біомаси добувають біопаливо, про яке буде далі.

Цікаво і пізнавально

Лігнін – природний полімер з молекулами у вигляді розгалужених ланцюжків, що містять ароматичні цикли. Він надає міцність стовбуром і гілкам дерев, у яких його масова частка становить 20–40 %. У 1998 році в Німеччині фірмою «Текнаро» розроблено процес добування арбоформу – матеріалу, названого «рідкою деревиною». Зовні застиглий арбоформ схожий на пластик, але має властивості полірованої деревини. Перевагою «рідкої деревини» є можливість її багаторазової переробки переплавленням.

Лігнін «працює» і в процесі виготовлення паливних гранул – пелет. Сировину (тирсу, кору тощо) подрібнюють до стану борошна. Воно надходить у сушарку, з неї – у прес-гранулятор, де його стискають у гранули. Унаслідок стискування підвищується температура матеріалу, лігнін, що міститься в деревині, розм'якшується та склеює її частинки у щільні циліндри.

Супутній нафтовий газ. Це паливо чи сировина? Зазвичай його використовують на місцях як паливо. Обсяг супутнього нафтового газу часто перевищує місцеві потреби, тож надлишок згоряє у факелах – пристроях для спалювання природних горючих газів, утилізація яких технічно неможлива або економічно не вигідна (рис. 35.1).



Рис. 35.1. Спалювання супутнього нафтового газу – шкода довкіллю та нераціональне використання природного ресурсу

Це призводить до втрати цінної хімічної сировини та значних викидів твердих речовин-забруднювачів, вуглекислого газу і недопаленого метану (*пригадайте, чому вуглекислий газ і метан називають парниковими газами*). Окрім того, до атмосфери потрапляють оксиди Сульфуру і Нітрогену (*який хімічний характер цих оксидів? Яке екологічне лихо зумовлене їхніми викидами?*). Унаслідок спалювання супутнього нафтового газу в повітрі також зростає концентрація амоніаку, сірководню, чадного газу, відбувається хімічне та теплове забруднення довкілля.

Оптимальний варіант використання супутнього нафтового газу залежить від розміру родовища. Для малих родовищ найбільш привабливим є вироблення електроенергії в малих масштабах для власних промислових потреб і потреб інших місцевих споживачів. Найбільш ефективний спосіб утилізації супутнього нафтового газу середніх родовищ – його *хімічне перероблення*. Для великих родовищ найдоцільнішим є генерування електроенергії на потужній електростанції з подальшим оптовим продажем до енергосистеми.

¹ Малопоширені та/або розсіяні в земній корі металічні елементи, вилучити які із сировини й добути в чистому вигляді технологічно складно.

Вугілля – перспективна сировина для виробництва моторних палив і продуктів органічного синтезу. Його світові запаси істотно більші порівняно з нафтою та газом. Використання кам'яного вугілля також може задовольнити глобальний попит на таку необхідну в сучасному високотехнологізованому світі енергію. Метою більшості процесів хімічної переробки вугілля є його перетворення на низькомолекулярні органічні продукти внаслідок термічної обробки та під дією різних реагентів. Зрідження вугілля має на меті подолання відмінностей у хімічному складі вугілля й нафти, тобто збільшенні частки Гідрогену. *Гідроґенізацією* вугілля можна добути синтетичну нафту. Використання каталізаторів збільшує вихід продукту. Однак існує низка технологічних складнощів, які стають на заваді масовому запровадженню цього перспективного способу переробки вугілля. Підземна *газифікація* вугілля – фізико-хімічний процес перетворення його на горючий газуватий енергоносіє (CO, CH₄, H₂ тощо) безпосередньо в земних надрах.

Цікаво і пізнавально

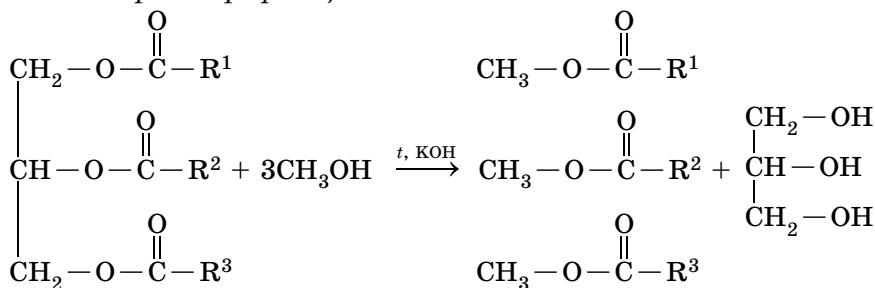
Ідея підземної газифікації належить Д.І. Менделєєву. Перша у світі промислова станція підземної газифікації вугілля стала до ладу 1937 року в Горлівці (Донбас). Наукові дослідження з підземної газифікації в Україні здійснюють в Інституті геології та геохімії горючих копалин НАН України, Інституті фізико-органічної хімії та вуглехімії імені Л.М. Литвиненка НАН України.

Газифікацію вугілля використовують не лише в промислових масштабах, а й у побуті. Вугільні генератори енергії – прості й ефективні її джерела (рис. 35.2).



Рис. 35.2. Садовий тракторець і байк з вугільними генераторами

Біопаливо – альтернативне пальне з відновлюваних джерел. Виснаження світових запасів природного газу й нафти, прагнення країн до енергетичної незалежності зумовлює підвищений інтерес до альтернативних джерел енергії, зокрема біопалива. *Біодизельне паливо* виготовляють з технічних олій – соняшникової, кукурудзяної, соєвої, ріпакової. Під час виробництва відбувається *перестерифікація* олії метанолом або етанолом:



Назвіть продукти реакції, на якій ґрунтується добування біодизелю.

Біогаз (суміш метану й вуглекислого газу) – продукт метанового бродіння біомаси, *біоетанол* – продукт її спиртового бродіння. *Біоводень* добувають або бродінням біомаси, або високотемпературним розкладанням її без доступу кисню.

Які саме біоенергетичні ресурси в Україні можна використовувати для виробництва біопалива? Це передусім відходи лісового господарства, побутові відходи, а також спеціально вирощений ріпак, точніше – ріпакова олія. Для виробництва біогазу придатні гній, пташиний послід, зернова й мелясна барда¹, пивна дробина², буряковий жом, фекалії. Також використовують відходи рибного й забійного цехів, траву, побутові відходи, відходи молокозаводів, виробництв крохмалю і патоки.

Розширення використання вторинної сировини, яке в багатьох розвинутих країнах стало важливим складником раціонального природокористування, також сприяє розв'язанню енергетико-сировинної проблеми. Про рециклізування пластикових відходів ви дізналися з параграфу 29, про перероблення їх на рідке паливо йшлося в параграфі 32. Тож ви, безперечно, усвідомили, що будь-які відходи – це речовини, які можуть і мають стати сировиною для добування різних продуктів. Тому відходи – це не що інше, як вторинні матеріальні ресурси.

Цікаво і пізнавально

В інженерному коледжі індійського міста Нагпур професорка Алка Задгаонкар (рис. 35.3), фахівчиня в галузі органічної хімії, у 2004 році винайшла спосіб виробництва бензину з відходів пластмаси. Він полягає в тому, що обрізки пластика, поламані іграшки та предмети побуту, викинуті пляшки, пакети та сумки нагрівають у герметичному реакторі до 350 °C з вугіллем, узятим у невеликій кількості, і каталізатором. Через три години утворюється рідина, що складається із суміші бензину, гасу й дизельного палива, а також горючий газ. З пластику масою 1 кг і вугілля масою 100 г утворюється бензин об'ємом близько 1 л.



Рис. 35.3. Алка Задгаонкар демонструє розроблену технологію

Використання альтернативних газів – один зі шляхів розв'язання енергетичної проблеми. Синтез-газ (суміш CO і H₂) добувають з бурого вугілля, відходів переробки кам'яного вугілля, торфу тощо. В Україні вже розроблено нові технології виробництва синтез-газу з будь-якої біомаси.

Фахівці німецької компанії Sunfire GmbH створили досліdну установку Power-to-Liquid, яка з використанням альтернативних джерел енергії перетворює воду і вуглекислий газ на рідкі вуглеводні, синтетичний бензин, гас і дизельне паливо (рис. 35. 4).

Зауважимо, що у виробництві сонячних батарей та іншого обладнання для енергетики також використовують продукти органічної хімії. Так, вітчизняне підприємство «Чисті Енергетичні Технології» у співпраці з групою науково-дослідних інститутів України розробило унікальний матеріал, який можна використовувати для акумулювання енергії. Показники енергоємності матеріалу одні з найвищих у світі, при тому що він абсолютно нетоксичний, на відміну від літій-іонних акумуляторів³. У на-

¹ Залишок після відгонки спирту із бражки.

² Гуца, що є відходом пивоваріння.

³ http://elektrovesti.net/57809_alternativa-litij-ionnym-akkumulyatoram-ot-ukrainskikh-uchenykh-deshevo-ekologichno-effektivno

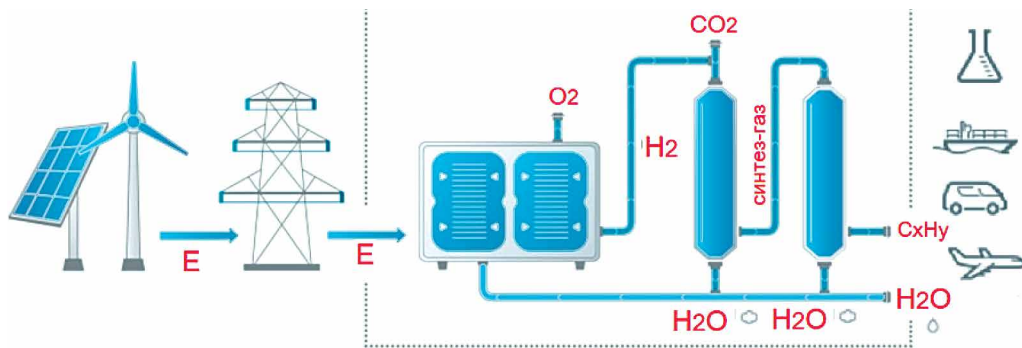


Рис. 35.4. Схематичне зображення установки для виробництва рідких вуглеводнів з неорганічних речовин із застосуванням альтернативних джерел енергії

копичувачах буде використано матеріал, виготовлений з перероблених рослинних відходів сільського господарства. Їх карбонізують, потім активують: утворюється активоване вугілля високої пористості, високої ємності, що здатне накопичувати електроенергію. Інший приклад: вітрогенератори виготовляють, зокрема, зі склопластику, тому їхні лопаті дуже міцні, стабільні й надзвичайно легкі, корпуси зроблено з поліаміду з добавкою скловолокна.

Більше про роль органічної хімії в житті людей буде в наступному параграфі.

ПРО ГОЛОВНЕ

- Енергетико-сировинна проблема зумовлена суперечністю між зростанням потреби людства в ресурсах і зменшенням їхніх запасів.
- Шляхи розв'язання енергетико-сировинної проблеми – комплексне використання сировини, використання альтернативного палива, розширення використання вторинної сировини.



Перевірте себе

1. Яка причина виникнення енергетико-сировинної проблеми? 2. Які шляхи розв'язання енергетико-сировинної проблеми? 3. У чому полягає комплексне використання сировини? 4. Для чого використовують газифікацію і гідрогенізацію кам'яного вугілля? 5. Що таке біодизель? Біогаз? Біоетанол? Біоводень? 6. Як розширення використання вторинної сировини сприяє розв'язанню енергетико-сировинної проблеми? 7. Що таке синтез-газ і для чого його використовують?



Застосуйте свої знання й уміння

8. Проаналізуйте наведений далі текст і вставте пропущені слова: «Під час переробки винограду утворюється значна кількість (від 15 до 20 %) ..., раціональне використання яких дає змогу отримати додатково цінні продукти. З виноградної вичавки перегонкою видаляють З твердого залишку видаляють солі ... кислоти. Потім сухою перегонкою з нього добувають світільний Деревину виноградної лози можна використати для виготовлення високоякісного Із цитоплазми клітин винних дріжджів виділяють енантовий естер – суміш етилгексаноату й етилоктаноату (*складіть їхні структурні формули*). Цей дуже дорогий продукт застосовують для поліпшення якості міцних спиртних напоїв і в парфумерії (*поясніть чому*).» 9. Перша промислова установка для добування етанолу з молочної сироватки створена на підприємстві фірми «Carbery Creamer Products» 1978 року в Ірландії. Для промислового виробництва молочної кислоти використовують бактерії *L. bulgaricus* і *L. acidophilus*. Пригадайте, які продукти

утворюються внаслідок бродіння глюкози (спиртового та молочнокислого) і складить рівняння реакції спиртового та молочнокислого бродіння лактози – ізомеру сахарози.

10. Поясніть, чому олію, яку використали для смаження, та кавову гущу недоцільно зливати в каналізацію. Запропонуйте способи повторного використання їх і розробіть відповідні бізнес-плани.

11. Німецький інженер-винахідник Рудольф Дізель 1900 року на Всесвітній виставці в Парижі продемонстрував модель автомобіля, що працює на арахисовій олії. За рік до трагічної загибелі, у 1912 році, він передбачав, що олія стане таким самим важливим видом палива, як і нафтопродукти. Проте тривалий час винахід залишався незатребуваний, лише наприкінці 1990-х років розгорнулись інтенсивні дослідження та інвестування у виробництво біопалива з біомаси. Поясніть цей факт.



Творча майстерня

12. Створіть ментальну карту за матеріалами параграфа 35.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=IAq5yleGC9I>
<https://www.youtube.com/watch?v=bo7kPOO5d1U>
<https://www.youtube.com/watch?v=dTibxNTPDoE>
https://www.youtube.com/watch?v=_QpXJSQhAZg

§ 36. Роль органічної хімії в розв'язуванні продовольчої проблеми, створенні нових матеріалів

Після опрацювання параграфа ви зможете:

- **усвідомити** роль органічної хімії в розв'язуванні продовольчої проблеми та створенні нових матеріалів;
- **обґрунтовувати** значення органічних речовин у створенні нових матеріалів;
- **робити висновки** щодо важливості знань про органічні сполуки.

Продовольча проблема – одна з найдавніших глобальних проблем людства (рис. 36.1). Вона зумовлена різними причинами і полягає в нестачі харчових продуктів, що призводить до недоїдання та голоду поміж найменш забезпечених груп населення планети.



①



②

Рис. 36.1. Голод лютий усякого може торкнути¹. 1. Пам'ятник жертвам Великого голоду в Ірландії (1845–1849), спровокованого фітофторозом картоплі. 2. Голодомор 1932–1933 і 1946, 1947 років – геноцид українського народу, організований керівництвом ВКП(б) та урядом СРСР унаслідок створення штучного масового голоду. Скульптурна композиція «Гірка пам'ять дитинства» нагадує про трагічну долю найвразливішої категорії жертв Голодомору – дітей

¹ Українське прислів'я.

Незважаючи на підвищення якості врожаю за рахунок трансгенних рослин і загального рівня сільськогосподарського виробництва, проблема нестачі продовольства залишається актуальною. Поміж умов, за яких можливе зростання виробництва продовольства, – інтенсифікація сільськогосподарства на вже освоєних землях, зокрема внесення добрив, меліорація ґрунтів, захист від хвороб і шкідників, регулювання росту рослин і тварин та багато іншого.

Для сприяння збільшенню виробництва продовольства у світі сучасна органічна хімія має широкі можливості. Адже її продукти стають основою речовин, матеріалів, технологій, використовуваних для підвищення врожайності, збільшення продуктивності в тваринництві, захисту рослин і тварин від захворювань і шкідників, запобігання псуванню харчових продуктів.

Наприклад, цілорічне вирощування городини в теплицях набуло масового характеру ще й тому, що є зручні синтетичні полімерні матеріали для їхнього будівництва – поліетиленова і поліпропіленова плівки, полікарбонат. Зокрема, створено полімерну плівку, здатну перетворювати короткохвильове ультрафіолетове випромінювання на довгохвильове червоне. У результаті інтенсифікується фотосинтез, пришвидшується дозрівання, підвищується врожайність (рис. 36.2).

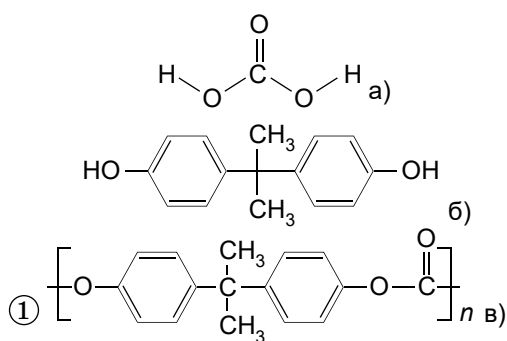


Рис. 36.2. 1. Полікарбонат (в) – поліестер карбонатної кислоти (а) і бісфенолу А (б).
2. Теплиця з полікарбонату – економічний і практичний варіант для дачників

У меліоративних роботах стають у пригоді пластикові труби і шланги для поливу, особливо для краплинного зрошення, перфоровані пластмасові труби для дренажу. Неабиякого значення набуває використання *геотекстилю* – матеріалу на основі поліпропілену або поліестеру. Геоматеріали в сільському господарстві виконують функцію дренажних конструкцій, запобігають замулюванню ґрунту внаслідок зайвої зволоженості, захищають його від вивітрювання і пересушування. Геотекстиль обмежує ріст коренів рослин, запобігає появі бур'янів, стійкий до механічних пошкоджень, захищає ґрунт від ерозії. Протиградові та затінювальні сітки для саду – потрібна умова для отримання якісного врожаю. Їх виготовляють переважно з поліетилену високої густини. Гідрофільні полімерні матеріали – *гідрогелі* – використовують для втримання вологи в ґрунті та в гідропоніці¹.

Компости (від лат. *compositus* – складний) – органічні добрива, одержувані в результаті розкладання різних органічних речовин під впливом діяльності мікроорганізмів. Перетворення відходів на компост ґрунтується на хімічних реакціях.

¹ Від давньогрец. ὕδωρ — вода і ἔργον — робота — спосіб вирощування рослин без ґрунту на поживних розчинах.



Рис. 36.3. Природні піретроїди (піретрини) містяться у квітках піретруму – далматської ромашки (1), аналогами піретринів є синтетичні піретроїди. Їх використовують як інсектициди для боротьби зі шкідниками плодових і городніх культур, шкідниками запасів продовольства в побуті, для оброблення сільськогосподарських тварин проти паразитів (2)

Засоби захисту рослин – також переважно органічні речовини. Здавна для боротьби зі шкідниками використовували настої лушпиння цибулі, картопляного бадилля, махорки, чистотілу, блекоти чорної, стручкового перцю тощо. Адже вони містили органічні речовини – ефірні олії, глікозиди, алкалоїди, сапоніни, фітонциди та інші сполуки, які «не до смаку» шкідникам (рис. 36.3).

З курсу хімії основної школи ви вже знаєте, що ДДТ, синтезований 1848 року, – ефективний пестицид і водночас стійкий органічний забруднювач (*поясніть цей термін*). Порівняно з ним сучасні пестициди – продукти органічного синтезу – менш шкідливі для довкілля. Проте вважати, що без масового використання пестицидів розв'язати продовольчу проблему неможливо, зовсім менше недалекоглядно. Адже 2017 року Хіلال Елвер, спеціальна доповідка ООН з питання про право на харчування, констатувала: «Використання більшої кількості пестицидів не має нічого спільного з позбавленням від голоду. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), нині ми можемо нагодувати 9 мільярдів чоловік. Виробництво невпинно зростає, але проблема полягає в бідності, нерівності та розподілі».

Цікаво і пізнавально

У США 2017 року створили засіб захисту рослин нового принципу дії під назвою КропКоат (рис. 36.4). Після розбризкування препарат не проникає в листки, не діє на патогенні організми, а створює суцільну плівку мікроскопічної товщини. Плівка нетоксична, вона зміцнює поверхню рослини, включно із листками, стеблом, плодами та насінням. У такий спосіб підвищується стійкість рослини до шкідників та хвороб, знижується потреба в пестицидах.

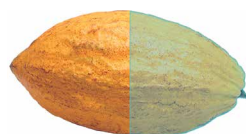


Рис. 36.4. CropCoat

Важливо не лише виростити й зібрати врожай, а й зберегти його. Свіжозібрані фрукти та овочі вкривають їстівним воском, щоб запобігти втраті споживчих якостей під час транспортування, зберігання та продажу, для запобігання появи цвілі та поліпшення зовнішнього вигляду. Щоб їжа зберігалася довше, використовують консерванти, поміж яких є органічні речовини. Це оцтова, яблучна, лимонна, молочна кислоти, дифеніл тощо. Полімерні упаковки для харчових продуктів подовжують термін їхнього зберігання.

У тваринництві також використовують продукти органічного синтезу. Використання кормової сечовини (карбаміду $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) у годівлі корів – поширена практика, яка дає змогу забезпечити оптимальну роботу рубця тварини, у якому відбувається синтез білка мікроорганізмами. Багато ветеринарних препаратів також містять органічні речовини.

Виробництво штучної їжі, яке також пов'язане з використанням органічних речовин і хімічними перетвореннями, із сенсації поступово перетворюється на буденність (*дізнайтеся більше про це з додаткових джерел інформації*). Проте значення органічної хімії не обмежене лише сприянням розв'язанню глобальних проблем людства.

Нові матеріали – один з найважливіших напрямів, що визначають розвиток усіх галузей промисловості, будівництва, медицини та сфери послуг. Якщо матеріали є щаблями в розвитку нашої цивілізації, то нові матеріали – трамплін для стрибка в майбутнє, який змінює наше буття. Пересвідчимося у цьому на прикладі новітніх матеріалів на основі органічних речовин.

Створення нових матеріалів на основі органічних речовин – важливе завдання, що стоїть перед дослідниками і дослідницями, у тому числі українськими. Цільовою програмою наукових досліджень НАН України передбачено синтез нових функціональних органічних речовин. На їхній основі заплановано створення матеріалів та композитів, зокрема нанокомпозитів і композитів з двовимірними структурами (плівок). Це має задовольнити потреби сучасної нано- та мікроелектроніки, електротехніки тощо.

Цікаво і пізнавально

Композиційні матеріали (композити) – багатокомпонентні матеріали, що складаються зазвичай з пластичної основи, армованої наповнювачами, що мають високу міцність, жорсткість тощо. Поеднання різнорідних речовин веде до створення нового матеріалу, властивості якого кількісно і якісно відрізняються від властивостей кожного з його складників. Багато в чому композити перевершують традиційні матеріали і сплави за своїми механічними властивостями. Використання композитів зазвичай дає змогу зменшити масу конструкції.

Braeön – чи не найміцніший з легких або чи не найлегший з міцних матеріалів на землі. Це композит, виготовлений з надміцного термопластичного волокна з низькотемпературною активованою термопластичною полімерною основою. Стрічка з нього, складена вдвоє, витримує максимальний натяг у 900 кг, при цьому маса стрічки 30 метрів завдовжки становить лише 500 грамів. Щоб з'єднати розірвані ланки ланцюга, потрібно зробити петлю з Braeön, але не зав'язувати вузол, а нагріти місце з'єднання до 60 °С. Наприклад, запальничкою. Кінці стрічки сплавляться, і, після того як кільце охолоне, його буде практично неможливо розірвати (рис. 36.5).

Якщо нагріти матеріал, він розм'якшиться, і сполучну ланку легко буде розімкнути. Пластини з Braeön, нагріті теплим повітрям або водою, набувають будь-якої форми, що дає змогу застосовувати їх у різних ситуаціях.



1. Запропонуйте, з огляду на властивості цього матеріалу, його застосування в різних виробничих галузях і побуті. 2. Дізнайтеся з додаткових джерел інформації, що таке *Qmonos*. Чи є він продуктом органічного синтезу?



Рис. 36.5. Braeön: не слабка ланка!



Рис. 36.6. Гнучкий дисплей – це реально

Органічна електроніка – одна з найпопулярніших областей матеріалознавства. Ідеться про дослідження електропровідних полімерів, олігомерів та інших органічних сполук, здатних замінити звичні провідники і напівпровідники в сучасній електроніці. Матеріали органічної електроніки можуть бути біосумісними, прозорими і гнучкими (рис. 36.6). Їх можна використовувати для створення органічних сонячних батарей, світловопромінювальних діодів (OLED) або

транзисторів. Органічна електроніка може стати містком між сучасними комп'ютерами та живими істотами.

Пластик, здатний розм'якшуватися у воді та тверднути внаслідок висихання, створено в Університеті штату Пенсильванія (США)¹. За прототип було взято особливості будови зубів у кальмарів різних видів. У цих головоногих молюсків розташовані по колу зуби можуть ставати як твердими, так і пластичними залежно від наявності води. Добутий біосинтезом штучний білок, подібний до природного, перетворили на пластик, змішавши його з розчинником.

Розрізаний навпіл експериментальний зразок з'єднали до купи за допомогою краплі води. Характеристики зразка не змінилися, найоптимальнішою для самовідновлення пластика виявилась температура води близько 45 °С.

Функціональні барвники. Пофарбовані ними тканини та інші матеріали можуть змінювати колір унаслідок деформування, під дією світла, тепла і води подібно до хамелеонів (*поміркуйте, для чого можуть бути використані такі матеріали*). Так, Британською компанією The Unseen створено фарбу для волосся, здатну змінювати колір залежно від температури навколишнього середовища. В її основі лежать термохромні пігменти.

Цікаво і пізнавально

В Інституті інтелектуальних систем суспільства Макса Планка, університетах Кіото й Огайо створили нанорозмірні «ножиці», здатні оборотно відкриватися й закриватися під дією світла. Сама форма частинок була задана методами ДНК-орігамі, а можливість перемикання під дією світла стала наслідком вбудовування в структуру ДНК фотохромних молекул азобензену. Створені нанопристрої – перший приклад наноплазмонних систем, повністю керованих світлом.

Звісно, ми розглянули лише малу частку новітніх матеріалів, створених завдяки копіткій праці фахівців і фахівчинь у галузі органічної хімії. Однак укотре пересвідчилися в слушності вислову видатного французького хіміка Марселена Бертло: «Хімія створила свій предмет. Ця творча здатність, подібна мистецтву, докорінно відрізняє хімію від інших природничих і гуманітарних наук». Тож ще неодноразово впродовж життя діставатимемо нові підтвердження цього, дивуватимемось новим матеріалам на основі органічних речовин.

¹ Sariola, V. *et al.* Segmented molecular design of self-healing proteinaceous materials. *Sci. Rep.* 5, 13482; doi: 10.1038/srep13482 (2015).

ПРО ГОЛОВНЕ

- Здобутки в галузі органічної хімії сприяють розв'язанню продовольчої проблеми.
- Створення нових матеріалів – важливе завдання органічної хімії.
- Знання про органічні сполуки потрібні кожній людині, щоб правильно використовувати їх у повсякденному житті та професійній діяльності.



Перевірте себе

- У чому полягає продовольча проблема? 2. Як органічна хімія сприяє розв'язанню продовольчої проблеми? 3. Яка роль органічної хімії у створенні нових матеріалів? 4. Чому важливо знати властивості органічних речовин?



Застосуйте свої знання й уміння

5. Поясніть, які властивості органічних речовин, про які йшлося в параграфі, зумовили їхнє застосування для сприяння розв'язанню продовольчої проблеми, а які – обмежують їхнє застосування із цією метою. 6. Механохромні матеріали змінюють забарвлення внаслідок деформації. Поміркуйте, як такі матеріали можна використати в: а) харчовій промисловості; б) авіаперевезеннях. 7. Зміст параграфа не може охопити всі аспекти, пов'язані з роллю органічної хімії у розв'язанні продовольчої проблеми та створенні нових матеріалів. Про що ще, на вашу думку, потрібно було б розповісти? Зробіть це, скориставшись додатковими джерелами інформації. 8. Створення нових матеріалів зумовить виникнення нових професій і зникнення деяких теперішніх. Пофантазуйте, яких саме. Поясніть свої прогнози.



Творча майстерня

- Складіть ментальну карту за змістом параграфа.



Дізнайтеся більше

<https://www.youtube.com/watch?v=UDd36GWkkl4>
https://www.youtube.com/watch?v=Uj7v_SvmnmY
<https://www.youtube.com/watch?v=QKnZ0B-MTQM>
<https://www.youtube.com/watch?v=UNmkDnGNbVY>
<https://www.youtube.com/watch?v=jbzRC2JFmCE>
<https://www.youtube.com/watch?v=bltduYkCRns>
<https://www.youtube.com/watch?v=1Lzr0lxdxEg>
<https://www.youtube.com/watch?v=h3dcAlhnqtU>



Тестовий контроль знань з тем: «Синтетичні високомолекулярні речовини і полімерні матеріали на їхній основі», «Багатоманітність та зв'язки між класами органічних речовин»

- Укажіть формулу поліетилену.
А $[-CH_2-CH_2-]_n$ В $[CH_3-CH_3]_n$
Б $[=CH-CH=]_n$ Г $[-CH-CH-]_n$
- Укажіть елементарну структурну ланку поліетилену.
А $-CH_2-CH_2-$ Б $CH=CH$ В $-CH_2-$ Г $CH_2=CH_2$
- Мономером поліетилену є речовина складу
А CH_4 Б C_2H_2 В C_2H_4 Г C_2H_6
- Поліетилен
А токсичний В масний на дотик
Б проводить струм Г хімічно активний

5. Найраціональнішим способом утилізації відходів поліетилену є
А спалювання **В** рециклізація
Б захоронення на звалищах **Г** скидання у водойми
6. Які компоненти надають пластмасам еластичності?
А наповнювачі **Б** антипірени **В** барвники **Г** пластифікатори
7. Класифікуйте хімічну реакцію синтезу поліетилену з етену.
А полімеризація **Б** поліконденсація **В** гідрування **Г** дегідрування
8. Природний каучук – це
А термопласт **Б** еластомер **В** пластмаса **Г** гума
9. Яка речовина є вулканізувальним агентом?
А вода **Б** кисень **В** сірка **Г** вуглець
10. Природними полімерами є
А гума і капрон **В** целюлоза і капрон
Б крохмаль і глюкоза **Г** білок і крохмаль
11. Проаналізуйте твердження.
I. Білки утворюються внаслідок реакції поліконденсації.
II. Капрон добувають реакцією полімеризації.
Чи є поміж них правильні?
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
12. Проаналізуйте твердження.
I. Полівінілхлорид добувають реакцією поліконденсації.
II. Унаслідок нагрівання природного каучуку із сіркою його еластичність збільшується.
Чи є поміж них правильні?
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
13. Проаналізуйте твердження.
I. Гума утворюється внаслідок вулканізації каучуку.
II. Усі каучуки – природні полімери.
Чи є поміж них правильні?
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
14. Проаналізуйте твердження.
I. Віскоза – синтетичне волокно.
II. Низькомолекулярним продуктом поліконденсації гліцину є амоніак.
Чи є поміж них правильні?
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
15. Проаналізуйте твердження.
I. Ізомерія і гомологія – причина різноманітності органічних речовин.
II. Карбонові кислоти є міжкласовими ізомерами естерів.
Чи є поміж них правильні?
А правильне лише I **В** обидва правильні
Б правильне лише II **Г** немає правильних
16. Укажіть пару гомологів.
А етан і пропін **В** етан і пропен
Б етен і пропен **Г** етин і пропан

17. Укажіть пару ізомерів.

- А гексан і бензен В гекс-1-ен і циклогексан
Б гексан і циклогексан Г гекс-1-ен і бензен

18. Укажіть пару ізомерів.

- А бутанова кислота і етилетаноат В бутанол і етилетаноат
Б етаналь і етанол Г бутанова кислота і етаналь

19. Біологічно активною речовиною є

- А поліетилен В етанова кислота
Б целюлоза Г аскорбінова кислота

20. Проаналізуйте твердження.

- I. Вітаміни – високомолекулярні сполуки складної будови.
II. Ферменти – глобулярні білки, синтезовані в живих клітинах.
III. Ферменти – високоселективні біокаталізатори
Чи є поміж них правильні?

- А правильне лише I В правильні лише I і II
Б правильне лише II Г правильні лише II і III



КЕЙС

«PER ASPERA AD ASTRA»

ДО ТЕМ «СИНТЕТИЧНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ РЕЧОВИНИ І ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ НА ЇХНІЙ ОСНОВІ» ТА «БАГАТОМАНІТНІСТЬ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН І ЗВ'ЯЗКИ МІЖ ЇХНІМИ КЛАСАМИ»

Робота над кейсом дасть вам змогу відчувати повну самостійність і пересвідчитися в слушності рядків з поезії незламної та незалежної української письменниці Ліни Костенко «Людина нібито не літає... А крила має. А крила має!». Досвіду й знань, які ви здобули, ваших фантазії та натхнення, цілеспрямованості та наполегливості цілком достатньо для того, щоб **розробити кейс самотужки, скориставшись додатковими джерелами інформації та за потреби дружньою допомогою.**

Під час роботи над кейсом візьміть до уваги вислів легендарного українського композитора Володимира Івасюка «Крило стає крилом тільки під час лету».

Плідної співпраці!



Розумова руханка

1. Обчисліть: а) ступінь полімеризації поліетилену, середня відносна молекулярна маса якого дорівнює 90000; б) середню відносну молекулярну масу полівінілхлориду із середнім ступенем полімеризації 2000; в) ступінь полімеризації полівінілхлориду, середня відносна молекулярна маса якого дорівнює 350 000; г) середню відносну молекулярну масу поліетилену, відносна маса X молекул якого 56 000, а $3X$ молекул – 280 000; д) масову частку Хлору в полівінілхлориді й поясніть, чи залежить вона від ступеня полімеризації. 2. Поясніть, чому: а) попри те, що молекули поліетилену мають лінійну структуру, вони не є прямими лініями; б) міцність лінійних полімерів зі збільшенням довжини молекул зростає. 3. Поясніть з огляду на вивчене заголовок до статті «Біопластик руйнує надії нафтовиків – Bloomberg».

4. IUPAC критикує термін «біопластик» і не рекомендує його використовувати. Натомість рекомендує використовувати для таких матеріалів термін «полімери біологічного походження». Висловіть припущення щодо причин такої позиції IUPAC і обґрунтуйте його.

2

2,2-диметилпропанова кислота, 95
2,4,6-трибромоанілін, 123
2,4,6-трибромофенол, 80, 86
2-аміно-3-метилпентанова кислота, 139
2-аміноетанова кислота, 127, 128
2-метилбутан-2-ол, 69
2-метилбутанова кислота, 95
2-метилпропан-1-ол, 69
2-метилпропан-2-ол, 69, 70

3

3,4-диметилпентаналь, 87
3D-друк, 161
3-аміно-2-метилбутанова (β-аміно-α-метилбутанова) кислота, 127
3-амінопропанова (β-амінопропанова) кислота, 127
3-метилбутаналь, 86
3-метилбутанова кислота, 95

4

4-амінобутанова (γ-амінобутанова) кислота, 127
Вгаєон, 181
α-кератин, 132
α-спіраль, 132

А

акролеїн, 163
алгоритм обчислення кількості (маси, об'єму) продуктів реакції за кількістю (масою, об'ємом) реагенту, що містить певну частку домішок, 84
алгоритм побудови назв насичених ациклічних спиртів за систематичною номенклатурою, 69
аліфатичні сполуки, 20, 86, 87, 91, 99, 120–122, 137, 139, 163
алкалоїди, 180
алкан, 4, 5, 21–24, 26–31, 34–40, 50–52, 54, 57, 59, 61–64, 96
алкіл, 98, 100
алкоголят, 71
альбумін, 133, 135, 140
альдегід, 42, 68, 71, 86–92, 94–96, 107, 113, 114, 168
амін, 118–123, 136, 137, 172
аміногрупа, 14, 118–121, 123, 125–129, 131
амінокислота, 5, 94, 110, 118, 126–131, 135, 138, 139, 142

амоніак, 15, 119–121, 143, 174, 184
амоніачний розчин аргентум(I) оксиду, 89, 107, 111, 114, 116
антисептик, 80, 81, 122
антитіла, 133
апігенін, 67
арамід, 160, 161
аргінін, 127
арильна група, 68
аскорбінова кислота, 169, 170, 185
аспарагін, 127
ацетальдегід, 87

Б

барвник, 82, 118, 124, 125, 146, 151, 182, 183
бензальдегід, 86, 87
бензен, 44–51, 53, 54, 58, 62, 65, 68, 78–80, 82, 83, 86, 87, 92, 97, 166, 184
бензенамоній хлорид, 123
бензенове кільце, 79, 123, 125, 134
білки, 8, 57, 81, 104, 110, 118, 120, 127, 128, 130–140, 171, 172, 181, 182, 184, 185
біологічно активні речовини, 118, 167, 172
біосировина, 147, 151
бродіння, 8, 74, 75, 77, 93, 107–109, 111, 161, 176, 177
бромелайн, 173

В

валін, 127, 129, 139
вітамін D₃, 19, 170
вітамін А, 167, 168
вітамін В, 168, 169
вітамін С, 169
вітаміни, 19, 105, 110, 167–173, 181, 185
внутрішньомолекулярна дегідратація, 72
волокна, 109, 158–161, 184
вуглеводи, 8, 70, 74, 75, 104–106, 110, 111, 128, 131
вуглеводнева алкільна група, 28, 49, 68
вуглеводневий замісник, 78, 79, 82, 94, 97, 116, 120
вуглеводні, 4, 5, 12, 13, 15, 20–24, 26, 36, 37, 39–47, 49–61, 63, 64, 67, 70, 71, 75, 86–88, 91, 95, 163, 166, 176, 177

Г

гексаналь, 92
генетичні зв'язки, 21, 53, 75, 77, 88, 96, 165, 167
геотекстиль, 179
гераніол, 15, 73
гербіцид, 80
гідрогель, 179
гідроген хлорид, 34, 38, 41, 121, 143, 163
гідроген ціанід, 163
гідроксильна група, 14, 41, 68–73, 79, 80, 82, 98, 107, 168, 170
гідроліз, 53, 54, 62, 75, 100, 103, 104, 106, 108, 109, 111–116, 127, 128, 130, 135, 138, 166
гідрування, 4, 42, 43, 50–54, 86, 103, 104, 115, 184
глікозиди, 180
гліколева (2-гідроксиетанова) кислота, 116
гліцерол, 4, 6, 14, 68, 70–73, 75, 78, 81, 83, 92, 101, 104, 105, 107, 108, 111–115
гліцин, 127, 128, 129, 130, 137, 139, 140, 184
глобули, глобулярні білки, 133
глутамін, 127, 129
глюкоза, 16, 74, 77, 105–112, 114, 116, 166, 171, 177, 184
глюкозооксидаза, 171
глюконова кислота, 107, 110, 111
гормони, 110, 133
гуаш, 79, 83
гума, 152, 154, 157, 184

Д

дегідратація, 72, 73
деканаль, 88
декстрин, 109, 114
денатурація, 133–135, 138, 140
деревний спирт, 70
дефоліант, 80
дигідроксиацетон, 67
динітроцелюлоза, 146
добування етанової кислоти, 92, 96
добування етанолу, 74, 177
дофамін, 126

Е

еластомер, 152, 156, 184
елемент-органоген, 67
емпіричне правило, 72
ензим, 171, 173
естер, 76, 96, 98, 99, 100, 101, 104, 113, 114, 117, 166, 168, 184
етан-1,2-діол, 69, 144

етаналь, 42, 43, 58, 87–92, 97, 111, 112, 114, 115, 166, 184
етанова кислота, 92, 94, 97, 111–114, 166, 184, 185
етанол, 4, 6, 14, 43, 49, 50, 58, 70–78, 82, 87, 88, 90–92, 97–99, 109, 111, 113–116, 122, 127, 133, 166, 175, 177, 184
етер, 116, 117
етилетаноат, 99, 100, 115, 166, 167, 184

Ж

жири, 8, 20, 70, 76, 88, 101–105, 112, 114, 151, 171

І

ізолейцин, 139
ізомери, 7–11, 14, 22, 24–27, 31, 34, 35, 39–41, 43, 45, 63, 65, 66, 70, 72, 73, 88, 92, 97, 108, 115, 116, 127, 140, 165, 166, 166, 177, 184
ізомеризація, 36–39, 42, 66
ізомерія, 7–11, 14, 24, 27, 39, 40, 43, 70, 73, 95, 97, 166, 184
індиго, 40, 43, 95, 97
інсектицид, 35, 58, 80, 180
інсулін, 132, 172

К

кадаверин, 120,
канцероген, 49, 80
капрон, 159, 162, 184
карбамід, 181
карбоксильна група, 14, 68, 92, 94, 95, 97, 98, 126–130
карболова кислота, 80, 81
карбоновий ланцюг, 20, 21, 24–26, 28–31, 36, 40, 51, 69, 70, 73, 86, 87, 88, 90
каталаза, 171, 172
каучук, 58, 152–157, 184
кевлар, 160–162
колаген, 133, 135
кольорові реакції білків, 134, 135
композити, 181
консервант, 79, 80, 83, 90, 96, 97, 122, 180
кофеїн, 17, 18, 118
крохмаль, 105, 106, 109–112, 114–116, 135, 141, 147, 166, 167, 176, 184
ксилітол, 67
купрум(I) гідроксид, 89
купрум(I) оксид, 89
купрум(II) гідроксид, 72, 73, 89, 90, 107, 108, 111, 114, 116, 135, 137, 169
купрум(II) оксид, 71

Л

лавсан, 144
латекс, 152, 153, 155
лужний гідроліз, 75, 103, 104, 114

М

маркування, маркування, 147
метаболіт, 75
метаналь, 87, 89–91, 114
метанамоній хлорид, 121
метанол, 4, 6, 70–72, 74, 75–78, 99, 105, 113, 167, 175
метилпропаноат, 116
мило, 81, 96, 103–105, 112, 114
мідний купорос, 116
міжкласова ізомерія, 40, 43, 87, 184
міжмолекулярна дегідратація, 72, 73, 98
молочна кислота, 93, 108, 111, 117, 135, 161, 177, 180
мономер, 58, 142, 143, 145–147, 152, 156, 157, 183
мускон, 67

Н

найлон, 143, 144, 159, 162
найлон-6,6, 143
найпростіші (емпіричні) формули, 16–19, 44, 51, 67
наповнювачі, 146, 151, 181, 183
насичені ациклічні спирти, 69
насичені одноосновні карбонові кислоти, 92, 94–98
натрій гідроксид, 98, 107, 116, 117, 128, 129, 134, 135, 137
натрій етанолат, 71
натрій фенолат, 80, 81
нікотин, 118
новокаїн (прокаїн), 118, 126
нонан-1-ол, 115
нонаналь, 92
нуклеїнова кислота, 118, 171

О

одноатомні спирти, 5, 68–73, 78, 86, 99, 113, 114, 119
оксигеновмісні органічні сполуки, 5, 67, 68, 71, 113, 138
октадекан-1-ол, 115
октан-1-ол, 115
органічна електроніка, 182
осадження білків, 133, 135

П

парафін, 36, 55–57, 64, 150, 151
парацетамол, 125
паркезін, 146
пектидаза, 125

пеніцилін, 172
пентан-3-ол, 69
пентанова кислота, 95
пепсин, 171
пептидний зв'язок, 128–130, 132, 137, 140
первинна, вторинна, третинна й четвертинна структури білка, 131–136, 138
пероксидаза, 172
пестицид, 81, 82, 180
піретроїди (піретрини), 180
пластифікатори, 146, 151, 183
пластмаси, 58, 146–151, 162–164, 174, 176, 183, 184
поліаміди, 150, 151, 158, 159, 161, 177
полівінілбутираль, 90
полівінілхлорид, 147–149, 151, 184, 185
поліестер, 144, 159, 179
поліетилен, 58, 142, 147, 148, 150, 151, 159, 164, 179, 183, 184, 185
поліетилентерфталат, 144, 147
поліконденсація, 141–146, 161, 166, 169, 184
полілактид, 161
полімер, 64, 90, 132, 141–149, 151, 155, 159–164, 174, 182, 184, 185
полімеризація, 141, 142, 144–146, 148, 161, 184, 185
поліпептидний ланцюг, 128, 129, 131–133, 142
поліпропілен, 147, 148, 159, 161, 179
полістирен, 147, 149
полістирол, 149, 151
політетрафлуороетен, 150
природні волокна, 158
продовольча проблема, 125, 178, 180, 182, 183
пропан-1,2,3-триол, 69
пропан-1-ол, 69, 70, 99
пропан-2-ол, 69, 70
путресцин, 120

Р

ректифікація, 74,
ренін, 171
ретинол, 168
рециклізація, 147, 151, 164, 183
рівні організації білкової молекули, 131, 135

С

сапоніни, 180
сахароза, 105, 106, 108, 110, 111, 114, 115, 117
світильний газ, 44, 48, 55, 68

серин, 127
сечовина, 7, 8, 134, 171, 181
синтетичні високомолекулярні речовини, 141, 142, 183
синтетичні волокна, 158, 159, 161
синтетичні каучуки, 152, 154, 155
сорбіт, 70, 110–112
спирти, 5, 68–70, 72, 73, 77, 87, 116, 117, 119
співполімеризація, 156
сталій розвиток, 147, 151, 162, 163, 164
стійкий органічний забруднювач, 35, 58
структурна ізомерія спиртів, 70, 73
структурна ланка, 142, 145
сульфаніламід, 125
сухе пальне, 122

Т

теорія будови органічних сполук 7, 11, 61
термопластичність, 147, 151
тефлон, 150
тирамін, 138, 139
тирозин, 127
транс-жири, 104
триолеїн, 103, 104, 115
трипсин, 127, 138, 171
триптофан, 127, 140

У

уреаза, 122
уротропін, 122

Ф

фенілаланін, 139
фенол, 68, 78–83, 86, 112, 113, 115
ферменти, 74, 127, 131, 133, 135, 138, 140, 164, 167, 171–173, 185
фестал, 140
формальдегід, 87
фосфатаза, 172
фунгіцид, 80

Х

характеристична група, 13–15, 68, 69, 73, 78, 79, 82, 86, 90, 92, 94, 98, 107–109, 113, 117–119, 121, 122, 126, 136, 142
харчова добавка, 15, 67, 96
хінін, 118
хітозан, 147

Ц

целулоїд, 109, 146, 151
целюлоза, 106, 109–111, 114, 115, 135, 141, 146, 147, 167, 173, 184, 185
цетиловий спирт, 70, 74
цинамаль, 86, 87
цистеїн, 127
цистин, 127

Ч

часткове окиснення, 42, 62, 71, 90

Ш

штапель, 159

Іменний покажчик

А

Альбицький Олексій Андрійович, 10
Аратовська Євгенія Юріївна, 162

Б

Бенц Карл Фрідріх, 56
Бенц Цецилія Берта, 56
Бертло П'єр Ежен Марселен, 53, 54, 182
Берточчіні Федеріка, 164
Берцеліус Йєнс Якоб, 8, 44, 128
Браконно Анрі, 127, 128
Брігер Людвіг, 120
Бутлеров Олександр Михайлович, 7, 9, 10

В

Вагнер Єгор Єгорович, 41
Велер Фрідріх, 7, 8, 14
Вюрц Шарль Адольф, 121

Г

Герасименко Світлана Іванівна, 139
Гітчінгс Джордж Герберт, 137
Глаубер Йоганн Рудольф, 44
Годжкін Дороті Кроуфут, 172
Горбачевський Іван Якович, 130, 131
Гофман Август Вільгельм, 124
Гофман Роалд, 165
Гудієр Чарлз Нельсон, 154

Д

Дальтон Джон, 44

З

Задгаонкар Алка, 176

Зайцев Олександр Михайлович, 72

Зег Ян, 56

Зелінський Микола Дмитрович, 53

Зінін Микола Миколайович, 124

К

Кальченко Віталій Іванович, 13

Карозерс Воллес Г'юм, 134, 144

Кволек Стефані Луїза, 159, 160

Кекуле фон Страдоніц Фрідріх Август,
9, 45, 47, 51, 81

Кіпріанов Андрій Іванович, 125

Колодяжний Олег Іванович, 13

Крото Марі Елен, 162

Кук Джеймс, 170

Купер Арчибалд Скотт, 9

Кучеров Михайло Григорович, 41

Л

Лебедєв Сергій Васильович, 155

Лібих Юстус фон, 7, 8, 16, 87, 128

Лістер Джозеф, 81

Лоран Огюст, 68, 81

Лошмідт Йоганн Йозеф, 45

Лукасевич Ігнатій, 56

Люголь Жан Гійом Огюст, 112

М

Майяр Луї Каміль, 139

Манасейна-Коркунова Марія Михайлів-
на, 74

Марковников Володимир Васильович,
10, 37 41

Марченко Анатолій Павлович, 13

Мульдер Герріт Ян, 128

Н

Натта Джуліо, 155

Норенко Вікторія, 162

О

Онисько Петро Петрович, 13

П

Паркс Олександр, 146

Пашинник Валерій Юхимович, 13

Перкін Вільям Генрі, 125, 160

Пимоненко Микола Корнилович, 88

Пінчук Олександр Михайлович, 13

Планк Макс, 182

Поволоцький Марко Йосипович, 13

Полінг Лайнус Карл, 46, 132

Примаченко Марія, 79

Прянишников Дмитро Іванович, 118

Р

Райхенбах фон Карл, 56

Распай Франсуа-Венсан, 134

Реппе Вальтер Юліус, 53

Розе Фердинанд, 134

Рунге Фрідліб Фердинанд, 80, 81

С

Саварі Франсуа П'єр, 93

Синиця Анатолій Данилович, 13

Т

Тіле Фрідріх Карл Йоганнес, 46

Тіндаль Джон, 109

Толмачов Андрій Олексійович, 13

Троммер Карл Август, 90

Ф

Фарадей Майкл, 44, 48

Фукуї Кен'іті, 165

Функ Казимир, 167

Ш

Шевріль Мішель Ежен, 70, 93

Шермолівч Юрій Григорович, 13

Шорлеммер Карл, 13

Зміст

Вітаємо вас, шановні десятикласниці та десятикласники!	3
--	---

Повторення початкових понять про органічні речовини

§ 1. Склад, властивості, застосування деяких представників вуглеводнів, оксигено- і нітрогеновмісних органічних речовин	4
---	---

Тема 1. Теорія будови органічних сполук

§ 2. Поняття про явище ізомерії та ізомери. Теорія будови органічних сполук. Залежність властивостей речовин від складу та хімічної будови молекул	7
§ 3. Ковалентні Карбон-Карбонові зв'язки в молекулах органічних сполук: простий, подвійний, потрійний. Класифікація органічних сполук	12
§ 4. Виведення молекулярної формули речовини за масовими частками елементів	16

Тема 2. Вуглеводні

§ 5. Класифікація вуглеводнів	20
§ 6. Виведення молекулярної формули речовини за загальною формулою гомологічного ряду та густиною або відносною густиною	22
§ 7. Алкани – ациклічні насичені вуглеводні. Будова їхніх молекул, ізомерія	24
§ 8. Систематична номенклатура алканів	27
§ 9. Виведення молекулярної формули речовини за масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів або продуктів реакції	32
§ 10. Хімічні властивості алканів	36
§ 11. Алкени та алкіни. Загальні та молекулярні формули алкенів та алкінів, структурна ізомерія, систематична номенклатура. Хімічні властивості етену та етину	39
§ 12. Бензен: молекулярна і структурна формули. Арени. Фізичні та хімічні властивості бензену	44
§ 13. Методи добування алканів, етену, етину, бензену. Взаємозв'язок між вуглеводнями	51
§ 14. Застосування вуглеводнів	54
Тестовий контроль знань з тем «Повторення початкових понять про органічні речовини», «Теорія будови органічних сполук» і «Вуглеводні»	61
Кейс «Про мурашок і не лише...» до тем «Теорія будови органічних сполук», «Вуглеводні»	63
Для розумників і розумниць	65

Тема 3. Оксигеновмісні органічні сполуки

§ 15. Спирти	68
§ 16. Добування етанолу. Застосування спиртів	74
§ 17. Фенол	78
§ 18. Обчислення за хімічними рівняннями кількості речовини, маси або об'єму продукту реакції за кількістю речовини, масою або об'ємом реагенту, що містить певну частку домішок	83
§ 19. Альдегіди	86
§ 20. Карбонові кислоти	92
§ 21. Естери	98
§ 22. Жири	101
§ 23. Вуглеводи	105
Практична робота 1. Розв'язування експериментальних задач	112
Тестовий контроль знань з теми «Оксигеновмісні органічні сполуки»	113
Кейс «Щоб відчутти смак меду, треба спізнати смак праці»	115
Для розумників і розумниць	116

Тема 4. Нітрогеновмісні органічні сполуки

§ 24. Аміни	118
§ 25. Анілін	122

§ 26. Амінокислоти	126
§ 27. Білки	130
Тестовий контроль знань з теми «Нітрогеновмісні органічні сполуки»	136
Кейс «Яке запитання, така і відповідь» до теми «Нітрогеновмісні органічні сполуки»	138
Для розумників і розумниць	140

Тема 5. Синтетичні високомолекулярні речовини і полімерні матеріали на їх основі

§ 28. Синтетичні високомолекулярні речовини. Полімери. Реакції полімеризації та поліконденсації	142
§ 29. Пластмаси	146
§ 30. Каучуки, гума	152
§ 31. Синтетичні волокна: фізичні властивості та застосування	157
§ 32. Уплив полімерних матеріалів на здоров'я людини та довкілля. Проблеми утилізації полімерів і пластмас у контексті сталого розвитку суспільства	161

Тема 6. Багатоманітність органічних речовин та зв'язки між їхніми класами

§ 33. Зв'язки між класами органічних речовин	165
§ 34. Загальні поняття про біологічно активні речовини	167
§ 35. Роль органічної хімії в розв'язуванні енергетико-сировинної проблеми	173
§ 36. Роль органічної хімії в розв'язуванні продовольчої проблеми, створенні нових матеріалів	178
Тестовий контроль знань з тем «Синтетичні високомолекулярні речовини і полімерні матеріали на їхній основі», «Багатоманітність та зв'язки між класами органічних речовин»	183
Кейс «Per aspera ad astra» до тем «Синтетичні високомолекулярні речовини і полімерні матеріали на їхній основі» та «Багатоманітність органічних речовин і зв'язки між їхніми класами»	185
Для розумників і розумниць	185
Предметний показчик	186
Іменний показчик	189

Навчальне видання

ЛАШЕВСЬКА Ганна Анатоліївна, ЛАШЕВСЬКА Аліна Альбертівна,
ЮЩЕНКО Сніжана Ростиславівна

ХІМІЯ (рівень стандарту)

Підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Головний редактор *Н. Заблоцька*. Редактор *Л. Мялківська*. Обкладинка *Т. Куц*.
Макет, художнє оформлення і комп'ютерна обробка ілюстрацій *Л. Кузнецової*.
Технічний редактор *Ц. Федосіхіна*. Комп'ютерна верстка *Т. Скалиги*. Коректори
Л. Федоренко, В. Бондаренко

Формат 70×100/16. Ум. друк. арк. 15,60. Обл.-вид. арк. 12,95.

Тираж 10567 пр. Вид. № 1971. Зам. №

Видавництво «Генеза», вул. Тимошенка, 2-л, м. Київ, 04212.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 5088 від 27.04.2016.

Віддруковано у ТОВ «ПЕТ», вул. Ольмінського, 17, м. Харків, 61024.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 4526 від 18.04.2013.

ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ (ДОВГОПЕРІОДНА ФОРМА)

Періоди	Групи елементів																					
	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIБ	VIIIБ		IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA					
1	H ¹ 1.00794 1s ¹ Гідроген															He ² 4.002602 1s ² Гелій						
2	Li ³ 6.941 [He]2s ¹ Літій	Be ⁴ 9.012182 [He]2s ² Берилій															B ⁵ 10.811(7) [He]2s ² 2p ¹ Бор	C ⁶ 12.0107(8) [He]2s ² 2p ² Карбон	N ⁷ 14.0067(2) [He]2s ² 2p ³ Нітроген	O ⁸ 15.9994(3) [He]2s ² 2p ⁴ Оксиген	F ⁹ 18.9984032(5) [He]2s ² 2p ⁵ Флуор	Ne ¹⁰ 20.1797(6) [He]2s ² 2p ⁶ Неон
3	Na ¹¹ 22.989770 [Ne]3s ¹ Натрій	Mg ¹² 24.3050 [Ne]3s ² Магній															Al ¹³ 26.9815386(8) [Ne]3s ² 3p ¹ Алюміній	Si ¹⁴ 28.0855(3) [Ne]3s ² 3p ² Силіцій	P ¹⁵ 30.973762(2) [Ne]3s ² 3p ³ Фосфор	S ¹⁶ 32.065(5) [Ne]3s ² 3p ⁴ Сульфур	Cl ¹⁷ 35.453(2) [Ne]3s ² 3p ⁵ Хлор	Ar ¹⁸ 39.948(1) [Ne]3s ² 3p ⁶ Аргон
4	K ¹⁹ 39.0983 [Ar]4s ¹ Калій	Ca ²⁰ 40.078 [Ar]4s ² Кальцій	Sc ²¹ 44.955910 [Ar]3d ¹ 4s ² Скандій	Ti ²² 47.867 [Ar]3d ² 4s ² Титан	V ²³ 50.9415 [Ar]3d ³ 4s ² Ванадій	Cr ²⁴ 51.9961 [Ar]3d ⁵ 4s ¹ Хром	Mn ²⁵ 54.938046 [Ar]3d ⁵ 4s ² Манган	Fe ²⁶ 55.845 [Ar]3d ⁶ 4s ² Ферум	Co ²⁷ 58.933200 [Ar]3d ⁷ 4s ² Кобальт	Ni ²⁸ 58.6934(2) [Ar]3d ⁸ 4s ² Нікель	Cu ²⁹ 63.546(3) [Ar]3d ¹⁰ 4s ¹ Купрум	Zn ³⁰ 65.409(4) [Ar]3d ¹⁰ 4s ² Цинк	Ga ³¹ 69.723(1) [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹ Галій	Ge ³² 72.64(1) [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ² Германій	As ³³ 74.92160(2) [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ³ Арсен	Se ³⁴ 78.96(3) [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ Селен	Br ³⁵ 79.904(1) [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵ Бром	Kr ³⁶ 83.798(2) [Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ Криптон				
5	Rb ³⁷ 85.4678 [Kr]5s ¹ Рубідій	Sr ³⁸ 87.62 [Kr]5s ² Стронцій	Y ³⁹ 88.90585 [Kr]4d ¹ 5s ² Ітрій	Zr ⁴⁰ 91.224 [Kr]4d ² 5s ² Цирконій	Nb ⁴¹ 92.90638 [Kr]4d ⁴ 5s ¹ Ніобій	Mo ⁴² 95.94 [Kr]4d ⁵ 5s ¹ Молібден	Tc ⁴³ (97) [Kr]4d ⁵ 5s ² Технецій	Ru ⁴⁴ 101.07 [Kr]4d ⁷ 5s ¹ Рутеній	Rh ⁴⁵ 102.90550 [Kr]4d ⁸ 5s ¹ Родій	Pd ⁴⁶ 106.42(1) [Kr]4d ¹⁰ Паладій	Ag ⁴⁷ 107.8682(2) [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹ Аргентум	Cd ⁴⁸ 112.411(8) [Kr]4d ¹⁰ 5s ² Кадмій	In ⁴⁹ 114.818(3) [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹ 5p ¹ Індій	Sn ⁵⁰ 118.710(7) [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹ 5p ² Станум	Sb ⁵¹ 121.760(1) [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹ 5p ³ Стибій	Te ⁵² 127.60(3) [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹ 5p ⁴ Телур	I ⁵³ 126.90447(3) [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹ 5p ⁵ Йод	Xe ⁵⁴ 131.293(6) [Kr]4d ¹⁰ 5s ¹ 5p ⁶ Ксенон				
6	Cs ⁵⁵ 132.90545 [Xe]6s ¹ Цезій	Ba ⁵⁶ 137.327 [Xe]6s ² Барій	La ^{* 57} 138.9055 [Xe]5d ¹ 6s ² Лантан	Hf ⁷² 178.46 [Xe]4f ¹⁴ 5d ² 6s ² Гафній	Ta ⁷³ 180.9479 [Xe]4f ¹⁴ 5d ³ 6s ² Тантал	W ⁷⁴ 183.84 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ² Вольфрам	Re ⁷⁵ 186.207 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ² Реній	Os ⁷⁶ 190.23 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ² Осмій	Ir ⁷⁷ 192.217 [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ² Іридій	Pt ⁷⁸ 195.084(9) [Xe]4f ¹⁴ 5d ⁹ 6s ¹ Платина	Au ⁷⁹ 196.966569(4) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹ Аурум	Hg ⁸⁰ 200.59(2) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² Ртуть	Tl ⁸¹ 204.3833(2) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹ Талій	Pb ⁸² 207.2(1) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ² Плюмбум	Bi ⁸³ 208.98040(1) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³ Бісмут	Po ⁸⁴ (209) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴ Полоній	At ⁸⁵ (210) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵ Астат	Rn ⁸⁶ (222) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶ Радон				
7	Fr ⁸⁷ (223) [Rn]7s ¹ Францій	Ra ⁸⁸ (226) [Rn]7s ² Радій	Ac ^{** 89} (227) [Rn]6d ¹ 7s ² Актиній	Rf ¹⁰⁴ (261) [Rn]5f ¹⁴ 6d ² 7s ² Резерфордій	Db ¹⁰⁵ (262) [Rn]5f ¹⁴ 6d ³ 7s ² Дубній	Sg ¹⁰⁶ (263) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ² Сиборгій	Bh ¹⁰⁷ (264) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ² Борій	Hs ¹⁰⁸ (265) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ² Гасій	Mt ¹⁰⁹ (268) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ² Мейтнерій	Ds ¹¹⁰ (271) [Rn]5f ¹⁴ 6d ⁹ 7s ¹ Дармштадтій	Rg ¹¹¹ (272) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ¹ Рентгеній	Cn ¹¹² (285) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² Коперницій	Nh ¹¹³ (284) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ¹ Ніхоній	Fl ¹¹⁴ (289) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ² Флеровій	Mc ¹¹⁵ (288) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ³ Московій	Lv ¹¹⁶ (292) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁴ Ліверморій	Ts ¹¹⁷ (295) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁵ Теннессин	Og ¹¹⁸ (294) [Rn]5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁶ Оганесон				

*Лантаноїди

**Актиноїди

Ce ⁵⁸ 140.116(1) [Xe]4f ¹ 5d ¹ 6s ² Церій	Pr ⁵⁹ 140.90765(2) [Xe]4f ³ 6s ² Празеодим	Nd ⁶⁰ 144.242(3) [Xe]4f ⁴ 6s ² Неодим	Pm ⁶¹ (145) [Xe]4f ⁵ 6s ² Прометій	Sm ⁶² 150.36(2) [Xe]4f ⁶ 6s ² Самарій	Eu ⁶³ 151.964(1) [Xe]4f ⁷ 6s ² Європій
Th ⁹⁰ 232.03806(2) [Rn]6d ² 7s ² Торій	Pa ⁹¹ 231.03588(2) [Rn]5f ² 6d ¹ 7s ² Протактиній	U ⁹² 238.02891(3) [Rn]5f ³ 6d ¹ 7s ² Уран	Np ⁹³ (237) [Rn]5f ⁴ 6d ¹ 7s ² Нептуній	Pu ⁹⁴ (244) [Rn]5f ⁶ 7s ² Плутоній	Am ⁹⁵ (243) [Rn]5f ⁷ 7s ² Америцій

Gd ⁶⁴ 157.25(3) [Xe]4f ⁷ 5d ¹ 6s ² Гадоліній	Tb ⁶⁵ 158.92535(2) [Xe]4f ⁹ 6s ² Тербій	Dy ⁶⁶ 162.500(1) [Xe]4f ¹⁰ 6s ² Диспрозій	Ho ⁶⁷ 164.93032(2) [Xe]4f ¹¹ 6s ² Гольмій	Er ⁶⁸ 167.259(3) [Xe]4f ¹² 6s ² Ербій	Tm ⁶⁹ 168.93421(2) [Xe]4f ¹³ 6s ² Тулій	Yb ⁷⁰ 173.04(3) [Xe]4f ¹⁴ 6s ² Лютецій	Lu ⁷¹ 174.967(1) [Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² Лантан
Cm ⁹⁶ (247) [Rn]5f ⁷ 6d ¹ 7s ² Кюрії	Bk ⁹⁷ (247) [Rn]5f ⁹ 7s ² Берклій	Cf ⁹⁸ (251) [Rn]5f ¹⁰ 7s ² Каліфорній	Es ⁹⁹ (252) [Rn]5f ¹¹ 7s ² Ейнштейній	Fm ¹⁰⁰ (257) [Rn]5f ¹² 7s ² Фермій	Md ¹⁰¹ (258) [Rn]5f ¹³ 7s ² Менделевій	No ¹⁰² (259) [Rn]5f ¹⁴ 7s ² Нобелій	Lr ¹⁰³ (262) [Rn]5f ¹⁴ 7s ² 7p ¹ Лоуренсій

Таблиця розчинності основ, кислот, амфотерних гідроксидів та солей у воді (за температури 20-25 °С)

	H ⁺	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ni ²⁺	Co ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Cu ²⁺
OH ⁻		P	P	P	P	P	M	M	M	H	H	H	H	H	H	H	H	H	-	H	H	H
F ⁻	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	P	P	-	H	P	P
Cl ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	P	P
Br ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	P	P
I ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	#	P	#	P	P	P	P	P	H	H	H	P
S ²⁻	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H
SO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	M	H	#	-	H	-	H	H	H	#	M	H	H	#	#
SO ₄ ²⁻	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	H	P	P
NO ₃ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO ₂ ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	#	#	#	#	P	M	M	#	#	#	#	#	#
PO ₄ ³⁻	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
CO ₃ ²⁻	P	P	P	P	P	H	H	H	H	#	#	H	#	H	H	H	H	H	#	H	#	H
CH ₃ COO ⁻	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	P	P	-	P
SiO ₃ ²⁻	H	H	P	P	#	H	H	H	H	#	#	H	#	#	#	#	H	#	#	H	#	#

Р – розчинні (більше від 1 г в 100 г води);

М – малорозчинні (від 1 г до 0,001 г в 100 г води);

Н – нерозчинні (менше від 0,001 г у 100 г води);

– не існують; «-» – реагують з водою з утворенням нерозчинних основних солей чи гідроксидів

Якісні реакції на деякі органічні речовини						
Реактиви	Бромна вода (насичений водний розчин броду)	Свіжодобутий купрум(II) гідроксид	Амоніачний розчин аргентум(I) оксиду	Водно-спиртовий розчин йоду	Концен- трована нітратна кислота	
Речовини						
Алкени, алкіни	Знебарвлення бурого розчину $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{BrCH}_2-\text{CH}_2\text{Br}$ $\text{HC}\equiv\text{CH} + 2\text{Br}_2 \rightarrow \text{Br}_2\text{CH}-\text{CHBr}_2$					
Багато- атомні спирти		Розчинення блакитного драглистого осаду, утворення яскраво-синього розчину				
Альдегіди		За нагрівання – утворення целляно-черво- ного осаду $\text{RCHO} + 2\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t} \text{RCOOH} + \text{Cu}_2\text{O}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$	За нагрівання – утворення осаду срібла (реакція срібного дзеркала) $\text{RCHO} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{t} \text{RCOOH} + 2\text{Ag}\downarrow$			
Фенол	Утворення білого осаду $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + 3\text{Br}_2 \rightarrow \text{HOC}_6\text{H}_2\text{Br}_3\downarrow + 3\text{HBr}$					
Глюкоза		Розчинення блакитного драглистого осаду, утворення яскраво-синього розчину, за нагрівання – утворення целляно-червоного осаду $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5\text{CHO} + \text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{t} \text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5\text{COOH} + 2\text{Ag}\downarrow$	За нагрівання – утворення осаду срібла (реакція срібного дзеркала)			
Крохмаль				Поява синього забарвлен- ня		
Анілін	Утворення білого осаду $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2 + 3\text{Br}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{NC}_6\text{H}_2\text{Br}_3\downarrow + 3\text{HBr}$					
Білки		Розчинення блакитного драглистого осаду, утворення фіолетового розчину (біуретова реакція)			Поява жовтого забарвлен- ня (ксанто- протейнова реакція)	