

П. П. Попель, Л. С. Крикля

ХІМІЯ

Рівень стандарту

Підручник

для 10 класу
закладів загальної
середньої освіти



Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України

а | Київ
Видавничий центр «Академія»
2018

Попель П. П.

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

ISBN 978-966-580-552-6

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

Шановні десятикласники!

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

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

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

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

У нашому підручнику, як і в попередніх, найважливіші означення подано кольоровим шрифтом. Нові терміни, слова зі смисловим акцентом, заголовки в параграфах, важливу інформацію виділено курсивом або жирним шрифтом. Опис

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

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

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

Автори

1 розділ

Теорія будови органічних сполук

Цей розділ містить матеріал про класифікацію органічних речовин і типи хімічного зв'язку, які в них реалізуються. Ви ознайомитесь з основними положеннями теорії будови органічних сполук, явищем ізомерії, що є одним із чинників, які зумовлюють багатоманітність органічних речовин, навчитесь розв'язувати задачі на виведення їх хімічних формул.

1

Органічні сполуки

Матеріал параграфа допоможе вам:

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

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

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

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

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

Цікаво знати

Карбон є чотири-валентним в усіх сполуках, крім оксиду СО.

- виявляти досить високу валентність (її значення дорівнює чотирьом);
- утворювати прості, подвійні та потрійні ковалентні зв'язки ($\begin{array}{c} | \\ -C- \\ | \end{array}$, $\begin{array}{c} | \\ =C- \\ | \end{array}$, $=C=$, $\equiv C-$);
- сполучатися один з одним у ланцюги різної будови — нерозгалужені ($\begin{array}{c} | & | & | \\ -C- & -C- & -C- \\ | & | & | \end{array}$), розгалужені ($\begin{array}{c} | & | & | & | \\ -C- & -C- & -C- & -C- \\ | & | & | & | \\ & | & & | \\ & -C- & & \end{array}$), замкнені ($\begin{array}{c} | & | \\ -C- & -C- \\ | & | \\ -C- & -C- \\ | & | \end{array}$).

Замкнений ланцюг називають циклом.

Серед органічних речовин найбільше вуглеводнів — сполук Карбону з Гідроеном.

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

¹ Термін походить від латинського слова nomenclatura — система назв.

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

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

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

Схема 1

Класифікація сполук за якісним (елементним) складом

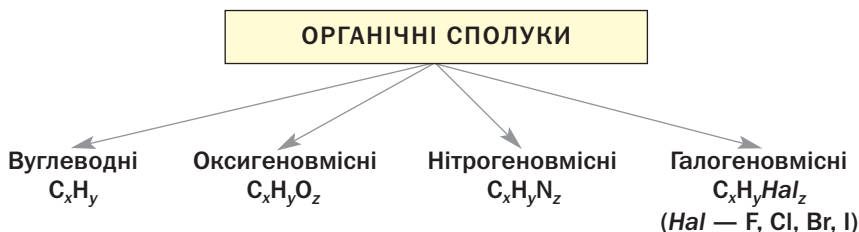
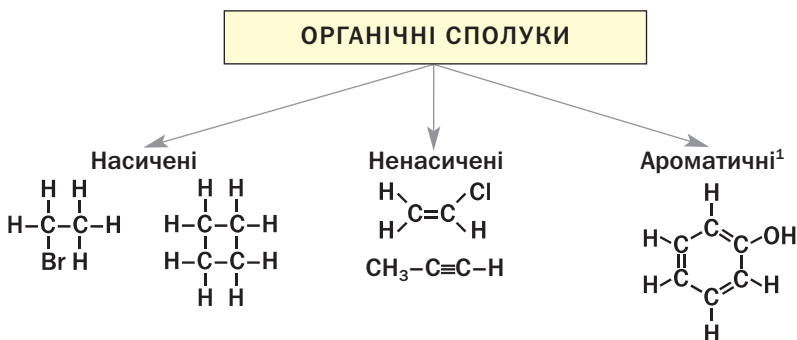


Схема 2

Класифікація сполук за особливостями зв'язку між атомами Карбону

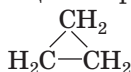


¹ Термін походить від грецького слова *arōmatos* — пахуча речовина.

Молекули *насичених* сполук містять лише прості зв'язки між атомами Карбону, а *ненасичених* — ще й подвійні, потрійні зв'язки. У молекулах *ароматичних* сполук є карбонові цикли, в яких унаслідок чергування простих і подвійних зв'язків утворюється замкнена електронна система з рівномірно розподіленою електронною густиною¹.

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

Цікаво знати
Найпростішим циклічним вуглеводнем є циклопропан



Ще одним критерієм для класифікації органічних сполук (за винятком вуглеводнів) є наявність у молекулах певних груп атомів, які називають *характеристичними*, або *функціональними*, групами. Така група атомів зумовлює хімічні властивості, притаманні сполукам даного класу. Серед оксигеновмісних органічних сполук виокремлюють, наприклад, клас спиртів, клас карбонових кислот. У молекулах спиртів містяться, крім вуглеводневих залишків, гідроксильні групи (—ОН), а карбонових кислот — карбоксильні групи (—COOH). Молекули деяких сполук мають кілька різних характеристичних груп. Так, у молекулі амінооцтової кислоти $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ є аміногрупа (—NH₂) і карбоксильна група (—COOH).

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

► До яких типів (класів) органічних речовин зараховують сполуку з формулою $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$?

¹ Про це йтиметься в § 11.

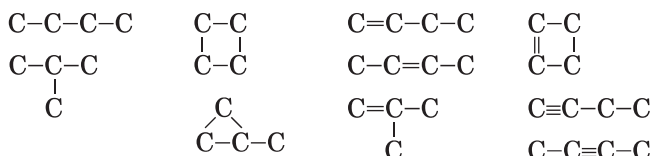
Розглянемо вправу, яка підтверджує здатність кількох атомів Карбону разом з атомами інших елементів утворювати багато різних молекул, а отже, й органічних речовин.

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

Розв'язання

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

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



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

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

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

Виконавши останнє завдання, ви отримали структурні формули молекул вуглеводнів.

ВИСНОВКИ

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

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

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



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

2 Теорія будови органічних сполук

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

10

Олександр Михайлович Бутлеров
(1828—1886)



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

Цікаво знати

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

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

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

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

Наводимо основні положення теорії в сучасному тлумаченні:

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

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

Згідно із цією теорією, за будовою молекули можна спрогнозувати властивості речовини, і навпаки — властивості речовини вказують на певні особливості будови її молекул.

Теорія будови органічних сполук давала змогу передбачати існування багатьох невідомих речовин. Успішні синтетики таких речовин у хімічних лабораторіях підтверджували правильність створеної теорії.

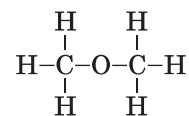
Подальший розвиток теорія будови органічних сполук отримала в працях голландського хіміка Я. Вант-Гоффа і французького хіміка Ж.-А. Ле Беля. Цих учених вважають основоположниками вчення про просторову будову молекул органічних речовин, залежність властивостей речовин від розміщення атомів і груп атомів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

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

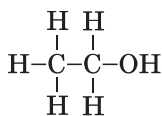
Теорія будови органічних сполук завдяки використанню сучасних методів дослідження невпинно розвивається. Нині відомо, що *на властивості сполук впливає не лише порядок розміщення атомів у молекулі, а і її геометрична (просторова) форма, розподіл електронів між атомами, зміщення спільних електронних пар,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

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

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

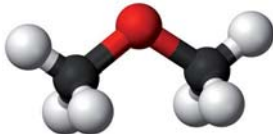


диметиловий етер

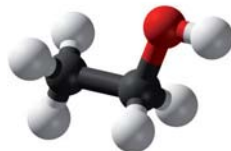


етиловий спирт

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



а



б

Це зумовлює відмінності у фізичних і хімічних властивостях сполук. Диметиловий етер за звичайних умов є газом; температура кипіння сполуки становить $-23,7^\circ\text{C}$. Етиловий спирт — рідина з температурою кипіння $+78,3^\circ\text{C}$. Етер не взаємодіє з натрієм, а спирт реагує із цим металом (§ 14).

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

Ізомерію, зумовлену різною послідовністю сполучення атомів у молекулах, а також різним розміщенням кратних² зв'язків у них,

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

² Тобто подвійних, потрійних зв'язків.

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

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

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

ВИСНОВКИ

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

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

Сполуки, які мають однаковий склад, але різняться за будовою молекул, називають ізомерами, а явище існування таких сполук — ізомерією.



8. Сформулюйте основні положення теорії будови органічних сполук.
9. За матеріалами з інтернету або іншими джерелами інформації підготуйте повідомлення про одного з вітчизняних учених, імена яких зайдано в параграфі.
10. Доберіть кілька словосполучень для правильного закінчення речення «Для того щоб описати будову молекули органічної речовини, потрібно знати...»:
 - а) склад молекули;
 - б) послідовність сполучення атомів у молекулі;
 - в) розміщення атомів у просторі;
 - г) температури плавлення і кипіння речовини;
 - г) хімічні властивості речовини;
 - д) електронегативності атомів.

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

3 Хімічний зв'язок в органічних сполуках

Матеріал параграфу допоможе вам:

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

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

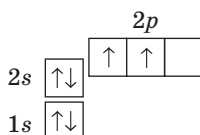
Ковалентний зв'язок. Вам відомо, що ковалентний зв'язок виникає між двома атомами внаслідок утворення однієї або кількох спільних електронних пар за рахунок неспарених електронів¹. Формуванню таких пар передують перекривання відповідних орбіталей. Орбіталі можуть перекриватися з утворенням:

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

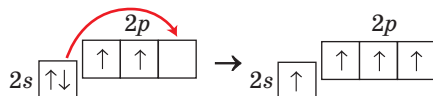
¹ Існує інший механізм утворення ковалентного зв'язку (с. 158).

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

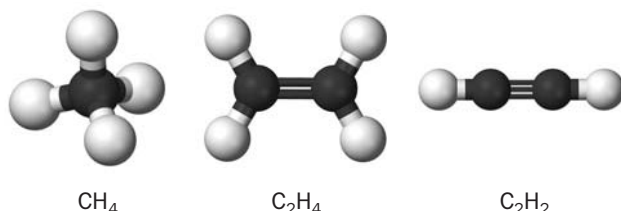
Утворення ковалентних зв'язків за участю атомів Карбону. В органічних речовинах атоми Карбону можуть сполучатися з іншими атомами простими, подвійними, потрійними зв'язками (мал. 2). У цих речовинах Карбон чотиривалентний. Таке значення валентності можливе, якщо атом має чотири неспарені електрони. Згідно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



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

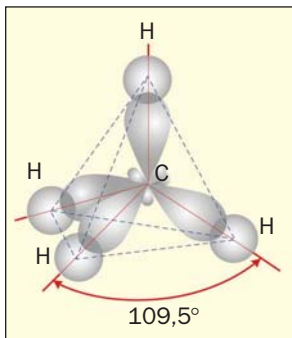


Мал. 2.
Кулестержневі
моделі
молекул
вуглеводнів



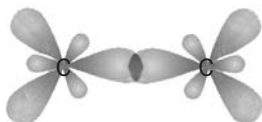
У молекулах насичених вуглеводнів — метану CH_4 та його гомологів — кожен атом Карбону утворює з іншими атомами чотири прості ковалентні зв'язки. При утворенні такого зв'язку енергії $2s$ - і трьох $2p$ -електронів атома Карбону вирівнюються, а їхні орбіталі набувають однакової форми — несиметричної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

Мал. 3.
Перекривання
орбіталей
у молекулі
метану

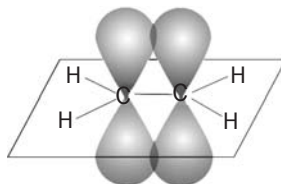


й перекриваються з такими самими орбітями іншого атома Карбону та/або із s -орбітями атомів Гідрогену. Утворюються прості зв'язки¹ $C-C$ і $C-H$.

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



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



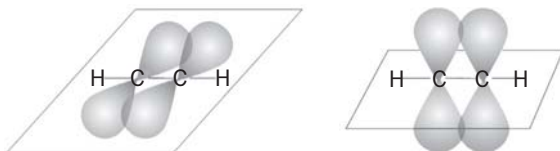
¹ Простий зв'язок називають σ -зв'язком (σ читається «сигма»).

Отже, подвійний зв'язок $C=C$ має два неоднакові складники, один із яких є простим зв'язком. Другий складник¹ може легко руйнуватися під час хімічних реакцій (§ 9).

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



Два інших електрони кожного атома Карбону залишаються у двох p -орбіталях і зумовлюють другий і третій складники потрібного зв'язку $C\equiv C$:



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

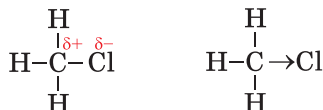
Таким чином, зв'язки $C=C$ і $C\equiv C$ утворені різними складниками².

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

¹ Його назва — π -зв'язок.

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

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

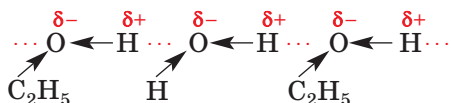


Чим більша різниця електронегативностей атомів, тим більш полярним є зв'язок між ними. Значна полярність зв'язку O—H у молекулі оцтової кислоти CH_3COOH зумовлює її електролітичну дисоціацію у водному розчині.

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

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

Водневий зв'язок. Цей тип хімічного зв'язку реалізується між молекулами, в яких атоми Гідрогену сполучені з атомами найелектронегативніших елементів — Флуору, Оксигену, Нітрогену. Ви знаєте, що водневі зв'язки існують між молекулами води, спирту, оцтової кислоти, а також у водному розчині між молекулами води та молекулами будь-якої з названих сполук. Цей зв'язок позначають трьома крапками між відповідними атомами:



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

ВИСНОВКИ

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

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

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



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

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

Матеріал параграфу допоможе вам:

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

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

Розв'язувати задачі необов'язково так, як запропоновано в підручнику; ви можете обрати для цього власний шлях.

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

ЗАДАЧА 1. Вивести формулу оксигеновмісної органічної сполуки, якщо масова частка Карбону в ній становить 37,5 %, а Гідрогену — 12,5 %.

Дано:



$$w(C) = 37,5 \%$$

$$w(H) = 12,5 \%$$



Розв'язання

1. Обчислюємо масову частку Оксигену в сполуці:

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

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

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

$$\begin{aligned}
 x : y : z &= n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = \\
 &= \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} : \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \\
 &= \frac{37,5}{12} : \frac{12,5}{1} : \frac{50,0}{16} = 3,125 : 12,5 : 3,125.
 \end{aligned}$$

3. Знаходимо формулу сполуки.

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

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

Формула сполуки — CH_4O . Таку формулу має метанол CH_3OH .

Відповідь: CH_3OH .

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

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

Дано:

$$\text{C}_x\text{H}_y$$

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

$$\text{C}_x\text{H}_y \text{ — ?}$$

Розв'язання

1. Обчислюємо масову частку Карбону в сполуці:

$$\begin{aligned}
 w(\text{C}) &= 100 \% - w(\text{H}) = \\
 &= 100 \% - 18,2 \% = 81,8 \%.
 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned}
 x : y &= n(\text{C}) : n(\text{H}) = \\
 &= \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{81,8}{12} : \frac{18,2}{1} = \\
 &= 6,82 : 18,2.
 \end{aligned}$$

3. Знаходимо формулу сполуки.

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

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

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

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

Формула вуглеводню — C_3H_8 . Таку формулу має пропан.

Відповідь: C_3H_8 .

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

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

Дано:



$$w(C) = 85,7 \%$$

$$M(C_xH_y) =$$

$$= 56 \text{ г/моль}$$

$$C_xH_y — ?$$

Розв'язання

1-й спосіб

1. Обчислюємо масову частку Гідрогену в сполуці:

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

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

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

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

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

3. Знаходимо істинну формулу сполуки C_xH_y . Вона кратна найпростішій: $\text{C}_x\text{H}_y = (\text{CH}_2)_z$.

$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = M[(\text{CH}_2)_z] = zM(\text{CH}_2) = 56 \text{ г/моль.}$$

Звідси

$$z = \frac{M(\text{C}_x\text{H}_y)}{M(\text{CH}_2)} = \frac{56}{14} = 4.$$

Істинна формула сполуки — $(\text{CH}_2)_4$, або C_4H_8 .

2-й спосіб

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

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

2. Знаходимо кількість речовини Карбону в 1 моль вуглеводню:

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

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

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

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

Формула вуглеводню — C_4H_8 .

Відповідь: C_4H_8 .

ВИСНОВКИ

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



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

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

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

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

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

2 розділ

Вуглеводні

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

Вуглеводні становлять основу органічної хімії. Одне з означень цієї галузі хімічної науки таке: *органічна хімія — хімія вуглеводнів та їх похідних*. Похідними називають продукти заміщення атомів Гідрогену в молекулах вуглеводнів на атоми інших елементів або групи сполучених атомів ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$ та ін.).

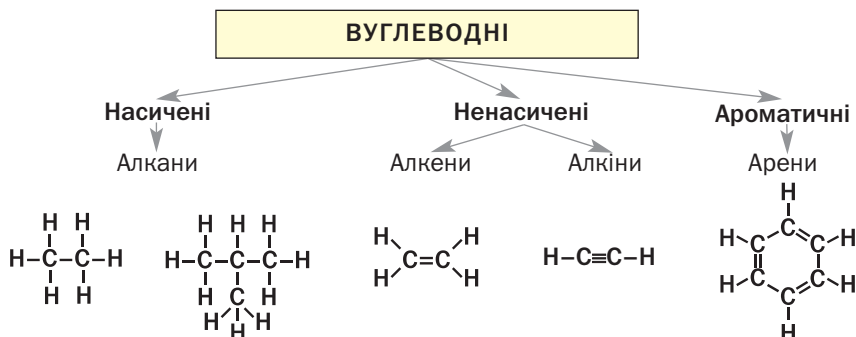
Вуглеводні



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

Схема 3

Класифікація вуглеводнів
за особливостями зв'язку між атомами Карбону



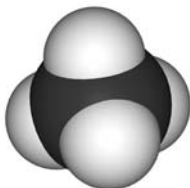
5 Алкани

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, які вуглеводні називають алканами;
- отримати відомості про ізомерію алканів;
- складати структурні формули молекул алканів;
- називати алкани за правилами систематичної номенклатури.

Склад молекул. Ви знаєте, що найпростішим насиченим вуглеводнем є метан CH_4 (мал. 2, 4). Він започатковує гомологічний ряд, до якого зараховують сполуки з формулами C_2H_6 , C_3H_8 та багато інших. Вам відомо, що гомологічний ряд — це ряд органічних сполук (гомологів), молекули яких подібні за будовою й різняться на одну або кілька груп атомів CH_2 (так звана гомологічна різниця).

Мал. 4.
Масштабна
модель
молекули
метану



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

Алкани
 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

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

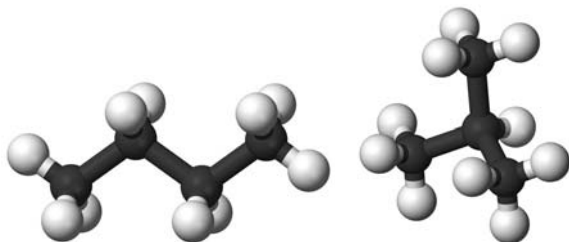
Ізомерія. Для алканів, крім метану CH_4 , етану C_2H_6 і пропану C_3H_8 , існують ізомери.

► Які сполуки називають ізомерами?

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



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



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

Молекули ізомерних алканів різняться за послідовністю сполучення атомів Карбону. Ці сполуки є структурними ізомерами (§ 2) і мають різні властивості. Наприклад, температура кипіння бутану з нерозгалуженими молекулами становить $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а його ізомеру з розгалуженими молекулами $-11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Існують відмінності й у хімічних властивостях ізомерів.

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

молекулах: C_5H_{12} — пентан, C_6H_{14} — гексан, C_7H_{16} — гептан, C_8H_{18} — октан, C_9H_{20} — нонан, $C_{10}H_{22}$ — декан.

Цікаво знати

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

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

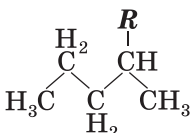
Таблиця 1

Алкани

Назва	Формула	
	хімічна	структурна (скорочена)
Метан	CH_4	CH_4
Етан	C_2H_6	CH_3-CH_3
Пропан	C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$
<i>n</i> -Бутан	C_4H_{10}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
<i>n</i> -Пентан	C_5H_{12}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
<i>n</i> -Гексан	C_6H_{14}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
<i>n</i> -Гептан	C_7H_{16}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
<i>n</i> -Октан	C_8H_{18}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
<i>n</i> -Нонан	C_9H_{20}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
<i>n</i> -Декан	$C_{10}H_{22}$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

При складанні назв ізомерів використовують поняття «замісник». Замісник — атом¹ або група атомів, що є відгалуженням у карбоновому ланцюзі. Загальне позначення замісника — *R*.

Формула з позначенням замісника



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

¹ Крім атома Гідрогену.

$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--}$. Загальна формула цих та інших аналогічних замісників $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{--}$.

Замісником, наявним у молекулі ізобутану $\text{CH}_3\text{--}\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{--CH}_3$, є група атомів $\text{CH}_3\text{--}$, а молекула

$\text{CH}_3\text{--}\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{--}\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}}\text{--}\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{--CH}_3$ містить три замісники

ки — групу атомів $\text{C}_2\text{H}_5\text{--}$ і дві групи $\text{CH}_3\text{--}$.

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

Правила складання назв алканів розгалуженої будови

1. У молекулі алкану обирають найдовший (головний) карбоновий ланцюг і нумерують у ньому атоми Карбону. Нумерацію починають із того кінця ланцюга, до якого ближче перебуває замісник (замісники).
2. Визначають назву кожного замісника.
3. Назви замісників розміщують за алфавітом на початку назви сполуки. Перед назвою кожного замісника через дефіс вказують номер атома Карбону, з яким сполучений замісник. Останньою записують назву алкану нерозгалуженої будови, молекула якого містить стільки атомів Карбону, скільки їх у головному ланцюзі.
4. За наявності кількох однакових замісників зазначають їх кількість, додаючи до назви замісника префікс (ди- або ді¹, три-, тетра- тощо), а перед ним вказують номери відповідних атомів Карбону, розділені комами.

Згідно з наведеними правилами, систематична назва вуглеводню, структурна формула молекули якого

$$\overset{1}{\text{CH}_3}\text{--}\overset{2}{\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}\text{--}\overset{3}{\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}}}\text{--}\overset{4}{\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}\text{--}\overset{5}{\text{CH}_3}, \text{—}$$

3-етил-2,4-диметилпентан.

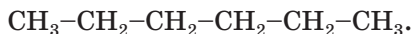
¹ Відповідно до українського правопису.

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

Розв'язання

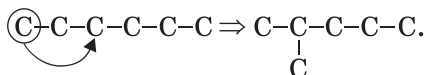
З'ясовуємо варіанти сполучення шести атомів Карбону. Кількість варіантів дорівнюватиме кількості ізомерних алканів C_6H_{14} .

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

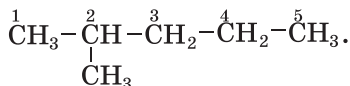


Назва відповідного алкану — *n*-гексан.

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

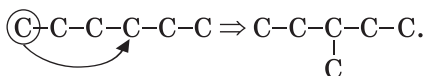


У найдовшому карбоновому ланцюзі міститься п'ять атомів Карбону. Нумеруємо їх з того кінця ланцюга, до якого ближче розташований замісник, і дописуємо атоми Гідрогену:

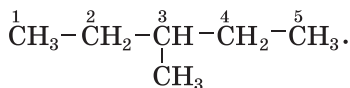


Назва алкану — 2-метилпентан.

3. Тепер переміщуємо перший атом Карбону до четвертого:

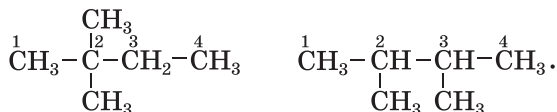


Додаємо атоми Гідрогену:



Назва алкану — 3-метилпентан.

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



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

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

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

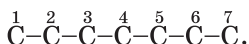
назву *метилпропан*, а не 2-метилпропан.

Виконаємо протилежне завдання — складемо формулу сполуки за її назвою.

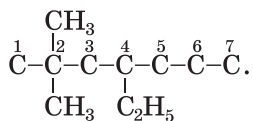
ВПРАВА 2. Скласти формулу алкану, назва якого — 4-етил-2,2-диметилгептан.

Розв'язання

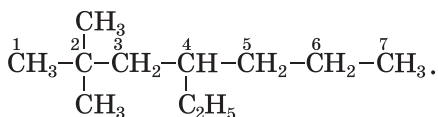
Записуємо ланцюг із семи атомів Карбону (його має молекула *n*-гептану) і нумеруємо атоми в ньому:



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



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



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

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

вторинный третинный

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{CH}_3$

первинный четвертинный

ВИСНОВКИ

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



- 33

<i>Формула молекули</i>	<i>Назва алкану</i>
1) $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$;	а) 2,3-диметилпентан;
2) $\begin{array}{ccccccc} & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & -\text{CH} & - & \text{CH} & - & \text{CH} & -\text{CH}_3 \end{array}$;	б) n-пентан;
3) $\begin{array}{ccccc} & \text{CH}_3 & & & \text{CH}_3 \\ & & & & \\ \text{CH}_3 & -\text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 \\ & & & & \\ & \text{CH}_3 & & & \end{array}$;	в) 2,3,4-триметилпентан;
4) $\begin{array}{ccccc} & \text{CH}_3 & & \text{CH}_2 & \\ & & & & \\ \text{CH}_3 & -\text{CH} & - & \text{CH} & -\text{CH}_3 \\ & & & & \\ & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & \end{array}$;	г) 2,2-диметилпентан.

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

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

Температури плавлення і кипіння алканів зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулах зростають.

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

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

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

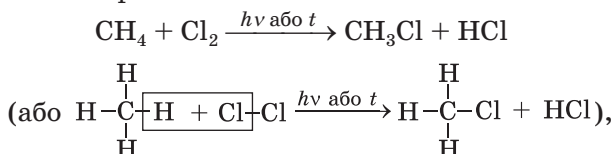


Мал. 6.
Парафін
не розчиняється
у воді

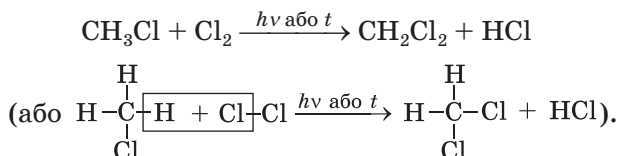
Хімічні властивості. Усі алкани є хімічно пасивними сполуками. За певних умов вони вступають у реакції заміщення, розкладаються, перетворюються на ізомери. Алкани — горючі речовини.

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

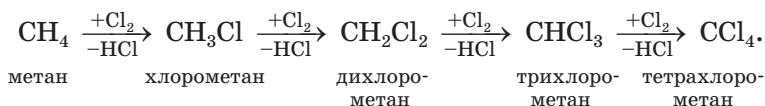
У реакції метану з хлором спочатку утворюється хлорометан



потім — дихлорометан



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



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

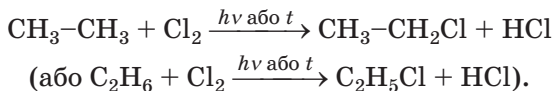
► Напишіть рівняння відповідних реакцій з утворенням трихлорометану і тетрахлорометану.

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

Хлорування етану розпочинається згідно з рівнянням

Цікаво знати

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



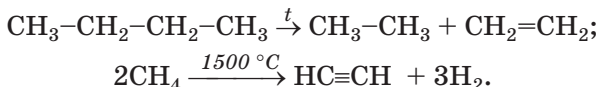
Можливе й заміщення інших атомів Гідрогену на атоми Хлору.

На початку взаємодії пропану з хлором утворюється суміш таких сполук:

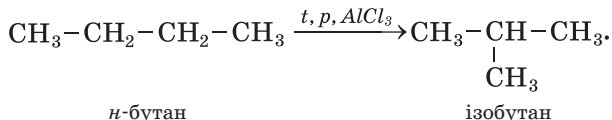


Із фтором алкани реагують з вибухом; при цьому зв'язки С-С розриваються, й утворюються карбон фторид CF_4 і гідроген фторид HF . Реакції алканів з йодом не відбуваються.

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



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



Реакції, під час яких утворюються ізомери вихідних сполук унаслідок перегрупування атомів у молекулах¹, називають *реакціями ізомеризації*.

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



¹ Або переміщення кратних зв'язків.

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

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

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

ВИСНОВКИ

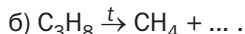
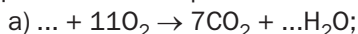
Найпростіші алкани за звичайних умов є газами, інші — рідинами або твердими речовинами. Рідкі алкани мають характерний запах. Алкани розчиняються в органічних розчинниках. Температури плавлення і кипіння цих сполук зі збільшенням їх відносної молекулярної маси зростають.

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



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

39. Допишіть хімічні рівняння:



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

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

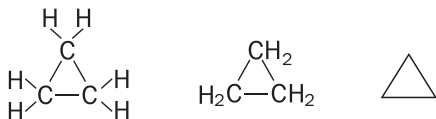
42. У балоні міститься 20 кг суміші пропану і бутану. Масова частка пропану в суміші становить 22 %. Обчисліть середню молярну масу суміші цих газів.

для допитливих

Циклоалкани

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

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



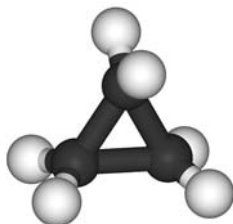
Хімічна формула цієї сполуки — C_3H_6 .

Мал. 7.

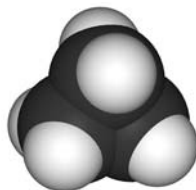
Моделі молекули найпростішого циклоалкану:

а — кулестержнева;

б — масштабна



а

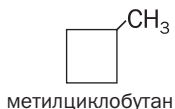


б

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

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

сполука із циклічною молекулою C_3H_6 має назву *циклопропан*, а C_4H_8 — *циклобутан*. Якщо в молекулі циклоалкану є замісник, то його назву вказують на початку назви сполуки¹:



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

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

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

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

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

Матеріал параграфа допоможе вам вивести формулу речовини:

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

¹ У разі наявності кількох замісників вказують їх положення і назви.

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

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

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

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

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

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

Дано:

$$M(C_nH_{2n+2}) = 44 \text{ г/моль}$$

$$C_nH_{2n+2} \text{ — ?}$$

Розв'язання

1. Виводимо формулу для розрахунку молярної маси алкану, використавши молярні маси Карбону і Гідрогену:

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

2. Знаходимо хімічну формулу сполуки:

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

Формула алкану — C_3H_8 .

Відповідь: C_3H_8 .

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

Дано:

$$\rho(C_nH_{2n+2}) = 1,34 \text{ г/л}$$

н. у.

$$C_nH_{2n+2} \text{ — ?}$$

Розв'язання

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

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

2. Знаходимо хімічну формулу вуглеводню за загальною формулою алканів:

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

$$14n + 2 = 30; \quad n = 2.$$

Формула алкану — C_2H_6 .

Відповідь: C_2H_6 .

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

ЗАДАЧА 3. Знайти хімічну формулу газуватого вуглеводню, якщо при повному згорянні 50 мл цієї сполуки утворюються 150 мл вуглекислого газу і 200 мл водяної пари (об'єми відповідають однаковим умовам).

Дано:

$$C_xH_y$$

$$V(C_xH_y) = 50 \text{ мл}$$

$$V(CO_2) = 150 \text{ мл}$$

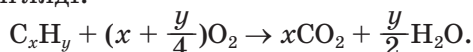
$$V(H_2O, \text{ пара}) =$$

$$= 200 \text{ мл}$$

$$C_xH_y — ?$$

Розв'язання

1. Складаємо рівняння реакції в загальному вигляді:



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

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

$$n(C_xH_y) : n(CO_2) : n(H_2O, \text{ пара}) =$$

$$= V(C_xH_y) : V(CO_2) : V(H_2O, \text{ пара}) =$$

$$= 50 : 150 : 200 = 1 : 3 : 4.$$

3. Знаходимо формулу вуглеводню.

Коефіцієнти в хімічному рівнянні пропорційні кількостям речовини вуглеводню і продуктів реакції:

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

Звідси $x = 3$; $y = 8$.

Формула вуглеводню — C_3H_8 .

Відповідь: C_3H_8 .

ЗАДАЧА 4. Знайти хімічну формулу вуглеводню, якщо при повному згорянні деякої його маси утворюються 22 г вуглекислого газу і 11,25 г води. Відносна густина вуглеводню за воднем становить 29.

Дано:



$$m(CO_2) = 22 \text{ г}$$

$$m(H_2O) = 11,25 \text{ г}$$

$$D_{H_2}(C_xH_y) = 29$$

$$C_xH_y — ?$$

Розв'язання

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

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

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

Звідси

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

2. Знаходимо найпростішу формулу вуглеводню:

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

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

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

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

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

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

Оскільки $M(C_xH_y) = zM(C_2H_5)$, то

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

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

Відповідь: C_4H_{10} .

ВИСНОВКИ

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



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

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

8 Алкени

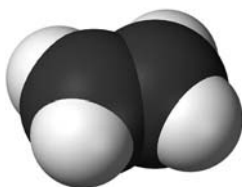
Матеріал параграфа допоможе вам:

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

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



Мал. 8.
Масштабна
модель
молекули
етену



► Поясніть просторову будову молекули етену.

Відомо багато вуглеводнів, подібних до етену за будовою молекул.

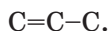
Вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг з одним подвійним зв'язком, називають алкенами.

Алкени

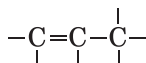


Етен є родоначалъником гомологічного ряду алкенів. Хімічну формулу наступної сполуки в цьому ряду можна отримати, «додавши» до формули етену гомологічну різницю CH_2 : $C_2H_4CH_2 \Rightarrow C_3H_6$. Так само виведемо формулу іншого алкену: $C_3H_6CH_2 \Rightarrow C_4H_8$. Зіставивши формули цих вуглеводнів,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

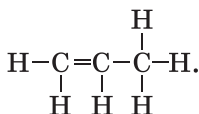
Тепер складемо структурну формулу молекули алкену C_3H_6 . Спочатку запишемо відкритий карбоновий ланцюг з одним подвійним і одним простим зв'язком:



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

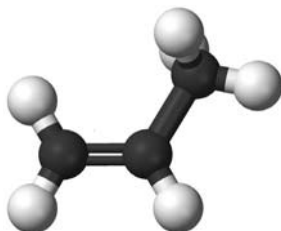


і допишемо атоми Гідрогену:



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

Мал. 9.
Кулестержнева
модель
молекули
алкену C_3H_6

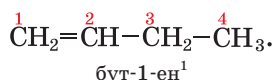


Назви. Систематичні назви алкенів складають, дотримуючись такої самої послідовності, що і для алканів. Додатково враховують положення подвійного зв'язку в молекулі. Головний карбоновий ланцюг обирають так, щоб він містив цей зв'язок. Атоми Карбону нуме-

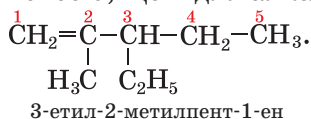
рують від того кінця ланцюга, до якого подвійний зв'язок ближчий.

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

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



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



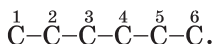
► Назвіть алкен, молекула якого має структурну формулу $CH_2=C(CH_3)-CH_2-CH_3$.

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

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

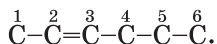
Розв'язання

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

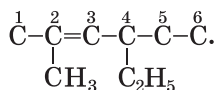


¹ Раніше цифру, що вказувала положення подвійного зв'язку, записували перед назвою сполуки або після неї: 1-бутен, бутен-1.

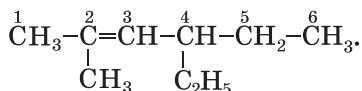
Другий і третій атоми сполучаємо подвійним зв'язком:



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



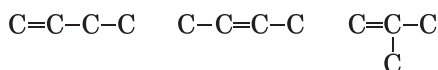
Допишуємо до атомів Карбону головного ланцюга необхідну кількість атомів Гідрогену та отримуємо структурну формулу молекули алкену:



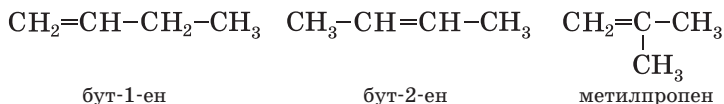
Ізомерія. Крім етену і пропену, всі інші алкени мають структурні ізомери. Ізомерні алкени можуть різнитися не лише будовою карбонового ланцюга (як і алкани), а й положенням подвійного зв'язку в ньому.

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

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



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



► Поясніть, чому ми не назвали третю сполучку 2-метилпроп-1-еном.

ВИСНОВКИ

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

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

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

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



50. Які сполуки називають алкенами?

51. Знайдіть відповідність:

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

52. Назвіть вуглеводні, молекули яких мають такі формули:

- а) $CH_3-C=C-CH_3$;
 CH_3 CH_3
- б) $CH_3-CH=C-CH-CH_3$;
 C_2H_5 CH_3
- в) $CH_2=C-CH-CH-CH_3$.
 CH_3 CH_3 CH_3

53. Складіть структурні формули молекул:

- а) 3-метилпент-1-ену;
- б) 3,3-діетилгекс-1-ену;
- в) 2,3-диметилгекс-2-ену.

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

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

56. Яка хімічна формула алкену, що має:

- а) молярну масу 70 г/моль;
- б) густину за нормальних умов 1,875 г/л?

9

Властивості алкенів

Матеріал параграфу допоможе вам:

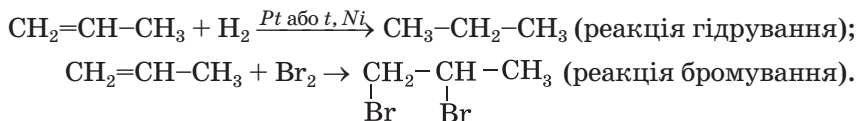
- з'ясувати фізичні та хімічні властивості алкенів;
- порівняти властивості алкенів і алканів;
- дізнатися, як експериментально відрізнити алкен від алкану.

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

Хімічні властивості. Через наявність у молекулах алкенів подвійного зв'язку сполуки виявляють значну хімічну активність. У більшості реакцій за участю цих вуглеводнів подвійний зв'язок унаслідок розриву одного з його складників легко перетворюється на простий. Алкени вступають у реакції приєднання, окиснення, полімеризації.

Реакції приєднання¹. Алкени сполучаються з воднем (реакція гідрування), галогенами (реакція галогенування), галогеноводнями, водою (реакція гідратації).

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



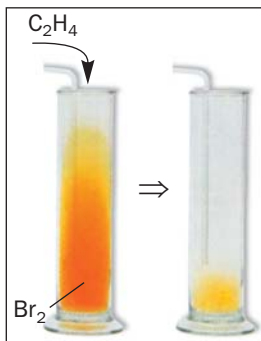
¹ В органічній хімії так називають реакції сполучення.

► Складіть рівняння реакцій приєднання водню і бромю до етену.

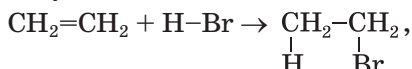
Етен та інші алкени реагують із фтором зі спалахуванням, суміші алкенів із хлором при освітленні вибухають, а реакції цих вуглеводнів із йодом є оборотними.

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

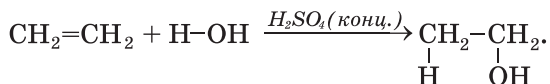
Мал. 10.
Взаємодія етену з паром бромю



Алкени взаємодіють із галогеноводнями за звичайних умов



а з водою — за наявності концентрованої сульфатної кислоти¹:

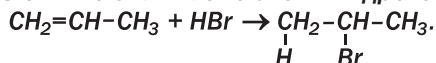


► Назвіть продукти цих реакцій.

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

¹ Або за підвищених температури й тиску та наявності каталізаторів.

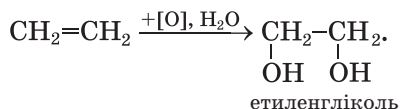
водню з галогеноводнем або водою атом Гідрогену молекули галогеноводню або води приєднується переважно до атома Карбону, сполученого з більшою кількістю атомів Гідрогену:



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

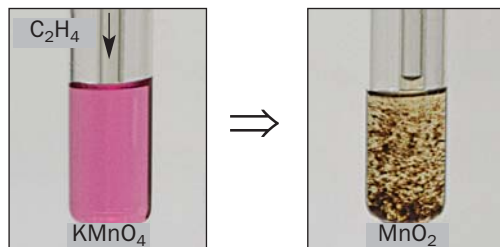
► Складіть рівняння реакції горіння етену в надлишку кисню.

За певних умов алкени окиснюються з руйнуванням однієї зі складових подвійного зв'язку в молекулах. Таке окиснення називають частковим. Воно відбувається, наприклад, при взаємодії алкенів із розбавленим водним розчином калій перманганату KMnO_4 . Під час пропускання етену або іншого газоподібного алкену в розчин цієї солі фіолетовий колір зникає і з'являється бурий осад MnO_2 (мал. 11). У результаті реакції утворюється двохатомний спирт:



(Умовним записом $[\text{O}]$ в органічній хімії часто замінюють формулу окисника.)

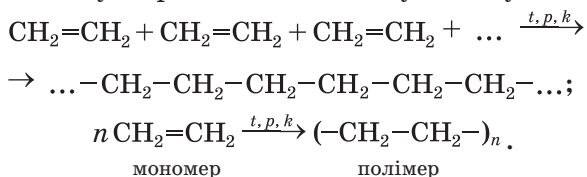
Мал. 11.
Взаємодія етену з водним розчином калій перманганату



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

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

Схема утворення поліетилену з етену:



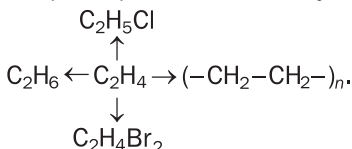
ВИСНОВКИ

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

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



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



60. Напишіть у загальному вигляді рівняння реакції горіння алкену.

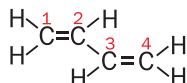
61. При повному згорянні 10 мл газуватого ненасиченого вуглеводню утворилося по 30 мл вуглекислого газу і водяної пари (об'єми відповідають однаковим умовам). Знайдіть формулу вуглеводню. (Усно.)

для допитливих

Алкадієни

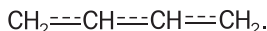
Існують ненасичені вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг із двома подвійними зв'язками. Загальна назва цих сполук — *алкадієни*. Подвійні зв'язки можуть бути біля одного атома Карбону ($\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$), розділятися одним простим зв'язком ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) або кількома ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$). Загальна формула алкадієнів — $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ ($n = 3, 4, \dots$).

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

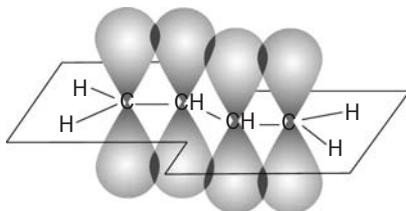


Такі сполуки слугують сировиною для виробництва штучного каучуку (§ 33), гуми, деяких пластмас. Вироби із цих матеріалів використовують у різних галузях промисловості, транспортних засобах, електротехніці, побуті тощо.

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



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



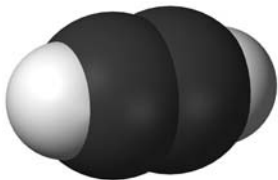
За хімічними властивостями алкадієни подібні до алкенів. Характерними для них є реакції окиснення, приєднання і полімеризації.

10 Алкіни

Матеріал параграфу допоможе вам:

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

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



Мал. 13.
Масштабна
модель
молекули етину

► Поясніть просторову будову молекули етину.

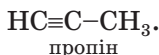
Етин започатковує гомологічний ряд вуглеводнів, у молекулах яких є один потрійний зв'язок.

Вуглеводні, молекули яких мають відкритий карбоновий ланцюг з одним потрійним зв'язком, називають алкінами.

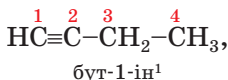
У молекулах алкінів міститься на два атоми Гідрогену менше, ніж у молекулах відповідних алкенів (зіставте склад молекул етину C_2H_2 й етену C_2H_4). Тому загальна формула алкінів — C_nH_{2n-2} ($n = 2, 3, \dots$).

Алкіни
 C_nH_{2n-2}

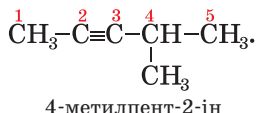
Назви. Хімічні назви алкінів складають так само, як і алкенів, але замість суфікса *-ен* використовують суфікс *-ін* (*-ин*):



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



а замісники — на початку назви сполуки:



Цікаво знати

Ізомером пропіну є сполука з двома подвійними зв'язками в молекулі:
 $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$.

Ізомерія. Структурні ізомери алкінів різняться за будовою карбонового ланцюга і положенням у ньому потрібного зв'язку. Приклад другого варіанта ізомерії: бут-1-ін $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$, бут-2-ін $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$.

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

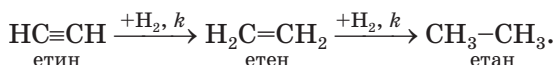
Фізичні властивості. Алкіни — безбарвні речовини. Етин, пропін і бут-1-ін за звичайних умов є газами, решта алкінів — рідини або тверді речовини. Газоподібні алкіни майже не мають запаху. Неприємний запах технічного етину (ацетилену), який використовують під час газозварювальних робіт, зумовлений домішками сірководню H_2S , фосфіну PH_3 та деяких інших газів. Алкіни погано розчиняються у воді.

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

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

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

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



► Складіть аналогічну схему для пропіну.

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

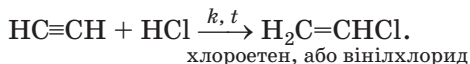


Відповідна схема перетворень:



Аналогічно відбувається приєднання хлору до алкінів¹.

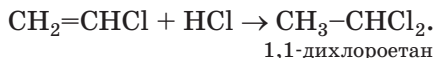
Реакції з галогеноводнями. За нагрівання й наявності каталізатора етин взаємодіє з хлороводнем:



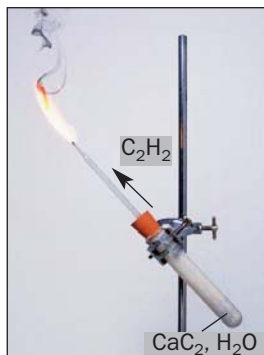
Ця реакція має практичне значення, оскільки її продукт є сировиною для виробництва полі-

¹ Реакцію етину з хлором здійснюють у розчиннику (CCl₄) за наявності каталізатора.

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



Про реакцію етину з водою йтиметься в § 17.
Реакції окиснення. Алкіни, як і інші вуглеводні, горять на повітрі (мал. 14).

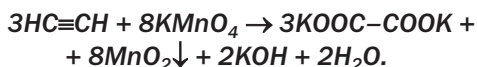


Мал. 14.
Горіння
етину¹

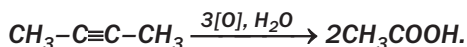
► Поясніть, чому полум'я при горінні етину досить яскраве й водночас кіптяве.

Алкіни реагують із розчинами сильних окисників.

При взаємодії етину з розчином калій перманганату потрібний зв'язок у молекулі вуглеводню перетворюється на простий. Одним із продуктів реакції є калій оксалат (це — сіль двоосновної щавлевої кислоти $\text{HOOC}-\text{COOH}$):



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



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

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

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

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

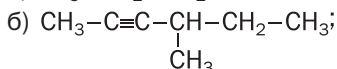
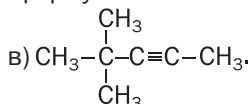
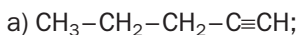
За звичайних умов алкіни — безбарвні речовини, що майже не мають запаху і погано розчиняються у воді.

Характерними для алкінів є реакції приєднання й окиснення.



62. Які сполуки називають алкінами?

63. Дайте назви алкінам, що мають такі формули:



64. Зобразіть структурні формули молекул:

а) гекс-2-іну;

в) 2,2-диметилгекс-3-іну.

б) 3-метилпент-1-іну;

65. Напишіть структурні формули молекул ізомерних алкінів C_5H_8 і назвіть сполуки.

66. Складіть рівняння реакцій бут-1-іну з воднем і бромом, узятимися в надлишку. Назвіть продукти реакцій.

67. Алкін, молекули якого мають розгалужену будову, взаємодіє з бромом з утворенням сполуки $C_5H_8Br_4$. Напишіть рівняння двох послідовних реакцій, назвіть вуглеводень і сполуки, що утворюються.

68. Як за допомогою хімічних реакцій розпізнати етан і етин?

69. Який максимальний об'єм водню (за нормальних умов) може взаємодіяти з етином, узятим кількістю речовини 0,1 моль? (Усно.)

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

11

Бензен. Арени

Матеріал параграфа допоможе вам:

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

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

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

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