

О. Г. Ярошенко

Хімія

(рівень стандарту)

Підручник для 10 класу
закладів загальної середньої освіти

*Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України*



РУБРИКИ Й УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ



Ярошенко О. Г.

Я 77 Хімія (рівень стандарту): підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / О. Г. Ярошенко. — К. : УОБЦ «Оріон», 2018. — 208 с. : іл.

ISBN 978-617-7485-76-5.

УДК 54(075.3)

© О. Г. Ярошенко, 2018
© УОБЦ «Оріон», 2018

ISBN 978-617-7485-76-5

ДОРОГІ ДЕСЯТИКЛАСНИКИ І ДЕСЯТИКЛАСНИЦІ!

Цей підручник призначений для вивчення хімії на стандартному рівні. Як зазначено в навчальній програмі, **мета** навчання хімії на цьому рівні полягає в забезпеченні загальноосвітньої підготовки з предмета, що передбачає вміння пояснювати хімічні явища, робити обґрунтовані висновки про них, усвідомлювати вплив науки й технологій на зміну матеріального, інтелектуального й культурного середовищ.

Щоб сприяти вам у досягненні цієї мети, була обрана така структура підручника: **інформаційна довідка — текст параграфа — сторінка природодослідника — сторінка ерудита — стисло про основне — знаємо, розуміємо — застосовуємо**.

Навчальний матеріал, що узгоджується зі змістом програми для рівня стандарту, розкрито в основному тексті параграфів. Для кращого орієнтування параграфи поділено на окремі пункти. Правила, визначення, нові поняття й терміни виділено кольором.

Якщо для розуміння основного матеріалу параграфа необхідно отримати нові й пригадати попередньо засвоєні відомості, то тоді параграф розпочинається рубрикою «Інформаційна довідка», у якій стисло подано інформацію, вивчену вами в основній школі, а також матеріал, що не увійшов у програму, але без нього важко буде опанувати матеріал поточного параграфа.

Додаткову (не обов'язкову для опрацювання) інформацію, що розширює та доповнює основний навчальний матеріал, розміщено в рубриці «Сторінка ерудита». Ознайомлення з матеріалом цієї рубрики сприятиме розвитку вашого навчально-пізнавального інтересу до хімії.

Рубрика «Хімія — це життя: сторінка природодослідника» містить завдання, виконуючи які ви будете розвивати дослідницькі вміння, експериментальним шляхом здобувати й закріплювати нові знання.

«Біографічна довідка» містить короткі відомості про життя і наукову діяльність видатних учених-хіміків.

У рубриці «Стисло про основне» кількома реченнями узагальнено основний зміст параграфа.

У рубриці «Знаємо, розуміємо» вміщено запитання, складені з дотриманням державних вимог до очікуваних результатів вашої навчальної діяльності.

Запитання із зірочкою є обов'язковими й стосуються додаткового матеріалу із рубрики «*Сторінка ерудита*».

У рубриці «*Застосовуємо*» запропоновано завдання для письмового виконання, що потребують практичного використання набутих знань у стандартних, змінених чи нових умовах, творчого підходу до застосування набутих знань та умінь.

Завдання, що позначені зірочкою, не є обов'язковими й для їх розв'язання потрібно опрацювати додатковий матеріал зі «*Сторінки ерудита*», або довідкової літератури.

Успішному навчанню сприятимуть навички групової навчальної діяльності, які ви вдосконалюватимете на уроках. Для цього до тексту параграфів включено рубрику «*Попрацюйте групами*».

Ви завжди зможете самостійно здобути знання, скориставшись додатковими джерелами інформації, на які вас зорієнтує рубрика «*Працюємо з медійними джерелами*».

Для кращого сприймання та розуміння навчального матеріалу в текст параграфів уміщено малюнки, схеми, таблиці, використано шрифтові виділення.

Систематично працюючи з текстом підручника, виконуючи зазначені в ньому завдання і вправи, цікавлячись додатковою навчально-пізнавальною інформацією, ви неодмінно досягнете успіхів у вивченні органічних сполук. Задля збільшення ефективності вашої самостійної роботи в підручнику вміщено «*Предметний покажчик*».

У *Додатках* наведено відповіді до розрахункових задач та орієнтовні теми навчальних проектів, що становлять одну зі складових практичної частини програми з хімії для 10 класу. Ви можете обирати проекти із цього списку чи пропонувати й виконувати власні проекти або ті, про які йдеться в рубриках підручника.

Бажаю вам відмінних успіхів у вивченні хімії!

Авторка

ЗМІСТ

ПОВТОРЕННЯ ПОЧАТКОВИХ ПОНЯТЬ ПРО ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ..... 7

Тема 1 ТЕОРІЯ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПЛУК..... 12

- § 1. Теорія будови органічних сполук 13
- § 2. Ковалентні карбон-карбонів зв'язки в молекулах органічних сполук. Класифікація органічних сполук 19

Тема 2 ВУГЛЕВОДНІ..... 26

- § 3. Алкани. Структурна ізомерія й систематична номенклатура алканів. . . . 27
- § 4. Хімічні властивості алканів 35
- § 5. Алкени. Систематична номенклатура й ізомерія алкенів. 40
- § 6. Хімічні властивості етену та застосування алкенів 45
- § 7. Алкіни. Ізомерія, номенклатура, хімічні властивості алкінів. 51
- § 8. Арени. Бензен. 58
- § 9. Добування і взаємозв'язок вуглеводнів 62
- § 10. Виконання завдань різної складності 66

Тема 3 ОКСИГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПЛУКИ 70

- § 11. Спирти 71
- § 12. Хімічні властивості та добування насичених одноатомних спиртів 76
- § 13. Обчислення за хімічними рівняннями кількості речовини, маси або об'єму продукту реакції, реагент якої містить певну частку домішок. . . . 81
- § 14. Фенол. 84
- § 15. Альдегіди. 88
- § 16. Карбонові кислоти 94
- § 17. Хімічні властивості й добування насичених одноосновних карбонових кислот. Поняття про естери 99
- § 18. Гідроліз естерів. Жири як представники естерів. 105
- § 19. Вуглеводи. Глюкоза 112
- § 20. Сахароза, крохмаль і целюлоза 120

§ 21.	Практична робота 1. Розв'язування експериментальних задач	125
§ 22.	Виконання завдань різної складності	127

Тема 4 НІТРОГЕНОВМІСНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ 131

§ 23.	Насичені й ароматичні аміни	132
§ 24.	Амінокислоти. Пептиди	138
§ 25.	Білки	144
§ 26.	Біологічна роль амінокислот і білків	150
§ 27.	Виконання завдань різної складності	154

Тема 5 СИНТЕТИЧНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ РЕЧОВИНИ І ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ 157

§ 28.	Полімери	158
§ 29.	Пластмаси	162
§ 30.	Каучуки, гума.	170
§ 31.	Волокна. Штучні й синтетичні волокна	177

§ 32. БАГАТОМАНІТНІСТЬ І ЗВ'ЯЗКИ МІЖ КЛАСАМИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН 184

§ 33. ВІТАМІНИ Й ФЕРМЕНТИ 187

§ 34. РОЛЬ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ В РОЗВ'ЯЗАННІ СИРОВИННОЇ, ЕНЕРГЕТИЧНОЇ, ПРОДОВОЛЬЧОЇ ПРОБЛЕМ, СТВОРЕННІ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ. 193

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК 198

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК 200

ДОДАТКИ

Відповіді до розрахункових задач	206
--	-----

Орієнтовні теми навчальних проєктів	207
---	-----

Повторення початкових понять про органічні речовини

Інформаційна довідка

Органічні речовини — це сполуки Карбону з елементами-органогенами (Гідрогеном, Оксигеном, Нітрогеном, галогенами та деякими іншими), наприклад, C_3H_8 , C_2H_5OH , $C_6H_5NO_2$, CH_3Cl . Виняток становить невелика кількість сполук Карбону, що виявляють властивості неорганічних речовин. Вам ці сполуки відомі, наприклад, вуглекислий газ CO_2 , чадний газ CO , карбонатна кислота H_2CO_3 , її середні та кислі солі.

Органічні речовини мають здебільшого **молекулярну будову**. Цим пояснюються такі фізичні властивості органічних речовин, як невисокі температури плавлення і кипіння.

Ковалентний зв'язок — основний вид хімічного зв'язку в молекулах органічних сполук.

Кількісний і якісний склад молекули відображає молекулярна (емпірична) формула.

Електролітична дисоціація — це розпад речовин з йонним і ковалентним сильно полярним зв'язками на йони внаслідок впливу полярного розчинника (води) чи в розплаві.

Неорганічні, а також органічні кислоти у воді дисоціюють на катіони Гідрогену H^+ й аніони кислотних залишків. Наявність катіонів Гідрогену (кислотного середовища) в розчині можна виявити індикаторами: лакмус і метиловий оранжевий набувають червоного кольору.

Цей параграф допоможе вам пригадати й актуалізувати збережені в довготривалій пам'яті початкові поняття про органічні речовини. Ваше ознайомлення з ними розпочалося в 9 класі з *вуглеводнів*. Це численна група речовин, молекули яких складаються з атомів двох хімічних елементів — Карбону й Гідрогену. Розрізняють насичені (наприклад, етан) та ненасичені (наприклад, етен, етин) вуглеводні.

Органічні речовини схожого складу, будови і властивостей об'єднують в один *гомологічний ряд*.

Гомологічний ряд — це ряд, у якому кожний наступний член відрізняється від попереднього на групу атомів CH_2 , яку називають гомологічна різниця.

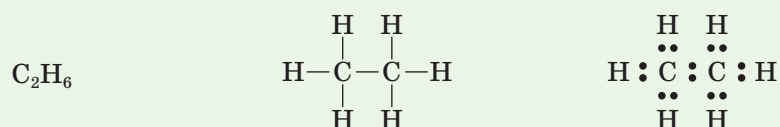
Пригадати назви та формули десяти членів гомологічного ряду насичених вуглеводнів (алканів) вам допоможе таблиця 1, що на сторінці 8.

Таблиця 1

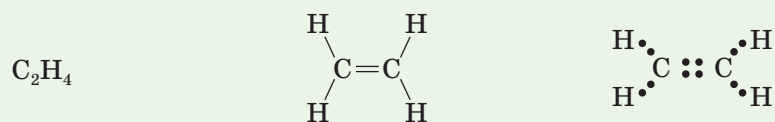
Гомологічний ряд насичених вуглеводнів

Назва	Молекулярна формула	Напівструктурна формула
Метан	CH ₄	CH ₄
Етан	C ₂ H ₆	CH ₃ —CH ₃
Пропан	C ₃ H ₈	CH ₃ —CH ₂ —CH ₃
Бутан	C ₄ H ₁₀	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃
Пентан	C ₅ H ₁₂	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃
Гексан	C ₆ H ₁₄	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃
Гептан	C ₇ H ₁₆	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃
Октан	C ₈ H ₁₈	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃
Нонан	C ₉ H ₂₀	CH ₃ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₃
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

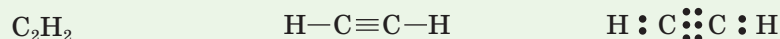
У молекулах насичених вуглеводнів максимально використані валентні можливості атомів Карбону для сполучення з атомами Гідрогену, а між двома атомами Карбону існує лише один ковалентний зв'язок. Він утворений однією спільною парою електронів, наприклад:



У молекулах ненасичених вуглеводнів чотиривалентний стан атомів Карбону досягається завдяки тому, що між двома сусідніми атомами Карбону утворюється два або три зв'язки, як в етену:

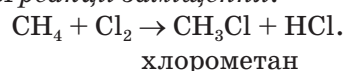


чи етину:

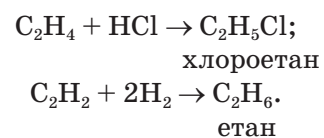


Розглянута відмінність хімічних зв'язків атомів Карбону зумовлює різні хімічні властивості етану й етену як представників насичених і ненасичених вуглеводнів.

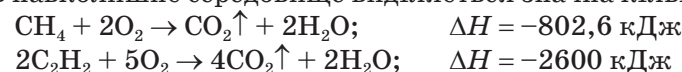
Пригадаймо, що насичені вуглеводні (алкани) не вступають у реакції приєднання, їм властиві *реакції заміщення*:



Для ненасичених вуглеводнів, навпаки, характерні *реакції приєднання*, наприклад:



Насичені й ненасичені вуглеводні мають спільну властивість — *горіння*, або *повне окиснення*. Продуктами горіння є вуглекислий газ і вода, а в навколишнє середовище виділяється значна кількість теплоти:



Унаслідок повного окиснення (горіння) вуглеводнів утворюються вуглекислий газ, вода й виділяється значна кількість теплоти.

ОКСИГЕНОВІСНІ ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ. Якщо в молекулі органічної речовини крім атомів Карбону й Гідрогену є один чи більше атомів Оксигену, то така речовина належить до оксигеновмісних органічних речовин.

Попрацюйте з групами

- Пригадайте відомі вам з 9 класу формули оксигеновмісних речовин. Накресліть у зошиті таблицю за зразком і заповніть її необхідною інформацією про метанол, етанол, гліцерол й етанову кислоту.

Назва речовини	Формули		
	Молекулярна	Структурна	Напівструктурна

- Пересвідчіться, що структурні формули всіх цих речовин містять гідроксильні групи —ОН.

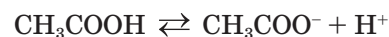
Порівнюючи структурні формули метанолу, етанолу й гліцеролу зі складом відповідного насиченого вуглеводню, можна дійти висновку, що в метанолу й етанолу гідроксильна група —ОН заміщує один з атомів Гідрогену в молекулі відповідного алкану. У гліцеролу гідроксильних груп — три, тому й атомів Гідрогену на три менше, ніж у пропану.

Продовживши порівняння, виявимо відмінності у фізичних властивостях насичених вуглеводнів і спиртів. Метан, етан — гази без запаху й погано розчинні у воді. Метанол й етанол — рідини зі специфічним запахом, добре розчинні у воді. Уживання цих речовин навіть у невеликій кількості є небезпечним для здоров'я людини й згубно впливає на її організм. Пам'ятайте про це завжди й бережіть своє здоров'я!

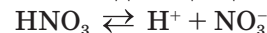
Групу атомів —ОН називають *характеристичною (функціональною) групою* оксигеновмісних речовин — спиртів. Наявність цієї групи атомів у складі молекул метанолу, етанолу й гліцеролу свідчить про те, що ці речовини належать до класу *спиртів*.

ЕТАНОВА КИСЛОТА. Невипадково друге слово в назві цієї органічної оксигеновмісної речовини, що отримала назву від етану (у її молекулі теж два атома Карбону), — «кислота». Подібно до неорганічних кислот у водному розчині вона дисоціює на катіон Гідрогену й аніон кислот-

ного залишку. Особливість полягає в тому, що за наявності в молекулі етанової кислоти чотирьох атомів Гідрогену внаслідок електролітичної дисоціації утворюється лише один катіон Гідрогену H^+ . Це відбувається за такою схемою:



Порівняйте з електролітичною дисоціацією нітратної кислоти:



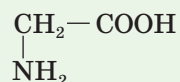
Дисоціація етанової кислоти з утворенням катіонів Гідрогену — одна зі спільних її властивостей з неорганічними кислотами.

За ступенем електролітичної дисоціації етанова кислота належить до слабких електролітів, вступає в реакцію з активними металами, оксидами металічних елементів, лугами, солями тих кислот, ступінь електролітичної дисоціації яких менший, ніж у неї.

Працюйте з групами

1. Повторіть властивості етанової кислоти і складіть молекулярні рівняння реакцій між етановою кислотою й: а) магнієм; б) кальцій оксидом; в) калій гідроксидом; г) натрій карбонатом.
2. Складіть повні й скорочені йонні рівняння реакцій в) і г).

НІТРОГЕНОВІСНІ ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ. У цю групу об'єднують органічні речовини, молекули яких містять атоми Нітрогену. Життєво важливими нітрогеновмісними речовинами є амінокислоти — без них не існували б білкові молекули. Наведена структурна формула аміноетанової кислоти



допоможе вам пригадати особливості складу її молекули. На відміну від спиртів чи етанової кислоти, ця речовина має дві характеристичні групи — карбоксильну $-COOH$ й аміногрупу $-NH_2$.

ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН. Величезна кількість видів організмів, а ще в рази більше представників кожного виду тварин населяють нашу планету. Їхні тіла складаються з органічних речовин, живляться вони білками, жирами, вуглеводами. Це є свідченням ролі й призначення органічних речовин у природі. Корисні копалини — природний газ, нафта, кам'яне вугілля — містять у своєму складі органічні речовини. Їх застосовують як сировину для виробництва інших речовин, а також теплової та світлової енергії.

Людство не обмежується використанням органічних речовин, що є у природі. Наукова спільнота працює над створенням речовин, відсутніх у природі, і досягає у цьому напрямі ве-

ликих успіхів. Наприклад, в Інституті хімії високомолекулярних сполук у 1965 р. під керівництвом Т. Е. Ліпатової розпочались дослідження з виробництва та вивчення властивостей полімерів медичного призначення. Завдяки досягненням української наукової спільноти лікарі допомагають багатьом пацієнтам одужувати.

Працюйте з групами

До наступного уроку підготуйте від кожної малої навчальної групи коротку презентацію про застосування речовин, що належать до однієї з груп органічних речовин.

Знаємо, розуміємо

1. Назвіть відомі вам вуглеводні, оксигеновмісні, нітрогеновмісні речовини та їх формули.
2. Наведіть якомога більше прикладів використання відомих вам органічних речовин.
3. У чому полягає основна відмінність хімічних властивостей насичених вуглеводнів від ненасичених?
4. Опишіть хімічні властивості етанової кислоти.
5. Обґрунтуйте роль органічних сполук у живій природі.
6. Оцініть вплив метанолу й етанолу на здоров'я людини.

Застосовуємо

1. У переліку формул: C_3H_8 , $C_3H_5(OH)_3$, C_2H_5OH , C_2H_6 , CH_3NH_2 , NH_2CH_2COOH ...

А найменше формул вуглеводнів

Б найменше формул нітрогеновмісних речовин

В формул нітрогеновмісних й оксигеновмісних речовин порівну

Г формули оксигеновмісних речовин відсутні

2. Установіть відповідність між формулою речовини та групою органічних сполук.

Формула	Група органічних сполук
1 C_2H_4	А карбонова кислота
2 C_2H_6	Б насичений вуглеводень
3 CH_3COOH	В амінокислота
4 NH_2CH_2COOH	Г ненасичений вуглеводень
	Д високомолекулярна сполука

3. З'ясуйте, за якою ознакою укладені ряди а), б), в) і додайте до кожного з них власний приклад:

а) метан, пропан, пентан,...

б) метанол, гліцерол, етанова кислота,...

в) амоніак, гемоглобін, аміноетанова кислота,...

- 4*. Застосовуючи закон об'ємних відношень газів, розв'яжіть усно задачу: «Який об'єм водню знадобиться для перетворення етину об'ємом 100 л у насичений вуглеводень?». (За умови, що всі виміри зроблено за однакових умов.)

Теорія будови органічних сполук

Тема 1

У цій темі ви дізнаєтеся про:

- ♦ теорію будови органічних речовин;
- ♦ явище ізомерії й ізомери;
- ♦ залежність властивостей речовин від складу і хімічної будови молекул;
- ♦ класифікацію органічних сполук.

Після засвоєння матеріалу теми ви зможете:

- ♦ **розрізняти** органічні сполуки різних класів за якісним складом;
- ♦ **розв'язувати задачі** на виведення молекулярної формули речовини за масовими частками елементів, обґрунтовуючи обраний спосіб розв'язання;
- ♦ **висловлювати судження** про значення теорії будови органічних сполук для розвитку органічної хімії;
- ♦ **робити висновки** про багатоманітність органічних сполук на основі теорії хімічної будови.



Теорія будови органічних сполук



Інформаційна довідка

- Існують різні форми наукових знань, зокрема факти, поняття, теорії.
- Факти** — це реальні події чи конкретні характеристики, достовірні дані, встановлені у процесі наукового пізнання.
- Поняття** є узагальненою думкою про тіла, речовини, явища тощо, що виникає на підставі багатьох фактів.
- Теорія** — це обґрунтоване і сприйняте науковою спільнотою наукове знання, що описує й пояснює факти, виконує функцію передбачення й інші важливі для науки функції.

Як бачимо з інформаційної довідки, теорія — більш розвинена й досконала форма наукових знань, ніж факти й поняття. Однак теорію не можна вважати повністю завершеною структурою. Як правило, нові факти та відкриття доповнюють і розширюють теорію, а буває й так, що доводять її неспроможність і хибність.

Факти слугують підґрунтям для створення теорії. Своєю чергою, у теорії факти знаходять пояснення. Таким чином, факти й теорія взаємозв'язані, невіддільні одне від одного. Що це дійсно так, вас переконає теорія будови органічних сполук.

КОРОТКІ ІСТОРИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ТЕОРІЇ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК.

До Олександра Михайловича Бутлерова будову органічних сполук не розглядали як чітко визначену й таку, що може бути встановлена дослідним шляхом. Тому одній і тій самій речовині могли приписувати кілька формул. Представники вченої спільноти відкривали речовини з однаковим кількісним і якісним складом, але відмінними властивостями. Причини цього та інших явищ до 60-х років XIX ст. не мали наукового пояснення. Тому в науці назріла потреба у створенні теорії, яка б пояснювала склад і властивості органічних речовин, упорядковувала множину відомих фактів, дозволяла прогнозувати відкриття чи створення нових сполук.

Окремі положення теорії будови органічних сполук були розроблені до О. М. Бутлерова. Так, англійському вченому Арчибальду Скотту Куперу належить положення про здатність атомів Карбону сполучатися не лише з атомами інших елементів, а й між собою. Німецький учений Фрідріх Августович Кекуле встановив, що Карбон в органічних сполуках чотири-

валентний. Але вчені не поєднували розрізнені факти в цілісну наукову теорію, яка б пояснювала залежність властивостей речовин від їхньої будови. Це здійснив російський хімік Олександр Михайлович Бутлеров. Відомі на той час факти й положення, висновки з власноруч проведених дослідів з добування деяких органічних речовин, вивчення їх властивостей він використав для розроблення теорії будови органічних сполук.

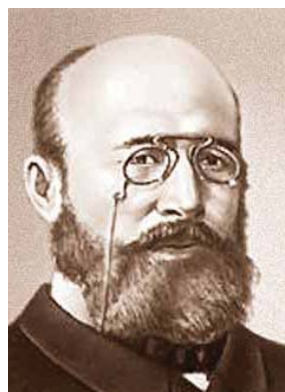


Біографічна довідка

Олександр Бутлеров. Народився 3 (15) вересня 1828 р. в Чистополі Казанської губернії. У шістнадцятирічному віці став студентом фізико-математичного відділення Казанського університету. У 1849 р. О. Бутлеров закінчив університет і почав працювати в ньому викладачем. У 1851 р. захистив магістерську дисертацію «Про окиснення органічних сполук», а в 1854 р. — докторську дисертацію «Про ефірні масла». У 1857 р. у віці 29 років Олександр Михайлович став професором хімії Казанського університету.

Під час закордонної поїздки (1857—1858 рр.) О. Бутлеров розпочав експериментальні дослідження, що пізніше стали підґрунтям для створення теорії будови органічних сполук. Її головні положення він сформулював у доповіді «Про хімічну будову органічних речовин», прочитаній на 3'їзді німецьких природознавців і лікарів у вересні 1861 р. У 1868 р. за поданням Д. І. Менделєєва О. М. Бутлеров був обраний професором Петербурзького університету, де працював з 1868 р. і до кінця життя (5 (17) серпня 1886 р.). У 1874 р. його обрано академіком Петербурзької академії наук. З 1878 по 1882 р. був Президентом і головою Відділення хімії Російського фізико-хімічного товариства.

Окрім хімії, О. Бутлеров багато уваги приділяв практичним питанням сільськогосподарства, садівництва, бджільництва, а пізніше — вирощуванню чаю на Кавказі.



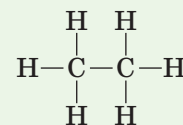
ХІМІЧНА БУДОВА І СТРУКТУРНІ ФОРМУЛИ МОЛЕКУЛ.

О. М. Бутлеров довів, що кожна молекула має певну хімічну будову, яка й визначає властивості речовини, а вивчення хімічних явищ допомагає її встановити.

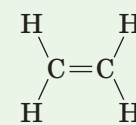
Під **хімічною будовою** розуміють порядок сполучення атомів у молекулі й характер зв'язків між ними.

Для зображення хімічної будови речовин використовують *структурні формули*. Під час написання структурних формул органічних речовин міркують так, що Карбон — чотиривалентний, а між його атомами може утворюватись один, два або три хімічних зв'язки.

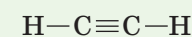
Розгляньте приклади структурних формул органічних речовин, з якими ви ознайомилися в основній школі.



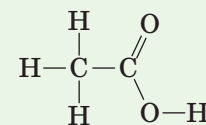
етан



етен



етин



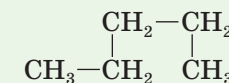
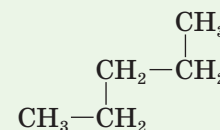
етанова кислота



Як бачите, у кожній структурній формулі атоми Карбону чотиривалентні, Оксигену — двовалентні, а Гідрогену — одновалентні. Це відповідає основному положенню теорії будови органічних речовин.

Атоми в молекулах органічних речовин сполучені між собою хімічними зв'язками в чітко визначеній послідовності відповідно до їх валентності.

Структурні формули відображають послідовність сполучення атомів у молекулі, але не передають розташування атомів у просторі. У цьому переконують наведені нижче записи структурної формули *n*-пентану C_5H_{12} :



Ви бачите, що обидва записи ідентичні, оскільки кожний з п'яти атомів Карбону в наведених формулах сполучений з іншими тими самими хімічними зв'язками і в однаковій послідовності. Чотиривалентний стан атомів Карбону в кожному випадку досягнуто за рахунок зв'язків його атомів з атомами одновалентного Гідрогену. Тому незважаючи на різне розташування символів хімічних елементів один відносно одного, це формули однієї речовини.

Структурна формула — це формула речовини, що відображає послідовність сполучення атомів у молекулі. Її записують з дотриманням валентності хімічних елементів. Кожній речовині властива певна хімічна будова, а відповідно й одна структурна формула.

Установлюють хімічну будову речовин, здійснюючи різноманітні хімічні перетворення.

ВЗАЄМНИЙ ВПЛИВ АТОМІВ ЧИ ГРУП АТОМІВ У МОЛЕКУЛІ.

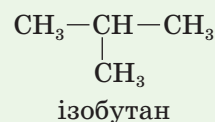
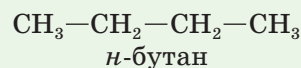
У розробленій О. Бутлеровим теорії знайшло обґрунтування положення про взаємний вплив атомів чи груп атомів у молекулі, який позначається на властивостях речовин. У цьому ви матимете змогу не раз пересвідчитись, вивчаючи властивості органічних речовин.

Явище ізомерії. За кілька десятиліть до створення теорії будови органічних сполук було відомо про існування речовин з однаковим якісним і кількісним складом молекул, але різними властивостями. Наукове пояснення цього явища О. Бутлеров пов'язав з хімічною будовою молекул.

Ізомерія — явище існування речовин з однаковими хімічним складом, молекулярною формулою та відносною молекулярною масою, але різних за будовою.

Речовини з однаковим якісним і кількісним складом молекул, але різними властивостями, що зумовлені різною хімічною будовою, називають **ізомерами**.

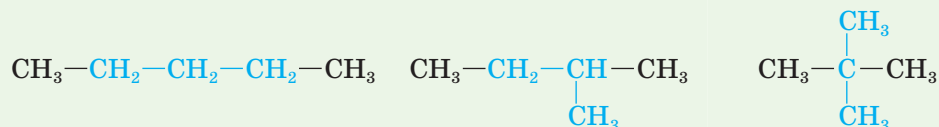
О. М. Бутлеров передбачив існування крім *n*-бутану ще однієї речовини з молекулярною формулою C_4H_{10} — ізобутану, та здійснив її синтез.



Явище ізомерії є досить поширеним в органічній хімії. Що довший карбоновий ланцюг молекули органічної речовини, то більше в неї ізомерів. Так, гомолог метану пентан C_5H_{12} має три ізомери, а декан $C_{10}H_{22}$ — сімдесят п'ять ізомерів.

Структурна ізомерія. Ви вже ознайомилися зі структурними формулами деяких органічних сполук і знаєте, що кожна риска між символами хімічних елементів передає одну одиницю валентності.

Нижче зображено три можливі структурні формули алкану з п'ятьма атомами Карбону.



Як бачимо, з дотриманням чотиривалентного стану атомів Карбону зроблено записи трьох структурних формул. Виділені кольором карбонові ланцюги в цих структурних формулах дають змогу зрозуміти, що будова молекул є різною. Безперечно, це формули ізомерів.

Ізомерію, спричинену різним порядком сполучення атомів Карбону в карбоновому ланцюзі, називають **структурною ізомерією**.

ЗНАЧЕННЯ І РОЗВИТОК ТЕОРІЇ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК.

Створена О. Бутлеровим теорія будови органічних сполук пояснила залежність між властивостями органічної речовини та будовою її молекул, існування ізомерів, взаємного впливу атомів і груп атомів, що позначається на властивостях речовин. Теорія знайшла подальший розвиток у працях учнів і послідовників ученого й дотепер успішно функціонує. Сучасний етап у розвитку теорії будови органічних речовин ознаменувався доповненням її положеннями про просторову будову речовин (стереобудову).

Завдяки теорії перед ученими відкрилися широкі можливості для вивчення властивостей і синтезу нових органічних речовин. У цьому напрямі багато і плідно працювала українська вчена спільнота І. Я. Горбачевський, А. І. Кіпріанов, О. В. Кірсанов, С. М. Реформатський та багато інших. Нині в Україні функціонують науково-дослідні інститути, як-от: Інститут органічної хімії, Інститут біоорганічної хімії, де вчені здійснюють наукові дослідження будови й властивостей органічних речовин.

Список про основне

- ✓ Атоми в молекулах сполучаються в певній послідовності відповідно до їх валентності.
- ✓ Карбон в усіх органічних речовинах чотиривалентний.
- ✓ Хімічна будова — це ідентичність атомів і порядок їх сполучення (з відповідними вказівками на кратність зв'язків).
- ✓ *Ізомерія* — явище, що полягає в існуванні сполук, однакових за хімічним складом, але різних за будовою.
- ✓ *Ізомери* — речовини з однаковим кількісним і якісним складом молекули, але відмінними будовою і властивостями.
- ✓ У молекулі атоми і групи атомів взаємно впливають один на одного, це позначається на хімічних властивостях речовин.
- ✓ Теорія хімічної будови виконує дві важливі функції — пояснювальну і прогностичну. Завдяки теорії стало можливим передбачення і створення нових речовин.

Сторінка ґрудита

Важливими науковими поняттями є закони.

Закон — це твердження, яке за певних умов повністю справджується стосовно всієї сукупності досліджуваних властивостей і явищ.



Пригадайте відомі вам закони природничих наук, названих на честь представників ученої спільноти, які їх відкрили.

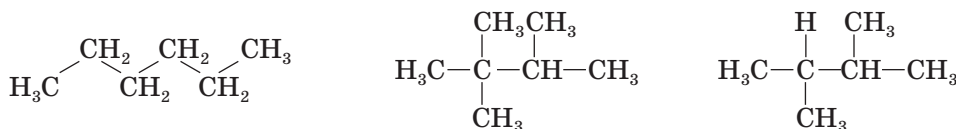
Закони не мають винятків. Так, усі хімічні елементи підпорядковані періодичному закону хімічних елементів. Відкриття законів — важливі події в науці. Саме тому багатьом законам присвоюють прізвища їх відкривачів. Як і теорії, закони — це рушії науки.

Знаємо, розуміємо

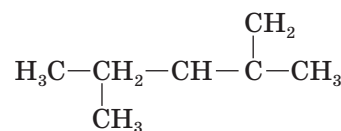
1. Сформулюйте відомі вам положення теорії хімічної будови.
2. Яку формулу називають структурною? Що вона відображає?
3. Поясніть явище ізомерії, наведіть приклади ізомерів.

Застосовуємо

1. Структурні формули скількох речовин зображено?



2. Знайдіть і виправте у записі структурної формули місця, де допущена невідповідність валентності окремих атомів.



3. Висловіть судження про значення теорії будови органічних сполук.
4. Зробіть висновки про багатоманітність органічних сполук на основі теорії хімічної будови.



Працюємо з медійними джерелами

Зберіть інформацію про внесок у розвиток органічної хімії української вченої спільноти, основні напрями наукових досліджень з органічної хімії одного з науково-дослідних інститутів НАН України. Підготуйте презентацію, що міститиме зібрану інформацію.



Ковалентні карбон-карбонів зв'язки в молекулах органічних сполук. Класифікація органічних сполук



Інформаційна довідка

- Електронна формула атома** — запис розподілу електронів в атомі за енергетичними рівнями та підрівнями.
- Неспарений електрон** — електрон, що займає окрему орбіталь. У графічній електронній формулі його розміщують в енергетичній комірці без пари з іншим електроном \uparrow .
- Два спарені електрони займають одну орбіталь. У графічній електронній формулі їх позначають в одній енергетичній комірці $\uparrow\downarrow$.
- Завершений зовнішній енергетичний рівень** (електронний шар) — це рівень з восьми спарених електронів (для Гідрогену, Гелію, Літію, Берилію — із двох).
- Електронегативність** — міра притягання атомом електронів, задіяних в утворенні ним хімічних зв'язків з іншими атомами.
- Хімічний зв'язок** — це сполучення між атомами, зумовлене взаємодією в молекулах та кристалах, що приводить до утворення структурних частинок речовини (молекул, йонів). Розрізняють ковалентний, йонний, металічний хімічні зв'язки.

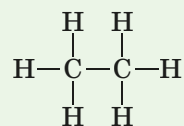
ХІМІЧНІ ЗВ'ЯЗКИ МІЖ АТОМАМИ КАРБОНУ В МОЛЕКУЛАХ.

Переважає більшість органічних речовин мають ковалентний хімічний зв'язок.

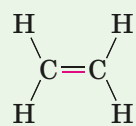
Ковалентний хімічний зв'язок — зв'язок за допомогою спільних електронних пар. Він поділяється на **полярний** (спільні пари електронів зміщені до більш електронегативного атома) і **неполярний** (без зміщення спільної електронної пари до одного з атомів).

Атоми Карбону і Гідрогену мало відрізняються за значенням електронегативності, тому ковалентний хімічний зв'язок С—Н у молекулах вуглеводнів має слабку полярність. Зв'язки атомів Карбону в карбонівому ланцюзі теж ковалентні неполярні чи слабкополярні (полярність виникає внаслідок взаємного впливу атомів чи груп атомів у молекулах).

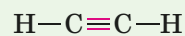
Залежно від кількості спільних електронних пар, між двома атомами Карбону може утворюватись одинарний, подвійний або потрійний ковалентний зв'язок.



одинарний (простий)



подвійний



потрійний

Зазначимо, що в подвійному і потрійному карбон-карбонових зв'язках зв'язки нерівноцінні. У складі подвійного зв'язку один із зв'язків міцніший, а інший — слабкіший. У реакціях слабкіший зв'язок легко розривається і відбувається реакція приєднання. Цим зумовлюється висока хімічна активність органічних речовин з подвійним зв'язком атомів Карбону.

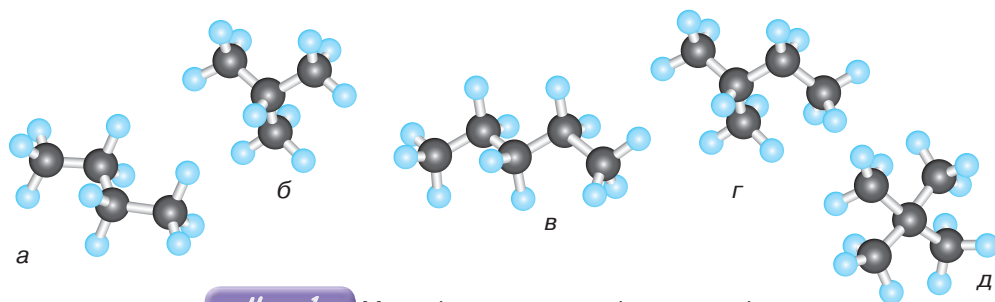
У потрійному зв'язку один із зв'язків міцніший, а решта два — слабкіші. Ці два слабкіших зв'язки легко руйнуються під час хімічних реакцій. Саме тому органічні речовини з потрійним зв'язком атомів Карбону (наприклад, етин) легко вступають в реакції приєднання.

У молекулах органічної речовини утворення ще одного зв'язку зближує атоми Карбону, що сполучаються між собою. Найбільша довжина (як ви розумієте, вона вимірюється в нанометрах) одинарного (простого) хімічного зв'язку між атомами Карбону в алканах, дещо менша — подвійного зв'язку в алкенах, і ще менша — потрійного зв'язку в алкінах.

КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК. Термін «класифікація» широко використовується в різних галузях наук.

Класифікація — це процес і результат групування об'єктів дослідження чи спостереження за певними їх загальними ознаками.

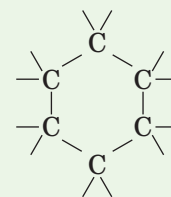
За такою ознакою, як будова карбон-карбонового ланцюга, розрізняють **ациклічні** й **циклічні** органічні речовини. Назва перших вказує на те, що молекули речовин мають незамкнутий ланцюг атомів Карбону, який може бути лінійним чи розгалуженим (мал. 1).



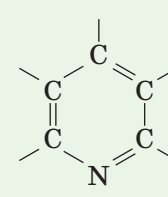
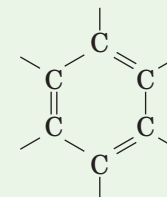
Мал. 1 Моделі молекул ациклічних органічних речовин: а, в — з лінійним ланцюгом атомів Карбону; б, г, д — з розгалуженим ланцюгом атомів Карбону

Циклічним органічним речовинам властива замкнена послідовність сполучених атомів Карбону між собою.

Циклічні органічні речовини поділяють на **карбоциклічні** (до циклу входять лише атоми Карбону) і **гетероциклічні** (замкнуті ланцюги, що крім атомів Карбону містять атоми інших хімічних елементів):



карбоциклічні ланцюги



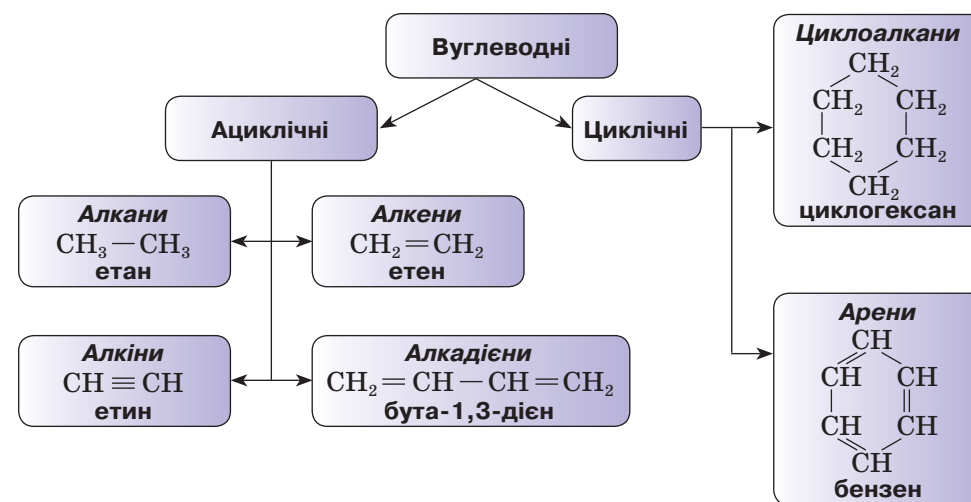
гетероциклічний ланцюг

КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН ЗА ЇХ ЯКІСНИМ СКЛАДОМ. Це найбільш загальний поділ органічних речовин на групи. Залежно від того, атоми яких хімічних елементів входять до складу молекул, органічні речовини поділяють на вуглеводні (містять атоми Карбону С і Гідрогену Н), оксигеновмісні (містять атоми Карбону С, Гідрогену Н і Оксигену О), нітрогеновмісні (містять атоми Карбону С, Гідрогену Н, Нітрогену N, а деякі ще й Оксигену О) та деякі інші сполуки.

У кожній із цих груп є сполуки ациклічної й циклічної будови, з лінійними й розгалуженими карбоновими ланцюгами.

У межах кожної з розглянутих груп речовин існують свої класифікації.

КЛАСИФІКАЦІЯ ВУГЛЕВОДНІВ. З тексту параграфа ви дізналися, що атоми Карбону можуть сполучатися між собою одинарним, подвійним і потрійним зв'язками, а також замикатися в коло (цикл). З урахуванням цих ознак створено класифікацію вуглеводнів, яка схематично показана на малюнку 2.



Мал. 2 Класифікація вуглеводнів

КЛАСИФІКАЦІЯ ОКСИГЕНОВІСНИХ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН.

Основною класифікаційною ознакою цієї групи органічних речовин є **функціональні (характеристичні) групи**.

Функціональні (характеристичні) групи — групи атомів, що входять до складу молекул усіх представників одного гомологічного ряду речовин і визначають їх спільні властивості.

У загальних формулах, що виражають склад оксигеновмісних речовин, зазначають функціональну групу, а решту складу молекули позначають великою літерою R латинського алфавіту або деталізують його записом частини загальної формули класу сполук (таблиця 2).

Таблиця 2

Клас сполук	Функціональна група	Назва функціональної групи	Загальна формула	Приклади
Спирти (насичені одноатомні)	—OH	гідроксильна	R—OH, або $C_nH_{2n+1}OH$	CH ₃ —OH метанол C ₂ H ₅ —OH етанол
Карбонові кислоти (насичені одноосновні)	—COOH	карбоксильна	R—COOH, або $C_nH_{2n+1}COOH$	H—COOH метанова кислота CH ₃ —COOH етанова кислота

Працюйте групами

- Для того щоб переконатися, що у спиртів більше ізомерів, ніж у відповідних їм алканів, складіть структурні формули всіх можливих ізомерів спирту з молекулярною формулою C₅H₁₁OH (їх має бути 6) та пентану.
- Складіть по одній молекулярній формулі гомологів: а) пропану; б) метану; в) етину.

Багатоманітність оксигеновмісних сполук не вичерпується наведеними прикладами. Адже спирти бувають не лише *одноатомні* (одна характеристична група), а й *багатоатомні*, наприклад трьохатомні, до яких належить гліцерол (гліцерин) та інші. Окрім того, карбоновий ланцюг може бути лінійним і розгалуженим, а характеристична група —OH розміщуватися в ньому біля будь-якого атома Карбону. Усе це значно збільшує кількість ізомерів у спиртів порівняно з відповідними вуглеводнями.

Наявність у молекулі відразу двох функціональних груп (наприклад, у вуглеводів) або утворення після реакції нового поєднання залишків різних функціональних груп (наприклад, в естерів) є наступними причинами багатоманітності оксигеновмісних речовин.

КЛАСИФІКАЦІЯ НІТРОГЕНОВІСНИХ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК.

У молекулах сполук цієї групи обов'язково містяться атоми Нітрогену, Карбону, Гідрогену. Так, в *амінів* вуглеводневий замісник сполучений з одновалентною характеристичною *аміногрупою* —NH₂, наприклад, етанамін C₂H₅—NH₂, бензенамін (анілін) C₆H₅—NH₂. Існує також характеристична група, утворена з атомів Нітрогену й Оксигену, — *нітрогрупа* —NO₂, прикладом сполуки є нітробензен C₆H₅—NO₂. Атоми Нітрогену входять до складу амінокислот, білків, нуклеїнових кислот.

ВИВЕДЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФОРМУЛИ РЕЧОВИНИ ЗА МАСОВИМИ ЧАСТКАМИ ЕЛЕМЕНТІВ. Під час розв'язування розрахункових задач цього типу у вас буде можливість застосувати набуті раніше знання про кількісний і якісний склад речовин, відносну густину газів, масову частку.

Масова частка елемента в складній речовині — це частка від ділення маси його атомів на масу всіх атомів у складі молекули.

Задача.

Виведіть формулу вуглеводню, масова частка Карбону в якому становить 80 %, а густина за воднем дорівнює 15.

Дано:

$$\omega(C) = 80 \% \text{ або } 0,8$$

$$D(H_2) = 15$$

$$C_xH_y = ?$$

Розв'язання

1. Використовуючи відомості про відносну густину речовини за воднем, обчислюємо її відносну молекулярну масу:

$$M_r(C_xH_y) = D(H_2) \cdot M_r(H_2) = 15 \cdot 2 = 30.$$

2. За масовою часткою обчислюємо масу атомів Карбону у відносній молекулярній масі сполуки:

$$30 \cdot 0,8 = 24.$$

3. Встановлюємо індекс Карбону (x) у формулі, знаючи, що відносна атомна маса цього хімічного елемента дорівнює 12:

$$24 : 12 = 2.$$

Отже, перша частина молекулярної формули цього вуглеводню — C₂.

4. Обчислюємо одним з способів масу атомів Гідрогену в сполуці:

$$\text{спосіб а)} \quad 30 - 24 = 6;$$

$$\text{спосіб б)} \quad 100 \% - 80 \% = 20 \% \text{ або } 0,2, \quad 30 \cdot 0,2 = 6.$$

5. Встановлюємо індекс Гідрогену (y) у формулі, знаючи, що відносна атомна маса цього хімічного елемента дорівнює 1:

$$6 : 1 = 6.$$

Отже, друга частина молекулярної формули цього вуглеводню — H₆.

Відповідь: C₂H₆.



Стисло про основне

- ✓ Для органічних речовин характерний ковалентний зв'язок.
- ✓ Між атомами Карбону в молекулах органічних речовин можуть утворюватись *одинарний (простий), подвійний і потрійний* хімічні зв'язки.
- ✓ Класифікацію органічних речовин здійснюють за різними ознаками.
- ✓ Залежно від будови карбонового ланцюга органічні речовини поділяють на *ациклічні* й *циклічні*.
- ✓ Ациклічними органічними сполуками називають сполуки з прямим чи розгалуженим ланцюгом атомів у молекулі.
- ✓ У молекулах *циклічних* органічних сполук ланцюг не має кінців, атоми замикають коло.
- ✓ За якісним складом молекул органічні речовини класифікують на *вуглеводні, оксигеновмісні й нітрогеновмісні* речовини.
- ✓ За кількістю ковалентних зв'язків між двома атомами Карбону ациклічні вуглеводні поділяють на *алкани, алкени, алкіни* та деякі інші.

Знаємо, розуміємо

1. Дайте визначення характеристичної групи.
2. Наведіть приклади:
 - а) вуглеводнів;
 - б) оксигеновмісних сполук;
 - в) нітрогеновмісних сполук;
 - г) органічних сполук із простими, подвійними, потрійними карбон-карбонними зв'язками;
 - д) ациклічних і циклічних сполук;
 - е) сполук з різними характеристичними групами.
3. Укажіть нітрогеновмісну органічну сполуку: HNO_3 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, C_2H_6 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$, CO_2 , NO_2 . Схарактеризуйте її кількісний і якісний склад.

Застосовуємо

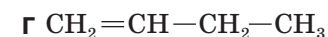
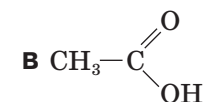
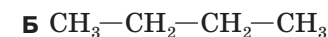
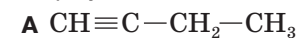
1. Укажіть органічну сполуку, що має функціональну групу —OH .
 - А бутан
 - Б натрій гідроксид
 - В етанол
 - Г метан

2. Установіть відповідність між класом та формулою органічних сполук.

Клас органічних сполук

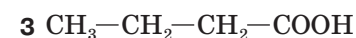
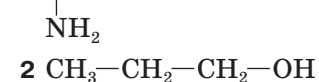
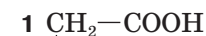
- 1 алкани
- 2 алкени
- 3 алкіни
- 4 спирти

Формула



3. Установіть відповідність між формулами речовин і класами органічних сполук, до яких вони належать.

Формула



Клас органічних сполук

А спирти

Б алкіни

В амінокислоти

Г карбонові кислоти

Д аміни

4. Виведіть формулу вуглеводню, масова частка Гідрогену в якому становить 20 %, а відносна густина за метаном дорівнює 1,875.
5. Виведіть формулу вуглеводню, масова частка Карбону в якому становить 0,8276, а відносна густина за повітрям дорівнює 2.
6. Вуглеводень має однакову відносну молекулярну масу з вуглекислим газом і містить 81,82 % Карбону. Виведіть формулу вуглеводню.
7. Виведіть формулу вуглеводню, масова частка Гідрогену в якому дорівнює 14,285 %, а густина його за азотом становить 2.
8. Укажіть рядки, утворені формулами органічних сполук з однаковою масовою часткою Карбону.

А C_3H_6 , C_6H_6	В C_5H_{10} , $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$
Б C_4H_8 , C_2H_4	Г C_2H_2 , CH_5N
9. Укажіть правильні твердження.
 - А Етен — ациклічний вуглеводень з одним подвійним зв'язком
 - Б Пропан — ізомер метану
 - В Етан — гомолог метану
 - Г Етанова кислота — нітрогеновмісна органічна сполука

Вуглеводні

Тема 2

У цій темі ви дізнаєтеся про:

- ♦ класифікацію вуглеводнів;
- ♦ загальні формули, структурну ізомерію та систематичну номенклатуру алканів, алкенів, алкінів, аренів;
- ♦ властивості алканів, алкенів, алкінів, аренів;
- ♦ методи одержання, застосування вуглеводнів;
- ♦ взаємозв'язки між гомологічними рядами вуглеводнів;
- ♦ застосування вуглеводнів та їхній вплив на довкілля.

Після засвоєння матеріалу теми ви зможете:

- ♦ **називати** алкани, алкени й алкіни за систематичною номенклатурою;
- ♦ **наводити приклади** насичених, ненасичених й ароматичних вуглеводнів, структурних формул їх ізомерів;
- ♦ **пояснювати суть** структурної ізомерії вуглеводнів, розпізнавати структурні ізомери певної речовини;
- ♦ **складати** на основі загальної формули молекулярні та структурні формули вуглеводнів певного гомологічного ряду;
- ♦ **складати** рівняння реакцій, які описують хімічні властивості вуглеводнів;
- ♦ **порівнювати** будову і властивості вуглеводнів;
- ♦ **розв'язувати задачі** на виведення молекулярної формули речовини за загальною формулою гомологічного ряду та густиною або відносною густиною; масою, об'ємом або кількістю речовини реагентів або продуктів реакції, обґрунтовуючи обраний спосіб розв'язання;
- ♦ **робити висновки** щодо властивостей речовин на підставі їхньої будови та про будову речовин, виходячи з їхніх властивостей, на підставі цього **обґрунтовувати** застосування вуглеводнів;
- ♦ **утвердитись** у необхідності збереження довкілля під час одержання й застосування вуглеводнів;
- ♦ **оцінювати** пожежну небезпечність вуглеводнів й екологічні наслідки порушення технологій добування й застосування вуглеводнів та їхніх похідних.

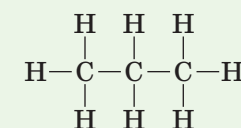
§ 3.

Алкани. Структурна ізомерія й систематична номенклатура алканів

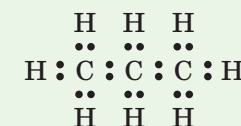
Інформаційна довідка

Алкани — загальна назва насичених вуглеводнів ациклічної будови. Їх молекули складаються з атомів двох хімічних елементів — Карбону й Гідрогену, наприклад: C_3H_8 (пропан), $C_{10}H_{22}$ (декан), $C_{20}H_{42}$ (ейкозан).

Валентні можливості кожного атома Карбону в молекулах алканів максимально використані для сполучення з атомами Гідрогену.



Алкани є сполуками з ковалентним зв'язком. Між атомами Карбону зв'язки одинарні неполярні, між атомами Карбону й Гідрогену — слабополярні.



Алкани — речовини без кольору, нерозчинні у воді. За звичайних умов газоподібний агрегатний стан мають алкани з кількісним складом Карбону в молекулі від одного до чотирьох атомів ($C_1 - C_4$), рідкий — від п'яти до п'ятнадцяти ($C_5 - C_{15}$), решта — тверді речовини (мал. 3). Газоподібні алкани без запаху, рідкі — із запахом бензину.



Мал. 3. Використання алканів

Температура кипіння і плавлення алканів підвищується зі збільшенням їх молекулярної маси та довжини карбонового ланцюга. Що більш розгалуженим є карбоновий ланцюг алкану, то вища в нього температура кипіння та плавлення.

Попрацюйте групами

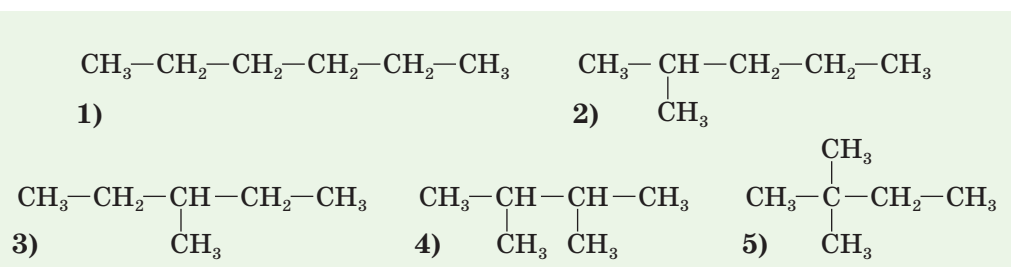
1. Переконайтеся, що молекулярні формули гомологів метану відповідають одній загальній формулі C_nH_{2n+2} , де n — кількість атомів Карбону в молекулі.

Виконуючи це завдання, спершу за загальною формулою C_nH_{2n+2} складіть молекулярні формули алканів з кількістю атомів Карбону в молекулі 2, 5, 7, 10, назвіть їх.

Зверте їх із формулами цих речовин у таблиці 1 на с. 8.

2. Складіть молекулярні формули алканів, що містять: а) 16 томів Карбону; б) 32 атоми Гідрогену; в) на 4 атоми Карбону більше, ніж нонан; г) на шість атомів Гідрогену менше, ніж декан.

СТРУКТУРНА ІЗОМЕРІЯ АЛКАНІВ. Алканам, починаючи з бутану, властива структурна ізомерія, зумовлена різною послідовністю сполучення атомів Карбону в молекулі. Наприклад, у молекулі гексану C_6H_{14} шість атомів Карбону можуть мати п'ять різних розташувань. Отже, гексан може існувати у вигляді п'яти ізомерів:



Карбон-карбонові ланцюги, як у першій напівструктурній формулі, називають *лінійними*. Решта ланцюгів — *розгалужені*.

НОМЕНКЛАТУРА АЛКАНІВ. У попередньому пункті параграфа наведені напівструктурні формули п'яти різних речовин і кожна має свою назву. Немає потреби завчати їх напам'ять, достатньо знати й застосовувати правила номенклатури.

Номенклатура — це мова хімії, що використовується для передачі складу й будови речовин їхніми назвами.

Номенклатура алканів, як і всіх інших класів органічних речовин, склалася не одразу. І сьогодні в літературі трапляються три види номенклатури: тривіальна, раціональна й систематична. Остання нині є найбільш уживаною, її ми й будемо дотримуватись.

У таблиці 1 (с. 8) вказано напівструктурні формули десяти алканів з нерозгалуженими карбон-карбоновими ланцюгами.

Вуглеводні з нерозгалуженими карбон-карбоновими ланцюгами називають нормальними, і в їхній назві зазначають про це літерою *n* (через дефіс) перед назвою сполуки. Наприклад: *n*-гексан $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$.

Назви насичених вуглеводнів розгалуженої будови складають з дотриманням зазначених нижче правил.

ПРАВИЛА НОМЕНКЛАТУРИ АЛКАНІВ. Щоб назвати алкан, вам потрібно виконати дії у наведеній нижче послідовності.

Примітка: розглядаючи кожне правило, знаходьте дії на його підтвердження в таблиці 4 на с. 31.

Дія 1. У структурній формулі алкану розгалуженої будови оберіть **головний карбоновий ланцюг**. Це найдовший з можливих суцільних карбонових ланцюгів, що містить найбільшу кількість найпростіших замісників.

Замісник — хімічна частинка з неспареним електроном. Прикладами таких частинок є *вуглеводневі замісники, характеристичні (функціональні) групи, атоми галогенів*. Вони можуть заміщувати в головному ланцюзі один або кілька атомів Гідрогену.

Для одновалентних вуглеводневих замісників, утворених з відповідних насичених вуглеводнів, у назві використовують суфікс **-ил (-іл)**, замість **-ан** (табл. 3, с. 30).

Якщо у формулі алкану можна виділити кілька ланцюгів з однаковою кількістю атомів Карбону, то за головний оберіть той, у якого більше замісників.

Дія 2. Атоми Карбону головного ланцюга слід пронумерувати арабськими цифрами (за правилами систематичної номенклатури їх називають локанти).

Локант — цифра, що вказує на положення замісника, подвійного і потрійного зв'язків у молекулі.

Дотримуйтеся такої послідовності дій:

а) нумерацію починайте з того кінця, де Карбон, біля якого розташований замісник, матиме менший локант;

б) якщо різні замісники перебувають на однаковій відстані від обох кінців ланцюга, то нумерацію здійсніть звідти, де розташований простіший замісник;

в) якщо однакові замісники, що визначають нумерацію ланцюга, рівновіддалені від обох кінців ланцюга, то нумерацію почніть з того кінця, де більше замісників.

Таблиця 3

Алкани та відповідні їм одновалентні замісники

Алкан		Одновалентний замісник	
Назва	Формули	Назва	Формули
Метан	CH_4 $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}:\text{C}:\text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$	Метил	$-\text{CH}_3$ $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ -\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}:\text{C}:\text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$
Етан	C_2H_6 $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \vdots \quad \vdots \\ \text{H}:\text{C}:\text{C}:\text{H} \\ \vdots \quad \vdots \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Етил	$-\text{C}_2\text{H}_5$ $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ -\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \vdots \quad \vdots \\ \text{H}:\text{C}:\text{C}:\text{H} \\ \vdots \quad \vdots \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Пропан	C_3H_8 $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ \text{H}:\text{C}:\text{C}:\text{C}:\text{H} \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Пропіл	$-\text{C}_3\text{H}_7$ $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ -\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ \text{H}:\text{C}:\text{C}:\text{C}:\text{H} \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

Дія 3. Запишіть в алфавітному порядку назви замісників:

а) першими завжди пишуть локанти (номери) атомів Карбону головного ланцюга, біля якого (яких) є замісник (замісники). *Пам'ятайте!* Скільки однакових замісників має один атом Карбону, стільки разів записують його локант;

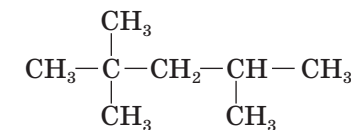
б) цифри, якими позначені локанти, відділяйте одну від одної комами, а після останньої (перед назвою замісника) ставте дефіс;

в) кількість однакових замісників зазначаєте перед його назвою префіксами («ди» — два, «три» — три, «тетра» — чотири);

г) перелік замісників здійснюйте в алфавітному порядку, не враховуючи їх складності.

Дія 4. Складіть повну назву речовини (не роблячи відступу від зробленого запису щодо замісників, запишіть назву алкану, обраного за головний ланцюг).

За таблицею 4 опрацюйте алгоритм складання за розглянутими правилами назви конкретного алкану зі структурною формулою:



Таблиця 4

Алгоритм складання назви алкану

№	Дія зі складання назви алкану	Результат дії	Запис
1	У формулі обирають головний ланцюг, з'ясовують, які замісники є в ньому	Найдовшим (із трьома замісниками) є ланцюг з п'яти томів Карбону; три однакові замісники $-\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$
2	Нумерують ланцюг	Нумерацію здійснюємо зліва направо (хоча замісники розташовані і ліворуч, і праворуч біля другого атома Карбону, ліворуч їх більше)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$
3	Записують частину назви алкану, що стосується замісників	Головний ланцюг має три замісники $-\text{CH}_3$ (два розташовані біля другого атома Карбону й один біля четвертого), тож цифр має бути три: 2, 2, 4. Префікс теж «три». Назва кожного із трьох замісників — метил	2,2,4-триметил...
4	Складають повну назву речовини	Головним ланцюгом у цій сполуці є алкан з п'ятьма атомами Карбону в молекулі. Це пентан	2,2,4-триметилпентан

СКЛАДАННЯ СТРУКТУРНОЇ ФОРМУЛИ АЛКАНУ ЗА НАЗВОЮ.

Знання номенклатури дають змогу не лише називати органічні речовини, а й за їхніми назвами складати структурні формули.

З алгоритмом складання структурної формули алканів ознайомтесь на прикладі алкану 3-етил-2,4-диметилгексану (табл. 5, с. 32).

Таблиця 5

Алгоритм складання структурної формули алкану за його назвою

№	Дія	Результат
1	Як свідчить назва сполуки, її головний ланцюг утворений гексаном, тому записують і нумерують символи шести атомів Карбону, ставлячи між ними одну риску валентності. Примітка: напрям нумерації значення не має.	$\overset{1}{\text{C}} - \overset{2}{\text{C}} - \overset{3}{\text{C}} - \overset{4}{\text{C}} - \overset{5}{\text{C}} - \overset{6}{\text{C}}$
2	Біля третього атома Карбону пишуть замісник етил $-\text{C}_2\text{H}_5$, а біля другого й четвертого — по одному метильному заміснику $-\text{CH}_3$	$\overset{1}{\text{C}} - \overset{2}{\text{C}} - \overset{3}{\text{C}} - \overset{4}{\text{C}} - \overset{5}{\text{C}} - \overset{6}{\text{C}}$ CH_3 C_2H_5 CH_3
3	Допишують у головному ланцюзі атоми Гідрогену в кількості, що забезпечує кожному атому Карбону чотиривалентний стан	$\overset{1}{\text{CH}_3} - \overset{2}{\text{CH}} - \overset{3}{\text{CH}} - \overset{4}{\text{CH}} - \overset{5}{\text{CH}_2} - \overset{6}{\text{CH}_3}$ CH_3 C_2H_5 CH_3

Складаючи назви насичених вуглеводнів, зазначають місце й назви атомів чи груп атомів, що замістили Гідроген у сполуці, та назву насиченого вуглеводню, що утворює головний ланцюг.

Працюйте групами

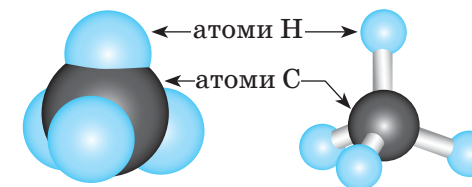
- Назвіть за систематичною номенклатурою наведені на с. 28 в пункті «Структурна ізомерія алканів» цього параграфа ізомери гексану.
- Складіть структурні формули:
 - 2,2,3,3-тетраметилпентану;
 - 3,3-диетилгептану.

Стисло про основне

- ✓ Алкани — насичені вуглеводні, склад молекул яких відповідає загальній формулі $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.
- ✓ Назви всіх алканів закінчуються суфіксом **-ан**, а утворених з них одновалентних замісників — **-ил (-іл)**.
- ✓ Алканам властива структурна ізомерія. Вона зумовлена різною послідовністю сполучення атомів Карбону в карбоновому ланцюзі.
- ✓ Найпоширенішою сучасною номенклатурою алканів є систематична номенклатура.

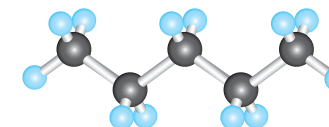
Сторінка ерудита

Просторова будова алканів. Просторове розташування атомів у молекулі метану (перший представник алканів) відображено за допомогою об'ємної (масштабної) і кулестрижневої моделей на малюнку 4.



Мал. 4 Моделі молекули метану: а — об'ємна (масштабна); б — кулестрижнева

Як зазначено в попередньому параграфі, кут між напрямками хімічних зв'язків атома Карбону з атомами Гідрогену в молекулі метану дорівнює $109^\circ 28'$. Для молекул алканів, що містять більше двох атомів Карбону, характерною є зигзагоподібна форма карбонового ланцюга, у якому також зберігається валентний кут $109^\circ 28'$ між атомами Карбону (мал. 5).



Мал. 5 Кулестрижнева модель молекули n-пентану

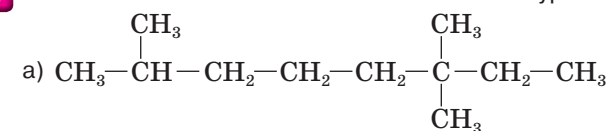
Валентний кут — кут між напрямками хімічних зв'язків атома в молекулах чи кристалах.

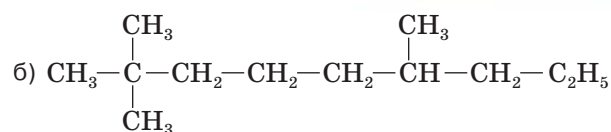
Знаємо, розуміємо

- Назвіть загальну формулу алканів.
- Сформулюйте основні правила систематичної номенклатури алканів.
- Схарактеризуйте якісний склад алканів.
- Який хімічний зв'язок атомів у молекулах алканів?

Застосовуємо

- Укажіть загальну формулу гомологів метану.
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
 - C_nH_{2n}
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$
- Назвіть алкани за систематичною номенклатурою.





Чи належать ці речовини до ізомерів? Відповідь обґрунтуйте.

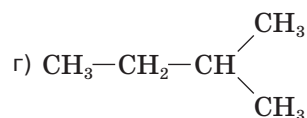
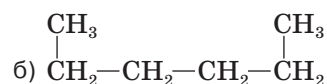
3. Складіть структурні формули речовин за назвами:

- 3,5-диетилгептан;
- 3-метил-5-пропілннан;
- 2,2,5-триметилгептан;
- 2,3-диметилгептан.

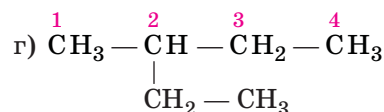
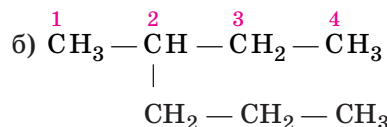
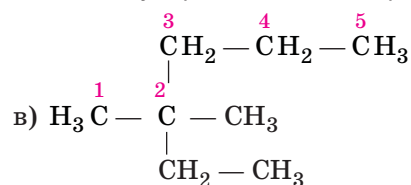
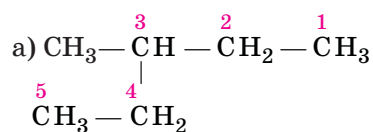
4. Укажіть, які з назв алканів не відповідають систематичній номенклатурі:

- 2,3-диметилбутан;
- 4-етилпентан;
- 2-етил-3-метилпропан.

5. Формули скількох речовин зображено? Назвіть ці речовини:



6. Укажіть, у яких випадках припустилися помилки в нумерації головного карбонового ланцюга:



Зробіть правильну нумерацію, назвіть сполуки за систематичною номенклатурою.

7. Виведіть молекулярну формулу вуглеводню, масова частка Карбону в молекулі якого дорівнює 80 %, а густина за повітрям становить 1,034.

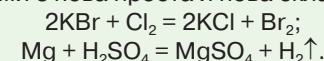


Хімічні властивості алканів

Інформаційна довідка

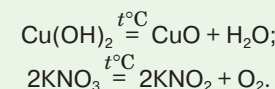
Хімічні явища, або хімічні реакції, — це взаємоперетворення хімічних частинок, що супроводжуються руйнуванням одних й утворенням інших речовин.

Реакцією заміщення називають взаємодію простої речовини зі складною. У неорганічній хімії її продуктами є нова проста й нова складна речовини, наприклад:



Взаємодія речовини з киснем дістала назву реакції окиснення. Окиснення, що супроводжується виділенням світла й тепла, називають горінням. Речовини можуть горіти не лише в кисні (наприклад, залізо горить також у хлорі).

Реакція розкладу — це реакція, внаслідок якої, з однієї речовини утворюється кілька, наприклад:

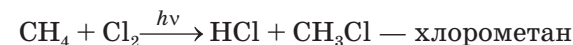


Для алканів, через насиченість хімічних зв'язків атомів Карбону, реакції приєднання неможливі. Як ви дізнаєтесь дещо пізніше, для ненасичених вуглеводнів вони є основними.

ГАЛОГЕНУВАННЯ — характерна реакція алканів.

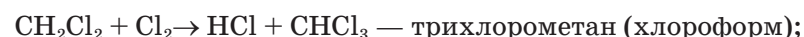
Алкани вступають у реакції заміщення з галогенами — фтором F_2 , хлором Cl_2 , бромом Br_2 , йодом I_2 . Під час цих реакцій атоми Гідрогену замінюються на атоми галогенів. Швидкість галогенування зменшується від фтору до йоду. Під час проведення цих реакцій створюють відповідні умови. Так, взаємодію з хлором проводять на світлі, з бромом — також, проте швидкість реакції порівняно з хлором менша.

На світлі за звичайних умов, або в темряві при нагріванні чи в присутності каталізатора, у молекулі метану всі атоми Гідрогену послідовно замінюються атомами Хлору.



($h\nu$ — позначка кванта світла).

За достатньої кількості хлору реакція продовжується далі з утворенням продуктів заміщення решти атомів Гідрогену:



Ізомеризація — хімічна реакція без зміни хімічного складу реагенту. Її продуктом є **ізомер** — речовина зі зміненим скелетним чи просторовим розташуванням атомів у молекулі. У цих реакціях беруть участь алкани, молекули яких містять не менше чотирьох атомів Карбону.

$$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{100^\circ\text{C}, \text{AlCl}_3} \begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$

n-пентан 2-метилбутан

Термічний розклад з розривом С — С зв'язків (крекінг):

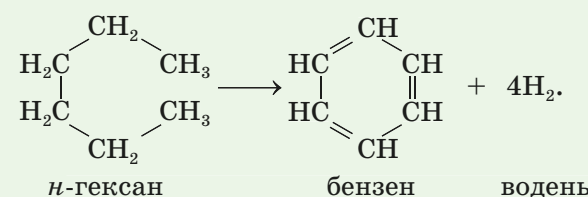
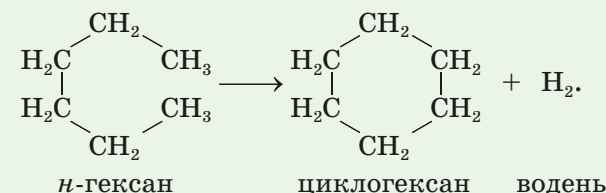


Розрив С—С зв'язку може статись у будь-якому місці карбонового ланцюга молекули.

Попрацюйте групами

$$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \begin{cases} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3 + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 \end{cases}$$
$$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2;$$

бутан бѹт-2-ен водень


$$\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2.$$

Так у промисловості одержують сажу (чистий вуглець) і водень.

Реакції розкладу, одним з продуктів яких є водень, мають загальну назву — реакції **дегідрогенізації**, або **дегідрування**.

ВЗАЄМОДІЯ НАСИЧЕНИХ ВУГЛЕВОДНІВ З ЛУГАМИ ТА КИСЛОТАМИ. Алкани стійкі до дії кислот, лугів. Що це насправді так, можна переконатись на такому досліді. Налиємо у дві пробірки по 2 мл розчину натрій гідроксиду, а ще у дві — по 2 мл розчину нітратної кислоти. Помістимо в першу пробірку 1 мл бензину (суміш рідких алканів), у другу — всипемо стружку парафіну (суміш твердих алканів). Вміст пробірок перемішаємо. Спостереження підтвердить, що хімічна реакція між насиченими вуглеводнями і лугом не відбувається. У третю і четверту пробірки (містять кислоту) також помістимо бензин і парафінову стружку відповідно. Наслідки спостереження будуть аналогічними з попереднім дослідом.

РЕАКЦІЇ ПОВНОГО ОКИСНЕННЯ АЛКАНІВ (ГОРІННЯ).

Алкани — горючі легкозаймисті речовини. Вони згорають з утворенням вуглекислого газу, води й виділенням значної кількості теплоти:



Процес горіння вуглеводнів широко використовується у двигунах внутрішнього згорання автомобілів, літаків, на теплових електростанціях, у побуті — в газових плитах і котлах тощо.



Стисло про основне

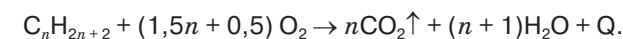
- ✓ Ізомеризація алканів починається з бутану. Її продуктом є ізомери — речовини, в яких відбулася зміна порядку сполучення атомів без зміни хімічного складу речовин.
- ✓ Дегідрування (дегідратація) алканів — реакція розкладу, одним з продуктів якої є водень.
- ✓ Алкани стійкі до дії кислот і лугів.
- ✓ Алкани будь-якого агрегатного стану — легкозайmistі речовини. Згорання алканів супроводжується виділенням у навколишнє середовище значної кількості теплоти, завдяки чому їх використовують як паливе.
- ✓ Алканам властиве галогенування — уведення атомів галогенів до складу органічної речовини. Відбувається реакція заміщення, проте серед її продуктів немає простої речовини.
- ✓ Хімічні властивості алканів:

Алкани C_nH_{2n+2}	1	+ O_2 горіння	$CO_2 + H_2O + Q$
	2	+ $Hal_2 (Cl_2, Br_2)$ галогенування	$C_nH_{2n+1}Hal,$ $C_nH_{2n}Hal_2$ і т. д. галогенопохідні
	3	ізомеризація t, кат.	Ізомери
	4	t, каталізатори крекінг	Суміш $C_nH_{2n'+2}$ і $C_nH_{2n''}$
	5	розкладання без доступу O_2 , t	$C + H_2$
	6	- H_2 дегідрування	Циклоалкани, алкени, арени
	7	приєднання !неможливе!	—
	8	+ $KMnO_4 [H_2SO_4]$ окиснення	Стійкі проти дії окисників

Сторінка ерудита



Загальне рівняння реакції горіння алканів:



Розглянемо приклад використання цього рівняння для виведення молекулярної формули алкану.

Задача.

Алкан кількістю речовини 0,5 моль згорає без залишку в кисні об'ємом 123,2 л (н.у.). Виведіть молекулярну формулу речовини.

Дано:

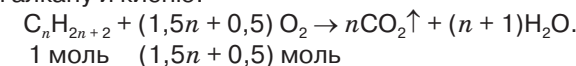
$$v(C_nH_{2n+2}) = 0,5 \text{ моль}$$

$$V(O_2) = 123,2 \text{ л (н.у.)}$$

$$n = ?$$

Розв'язання

1. Використовуючи загальне молекулярне рівняння реакції, з'ясуємо кількісні відношення алкану й кисню:



$$1 \text{ моль } (1,5n + 0,5) \text{ моль}$$

2. Користуючись встановленим у дії 1 відношенням, з'ясуємо кількість речовини кисню, що витрачається під час горіння зазначеної в умові кількості алкану:

$$\begin{aligned} &1 \text{ моль } C_nH_{2n+2} \quad (1,5n + 0,5) \text{ моль } O_2 \\ &0,5 \text{ моль } C_nH_{2n+2} \quad x \text{ моль } O_2 \\ &x = 0,5 \cdot (1,5n + 0,5) : 1 = (0,75n + 0,25) \text{ моль.} \end{aligned}$$

3. Обчислюємо кількість речовини кисню в порції об'ємом 123,2 л. (н.у.):

$$123,2 : 22,4 = 5,5 \text{ моль.}$$

$$\text{Отже, } (0,75n + 0,25) = 5,5 \text{ (моль).}$$

4. Знаходимо n:

$$0,75n + 0,25 = 5,5;$$

$$0,75n = 5,5 - 0,25 = 5,25;$$

$$n = 5,25 : 0,75 = 7.$$

Відповідь: C_7H_{16} .



Розв'яжіть задачу: внаслідок спалювання алкану кількістю речовини 4 моль, утворилася вода кількістю речовини 20 моль. Виведіть молекулярну формулу речовини.

Знаємо, розуміємо

1. Назвіть типи хімічних реакцій, у які вступають алкани.
2. Поясніть, чому реакції приєднання для алканів неможливі.

Застосовуємо

1. Складіть рівняння реакції галогенування між етаном і бромом за умови, що кількість речовини кожного реагенту дорівнює 1 моль.
2. Обчисліть об'єм хлору (н.у.), необхідний для повного галогенування метану об'ємом 60 л. Усі виміри зроблено за однакових умов.
3. Який об'єм кисню (н. у.) витратиться в результаті спалювання пропану кількістю речовини 4 моль? Який об'єм вуглекислого газу утвориться при цьому?
4. Обчисліть масу сажі, добутої термічним розкладом метану масою 80 кг.



Алкени. Систематична номенклатура й ізомерія алкенів



Інформаційна довідка

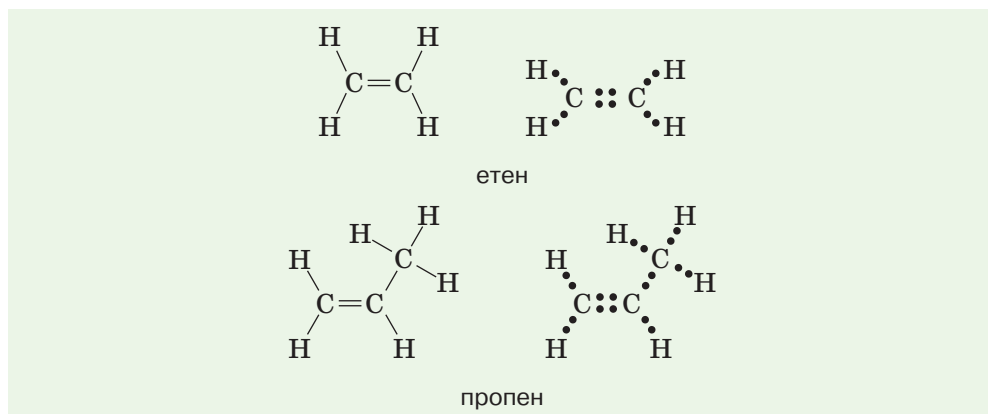
- Алкени** — ненасичені вуглеводні ациклічної будови з одним подвійним зв'язком атомів Карбону.
- Назви алкенів відповідають назвам алканів з такою ж кількістю атомів Карбону, лише суфікс **-ан** змінюється на **-ен**, наприклад, *етан* — *етен*.
- Етен C_2H_4 є першим представником гомологічного ряду алкенів. Він, а також його гомологи мають на два атоми Гідрогену менше, ніж відповідний їм алкан.

Працюйте групами

1. Порівняйте молекулярні формули етану C_2H_6 й етену C_2H_4 , пропану C_3H_8 і пропену C_3H_6 .
2. Скориставшись результатами порівняння та знаючи загальну формулу алканів, складіть загальну формулу алкенів.
3. Укладіть гомологічний ряд алкенів з перших дев'яти представників, зазначивши назви та молекулярні формули речовин.

АЛКЕНИ, БУДОВА МОЛЕКУЛИ. Загальна формула алкенів — C_nH_{2n} .

При зменшенні кількісного складу молекул алкенів на два атоми Гідрогену порівняно з відповідними алканами чотиривалентний стан Карбону зберігається завдяки утворенню подвійного зв'язку:



Наведені структурна й електронна формули та масштабна й куле-стрижнева моделі етену (мал. 6) ілюструють наявність у молекулі етену шести ковалентних зв'язків. Чотири з них утворились між атомами Карбону й Гідрогену, два — між атомами Карбону. Позначення подвійного

зв'язку у структурній формулі двома однаковими рисками чи в електронній формулі двома однаковими парами електронів не означає, що ці зв'язки рівноцінні.



Мал. 6 Моделі молекули етену

У подвійному зв'язку один зв'язок міцніший, другий — слабкіший. Слабкіший зв'язок першим розривається в реакціях, тоді як міцніший зберігається. За місцем розриву відбувається приєднання інших атомів чи груп атомів. Це підтверджують хімічні властивості алкенів (§ 6).

Через утворення подвійного зв'язку зменшується відстань між ядрами атомів Карбону. Довжина подвійного зв'язку $C=C$ становить 0,133 нм, тоді як довжина одинарного зв'язку $C-C$ дорівнює 0,154 нм.

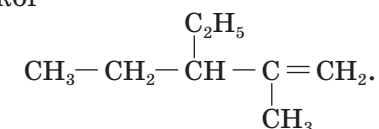
СИСТЕМАТИЧНА НОМЕНКЛАТУРА АЛКЕНІВ. У систематичній номенклатурі алкенів відображають порядок сполучення атомів Карбону в молекулі (аналогічно алканам) і місце подвійного зв'язку в карбоновому ланцюзі.

Загальні **правила** складання назв алкенів за систематичною номенклатурою такі.

1. Обирають головний ланцюг — найдовший карбоновий ланцюг з подвійним зв'язком.
2. Нумерацію головного ланцюга здійснюють за принципом найменшого локанта для атома Карбону, сполученого подвійним зв'язком з іншим атомом Карбону.
3. Назви алкенів утворюють від назв алканів з такою самою кількістю атомів Карбону, замінюючи суфікс **-ан** на **-ен**.
4. Перед суфіксом **-ен** записують локант подвійного зв'язку, виділяючи його з обох боків дефісами.
5. Повну назву складають у такій самій послідовності, що й для алканів, за винятком того, що перед суфіксом **-ен** додається локант подвійного зв'язку.

У разі необхідності ви можете пригадати послідовність складання назви алканів, звернувшись до тексту § 3.

Розглянемо складання назв алкенів (табл. 6, с. 42) на прикладі речовини, формула якої



Таблиця 6

Алгоритм складання назви алкену

№	Дія зі складання назви алкену	Результат дії	Запис
1	Обирають головний ланцюг, з'ясовують, якому алкену він належить	Найдовший ланцюг з подвійним зв'язком містить п'ять атомів Карбону	$C-C-C-C=C$ пентен
2	Нумерують головний ланцюг, визначають локант подвійного зв'язку, складають назву головного ланцюга	Нумерацію здійснюємо справа наліво, локант атома Карбону з подвійним зв'язком — 1	$\overset{5}{C}-\overset{4}{C}-\overset{3}{C}-\overset{2}{C}=\overset{1}{C}$...пент-1-ен
3	З'ясовують, які замісники є в карбоновому ланцюзі пент-1-ену й записують їх, дотримуючись алфавітного порядку та вказуючи локанти	Замісників два: метил з локантом 2 та етил з локантом 3	3-етил-2-метил...
4	Складають повну назву алкену	Розпочинаємо записом локантів, префіксів і назв замісників, а завершуємо назвою алкену	3-етил-2-метилпент-1-ен

Пам'ятайте, що між локантами кількох однакових замісників ставлять коми, а всі локанти (у тому числі й подвійного зв'язку) відокремлюються від літер рисками.

Попрацюйте групами

Знаючи номенклатуру алкенів, легко за назвами безпомилково складати структурні формули речовин цього класу.

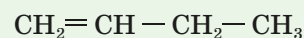
1. Складіть структурні формули:

- 2,3-диметилгекс-1-ену;
3,4-диетил-2-метилгекс-1-ену.

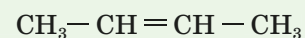
2. Знайдіть і виправте помилку в назві алкену, головний ланцюг якого складається із шести атомів Карбону: 2-етил-4,5-метилгекс-1-ен.

ІЗОМЕРІЯ АЛКЕНІВ. Неважко зрозуміти, що структурна ізомерія алкенів зумовлена не лише різним порядком зв'язку атомів Карбону (розташуванням замісників), а й положенням подвійного зв'язку в головному ланцюгу. Алкенам властива також просторова ізомерія (про неї можна дізнатися зі сторінки ерудита).

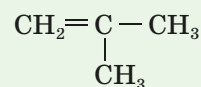
Якщо в алкану з молекулярною формулою C_4H_{10} існує два структурних ізомери, то в алкену з такою самою кількістю атомів Карбону їх три.



бут-1-ен



бут-2-ен



2-метилпроп-1-ен

Попрацюйте групами

1. Складіть структурні формули ізомерів пентену.
2. Назвіть речовини, формули яких ви склали.

ВИВЕДЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФОРМУЛИ РЕЧОВИНИ ЗА ЗАГАЛЬНОЮ ФОРМУЛОЮ ГОМОЛОГІЧНОГО РЯДУ ТА ГУСТИНОЮ АБО ВІДНОСНОЮ ГУСТИНОЮ. Знання загальної формули гомологічного ряду допомагає встановлювати молекулярну формулу речовини. Розглянемо приклади задач.

Задача 1.

Виведіть молекулярну формулу газоподібного алкену, густина якого за нормальних умов дорівнює 1,875 г/л.

Розв'язання:

1. Обчислюємо масу, молярну та відносну молекулярну масу газоподібної речовини кількістю речовини 1 моль, ураховуючи, що $V_m = 22,4$ л/моль.

$$m(C_nH_{2n}) = \rho \cdot V = 1,875 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л} = 42 \text{ г}$$

$$M(C_nH_{2n}) = 42 \text{ г/моль} \quad M_r(C_nH_{2n}) = 42$$

2. Визначаємо n :

$$M_r(C_nH_{2n}) = 12n + 2n = 42$$

$$14n = 42 \quad n = 3$$

Відповідь: C_3H_6 .

Задача 2.

Виведіть формулу алкану, відносна густина парів якого за повітрям дорівнює 2.

Розв'язання:

1. Обчислюємо молярну масу алкану:

$$D_{\text{пов}} = M : 29, \text{ звідси, } M = 29 D_{\text{пов}}.$$

$$M(C_nH_{2n+2}) = 29 \cdot 2 = 58 \text{ (г/моль)}.$$

2. Визначаємо n .

$$M_r(C_nH_{2n+2}) = 12n + 2n + 2 = 14n + 2;$$

$$14n + 2 = 58;$$

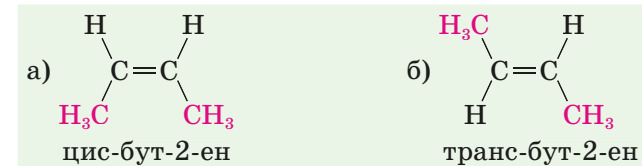
$$14n = 58 - 2 = 56; n = 56 : 14 = 4.$$

Відповідь: C_4H_{10} .

Сторінка ерудита

Стереοізомерія алкенів. Таку назву отримала ізомерія, зумовлена різним просторовим розташуванням однакових атомів відносно подвійного зв'язку.

Наприклад, групи CH_3 в молекулі бут-2-ену $CH_3-CH=CH-CH_3$ можуть розташовуватися по один бік подвійного зв'язку в одному ізомері (а) й по різні — в іншому (б). У першому випадку утворюється цис-ізомер, а в другому — транс-ізомер.



Між цис- і транс-ізомерами існують відмінності за фізичними й навіть деякими хімічними властивостями.



Стисло про основне

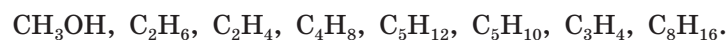
- ✓ Алкени — ненасичені вуглеводні з одним подвійним зв'язком у молекулі.
- ✓ Загальна формула алкенів — C_nH_{2n} .
- ✓ Алкенам властива структурна ізомерія.
- ✓ Складаючи назви алкенів, ураховують локанти й назви замісників, назву головного карбон-карбонового ланцюга та локант подвійного зв'язку.

Знаємо, розуміємо

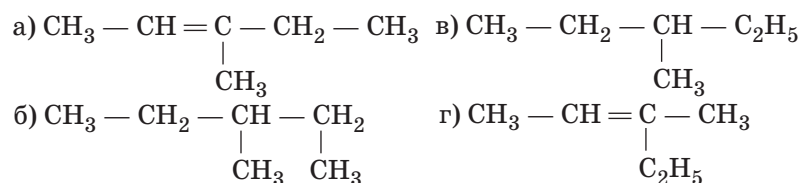
1. Які органічні речовини називають алкенами? Наведіть приклади представників гомологічного ряду алкенів.
2. Чому алкени належать до ненасичених вуглеводнів, а алкани — до насичених?
3. Який алгоритм складання назв алкенів за систематичною номенклатурою?
4. Алкан чи алкен з однаковим кількісним складом Карбону має більше ізомерів? Поясніть.

Застосовуємо

1. З наведеного списку формул органічних речовин виберіть формули алкенів і назвіть їх:



2. Розташуйте речовини за збільшенням кількості атомів Гідрогену в молекулі: гептен, пентан, гептан, пентен.
3. Назвіть речовини, формули яких наведено:



4. Складіть структурні формули сполук:
а) 2,2-диметилгекс-3-ен; б) 2,3-диметилпент-1-ен.
5. Складіть структурну і молекулярну формули сполуки 4-етил-3-метилгекс-2-ен.
6. Густина парів алкену за повітрям дорівнює 2,9. Виведіть формулу речовини.
7. Виведіть формулу алкану, відносна густина парів якого за гідроген флуоридом дорівнює 2,9.
8. Алкен й азот мають однакову густина за воднем. Виведіть формулу алкену.



Хімічні властивості етену та застосування алкенів



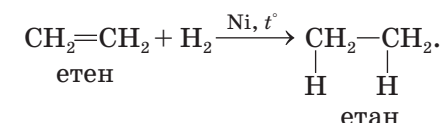
Інформаційна довідка

- Алкени хімічно активніші, ніж алкани. Причина — наявність у складі молекули подвійного зв'язку, утвореного двома ковалентними хімічними зв'язками різної міцності.
- Під час хімічних реакцій спільна електронна пара слабкішого зв'язку досить легко розривається, завдяки чому алкени легко вступають у реакції приєднання.
- Полімеризація** — реакція послідовного приєднання багатьох молекул низькомолекулярної речовини (мономера) з утворенням високомолекулярної сполуки (полімеру).
Пригадайте, з якими полімерами ви ознайомились у 9 класі.
- Мономер** — речовина, молекули якої здатні вступати в хімічну реакцію багаторазового приєднання з утворенням молекули полімеру.
- Полімер** — високомолекулярна сполука, що складається з багатьох однакових структурних ланок.
- Структурна ланка** — група атомів, що багаторазово повторюється у структурі полімеру.
- Ступінь полімеризації** — кількість структурних ланок у молекулі полімеру.

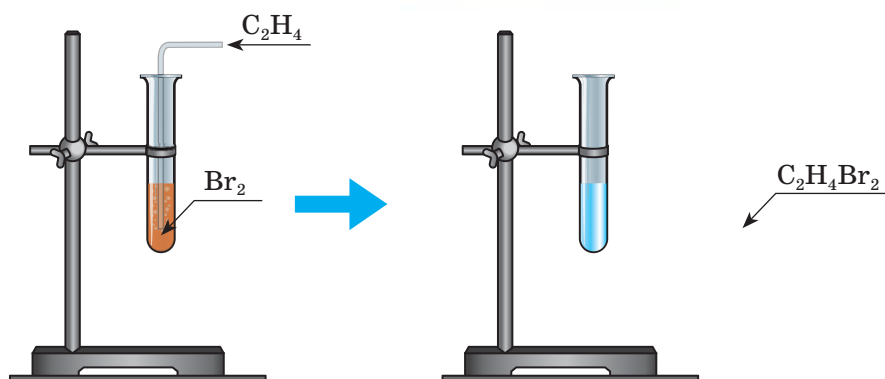
Розглянемо конкретні приклади **хімічних властивостей алкенів**.

РЕАКЦІЇ ПРИЄДНАННЯ.

1. Гідрування (гідрогенізація) — приєднання водню H_2 . Відбувається при нагріванні в присутності каталізаторів — металів платини Pt, паладію Pd чи нікелю Ni:

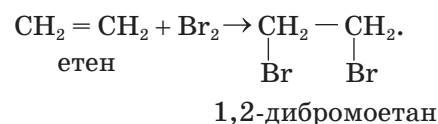


2. Галогенування. Етен вступає у реакції приєднання з галогенами: фтором F_2 , хлором Cl_2 , бромом Br_2 , йодом I_2 . Бром приєднується легко, за кімнатної температури й без каталізатора. Хлор реагує з етеном ще легше, ніж бром, а на світлі реакція супроводжується вибухом. Приєднання галогенів відбувається за місцем розриву подвійного зв'язку й завершується приєднанням до кожного атома Карбону по одному атому галогену. Розглянемо цю властивість етену на досліді з бромною водою (розчин броду Br_2 у воді, що має жовте забарвлення). Якщо безбарвний газ етен пропустити через бромну воду, то розчин швидко знебарвлюється (мал. 7, с. 46).

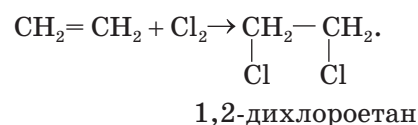


Мал. 7 Знебарвлення бромної води в реакції з етеном

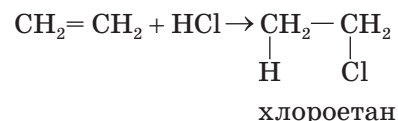
Це *якісна реакція* на речовини з подвійним карбон-карбоновим зв'язком:



Ще легше відбувається приєднання хлору:

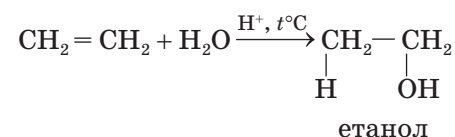


3. Приєднання галогеноводнів (гідроген галогенідів): гідроген флуориду **HF**, гідроген хлориду **HCl**, гідроген бромиду **HBr**, гідроген йодиду **HI**.



Продуктами реакцій приєднання водню до етенів є алкани, галогенів — дигалогенопохідні алканів, гідроген галогенідів — моногалогенопохідні алканів.

4. Гідратація (приєднання води):



Гідратація етену відбувається в присутності ортофосфатної кислоти H_3PO_4 під час нагрівання.

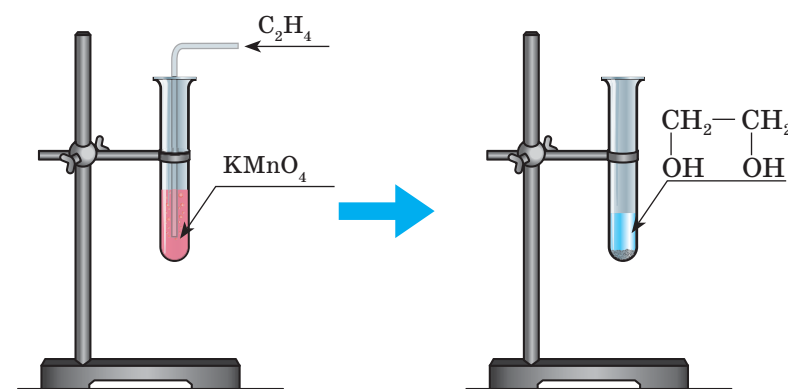
Унаслідок реакцій приєднання етен та його гомологи перетворюються на насичені речовини, у молекулах яких усі зв'язки між атомами Карбону — одинарні.

ОКИСНЕННЯ АЛКЕНІВ. Окиснення алкенів залежить від природи окисника та температури, тому в ході реакцій утворюються різні продукти.

1. Часткове окиснення етену зі збереженням одинарного зв'язку між атомами Карбону відбувається за кімнатної температури, наприклад з калій перманганатом KMnO_4 , розчиненим у воді (розчин має фіолетове забарвлення).



У процесі реакції фіолетовий розчин знебарвлюється. Ця взаємодія є ще однією *якісною реакцією* на алкени (мал. 8).

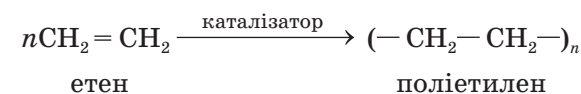


Мал. 8 Окиснення етену розчином калій перманганату

2. Повне окиснення етену (горіння). Цю властивість етену ви вивчали в 9 класі й знаєте, що горіння супроводжується виділенням теплоти в довкілля, а продуктами реакції є вуглекислий газ і вода.

Пригадайте цю властивість і складіть рівняння горіння етену.

ПОЛІМЕРИЗАЦІЯ ЕТЕНУ. З полімеризацією етену ви також ознайомились у 9 класі. Тому запишемо лише схему реакції його полімеризації.



Як свідчить розглянутий приклад, реакція полімеризації етану — це також реакція приєднання з утворенням макромолекул полімеру, усі зв'язки атомів Карбону в яких — одинарні.

ЗАСТОСУВАННЯ ЗНАНЬ ПРО ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИН ДЛЯ ВИВЕДЕННЯ ЇХНІХ МОЛЕКУЛЯРНИХ ФОРМУЛ. Перебіг реакції передають записом хімічного рівняння. Склавши його, за масою, об'ємом чи кількістю речовини реагентів або продуктів реакції встановлюють (виводять) молекулярні формули речовин. Розглянемо приклади.

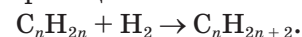
Задача 1.

Алкен масою 5,6 г приєднав водень об'ємом 2,24 л (н.у.). Виведіть формулу алкену.

Дано:
 $m(C_nH_{2n}) = 5,6$ г
 $V(H_2) = 2,24$ л (н.у.)
 n — ?

Розв'язання

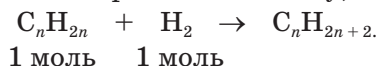
1. Складаємо рівняння реакції:



2. Обчислюємо кількість речовини водню за умовою задачі:

$$\nu(H_2) = V/V_m = 2,24 : 22,4 = 0,1 \text{ (моль)}.$$

3. За рівнянням реакції аналізуємо кількісні відношення алкену й водню та встановлюємо кількість речовини алкену, що прореагував:



За рівнянням реакції кількість речовини алкену дорівнює кількості речовини водню. Отже, $\nu(C_nH_{2n}) = \nu(H_2) = 0,1$ моль.

4. Знаючи кількість речовини в порції алкену та її масу, обчислюємо молярну масу за формулою $M(C_nH_{2n}) = m : \nu$.

$$M = 5,6 : 0,1 = 56 \text{ г/моль}$$

5. Знаходимо n і виводимо формулу алкену

$$M_r(C_nH_{2n}) = 12n + 2n = 14n; \quad 14n = 56; \quad n = 4.$$

Складаємо молекулярна формула алкену: C_4H_8 .

Відповідь: C_4H_8 .

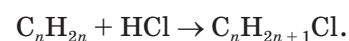
Задача 2.

Унаслідок приєднання гідроген хлориду кількістю речовини 0,2 моль до алкену утворився продукт реакції масою 15,7 г. Виведіть формулу алкену.

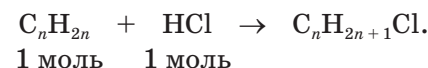
Дано:
 $M(C_nH_{2n+1}Cl) = 15,7$ г
 $\nu(HCl) = 0,2$ моль
 n — ?

Розв'язання

1. Складаємо рівняння реакції:



2. За рівнянням реакції аналізуємо кількісні відношення алкену й гідроген хлориду:



Тобто $\nu(C_nH_{2n}) = \nu(HCl)$. Але поки що не відома маса порції алкену.

З рівняння реакції бачимо, що маса утвореного продукту реакції приєднання є сумою мас алкену й гідроген хлориду. Тож маса алкену — це різниця мас продукту реакції та гідроген хлориду.

$$m(C_nH_{2n}) = m(C_nH_{2n+1}Cl) - m(HCl)$$

3. Обчислюємо масу гідроген хлориду кількістю речовини 0,2 моль:

$$m(HCl) = \nu \cdot M;$$

$$M_r(HCl) = 1 + 35,5 = 36,5;$$

$$M(HCl) = 36,5 \text{ г/моль};$$

$$m(HCl) = 0,2 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 7,3 \text{ г}.$$

4. Обчислюємо масу порції алкену, що прореагував. Вона дорівнює різниці мас продукту реакції й приєданого до алкену гідроген хлориду:

$$15,7 \text{ г} - 7,3 \text{ г} = 8,4 \text{ г}.$$

5. Обчислюємо молярну масу алкену за формулою $M = \frac{m}{\nu}$.

$$8,4 : 0,2 = 42 \left(\frac{\text{г}}{\text{моль}} \right).$$

6. Знаходимо n і виводимо формулу алкену:

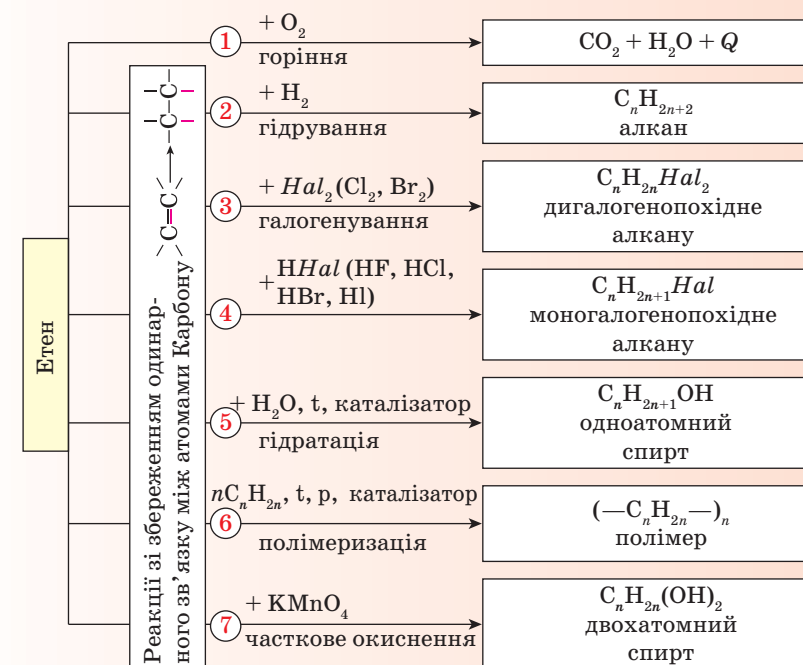
$$M_r(C_nH_{2n}) = 12n + 2n = 14n; \quad 14n = 42; \quad n = 42 : 14 = 3.$$

Складаємо молекулярну формулу алкену — C_3H_6 .

Відповідь: пропен C_3H_6 .

Стисло про основне

✓ Етен має високу хімічну активність:



Знаємо, розуміємо

1. За допомогою яких речовин можна виявити етен?
2. Перелічіть відомі вам хімічні властивості етену.
3. Етен чи етин знебарвить бромну воду? Відповідь обґрунтуйте.
4. Насиченими чи ненасиченими речовинами є продукти реакцій приєднання водню, галогенів, галогеноводнів до алкенів?
- 5*. Зробіть висновки щодо можливості перебігу реакцій приєднання для алканів та алкенів на підставі будови молекул етану й етену.
6. Які продукти можуть утворитися внаслідок повного й неповного окиснення етену?

Застосовуємо

1. Закінчіть молекулярні рівняння можливих реакцій.
 $C_2H_4 + HBr \rightarrow$
 $C_2H_6 + HI \rightarrow$
 $CH_4 + Br_2 \rightarrow$
 $C_2H_4 + Br_2 \rightarrow$
2. Унаслідок взаємодії алкену масою 28 г з бромом утворився продукт реакції, маса якого на 64 г більша за масу порції алкену. Виведіть молекулярну формулу алкену.
3. Складіть умову задачі на виведення хімічної формули алкену за масою, об'ємом або кількістю речовини реагенту чи продукту реакції.
- 4*. Унаслідок спалювання алкену кількістю речовини 0,6 моль виділився вуглекислий газ об'ємом 40,32 л (н.у.). Виведіть молекулярну формулу алкену.
5. Внаслідок приєднання хлору об'ємом 2,24 л (н.у.) до алкену утворився продукт реакції масою 14,1 г. Виведіть формулу алкену.
6. Розташуйте газоподібні речовини за збільшенням густини за повітрям
А хлор
Б водень
В хлороводень
Г етен
7. Алкен масою 5,6 г приєднав гідроген хлорид масою 7,3 г. Виведіть формулу алкену.
8. На спалювання якої органічної сполуки — етену чи етину — кількістю речовини 1 моль витрачається більший об'єм кисню (н.у.)?

Працюємо з надійними джерелами

Зберіть інформацію про застосування етену і презентуйте її в класі.

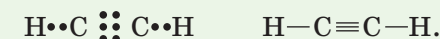


Алкини. Ізомерія, номенклатура, хімічні властивості алкінів



Інформаційна довідка

Етин (ацетилен) C_2H_2 — ненасичений вуглеводень з потрійним ковалентним зв'язком між атомами Карбону:



Етин — безбарвна газоподібна, трохи легша за повітря речовина, що погано розчиняється у воді.

Етин горить на повітрі й у кисні з виділенням великої кількості теплоти.

Природних покладів алкінів не існує.

ПОНЯТТЯ ПРО АЛКІНИ. Таку назву має окремий клас вуглеводнів.

Алкини — це ненасичені вуглеводні ациклічної будови, молекули яких містять один потрійний карбон-карбоновий зв'язок. Загальна формула алкінів — C_nH_{2n-2} .

Як бачимо із загальної формули, у молекулі алкінів на два атоми Гідрогену менше, ніж у молекулі відповідного алкену, і на чотири — ніж у відповідного алкану.

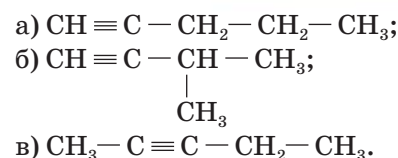
Назви всіх алкінів закінчуються суфіксами **-ин** або **-ін**, наприклад:

C_2H_2	C_3H_4	C_4H_6
$HC \equiv CH$	$HC \equiv C-CH_3$	$HC \equiv C-CH_2-CH_3$ $CH_3-C \equiv C-CH_3$
етин	пропін	бутини

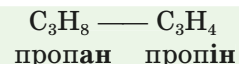
Гомологічний ряд алкінів починається етином. Серед гомологів етину трапляються гази, рідини і тверді речовини. За звичайних умов (температура 20 °C і тиск 760 мм рт. ст.) алкіни C_2H_2 — C_4H_6 — гази, C_5H_8 — $C_{16}H_{30}$ — рідини, починаючи з $C_{17}H_{32}$ — тверді речовини.

Температура кипіння і плавлення в алкінів вища, ніж у відповідних алкенів.

СТРУКТУРНА ІЗОМЕРІЯ АЛКІНІВ. Цей вид ізомерії, як і в алкенів, зумовлений різною послідовністю сполучення атомів Карбону в молекулі, а також різним положенням потрійного зв'язку в карбоновому ланцюзі. Наприклад, для алкіну з молекулярною формулою C_5H_8 можна скласти структурні формули трьох ізомерних алкінів:



СИСТЕМАТИЧНА НОМЕНКЛАТУРА АЛКІНІВ. За систематичною номенклатурою назви алкінів утворюють від назв алканів з такою самою кількістю атомів Карбону в молекулі, замінюючи в назві головного ланцюга суфікс **-ан** на **-ин(-ін)**. Наприклад:

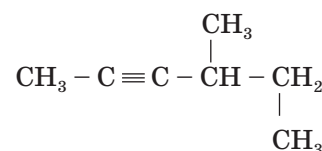


Решта правил номенклатури такі самі, як для алкенів (див. с. 43). Для алкінів інколи використовують тривіальні назви: етин — ацетилен.

За систематичною номенклатурою наведені вище формули алкіну з формулою C_5H_8 мають назви: а) пент-1-ин; б) 3-метилбут-1-ин, в) пент-2-ин.

Потрачайте групи

1. Користуючись загальною формулою алкінів, укладіть гомологічний ряд (напишіть молекулярні формули перших дев'яти його представників). Дайте (усно) назви алкінам нерозгалуженої будови.
2. Для алкіну, до складу молекули якого входить шість атомів Карбону, складіть формули структурних ізомерів, назвіть їх за систематичною номенклатурою.
3. Складіть структурну формулу 5-етил-3,4,7,7-тетраметилокт-1-ину.
4. Назвіть за систематичною номенклатурою сполуку, формула якої



ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕТИНУ. Потрійний зв'язок $\text{C} \equiv \text{C}$ утворений трьома спільними парами електронів: $\text{C} :: \text{C}$. Розглядаючи хімічні властивості етину, будемо користуватись інформацією, що в потрійному зв'язку присутні один міцніший і два слабкіші ковалентні хімічні зв'язки. У хімічних реакціях слабкіші зв'язки розриваються, тоді як міцніший зберігається й забезпечує цілісність карбонового ланцюга в молекулі продукту реакції приєднання, де всі зв'язки одинарні.

Хімічні властивості етину подібні до етену, що обумовлено ненасиченістю їх молекул атомами Гідрогену.

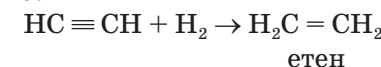
1. Реакції приєднання

Вони відбуваються у дві стадії завдяки розриву двох зв'язків. Спершу розривається один, а потім другий слабкіший ковалентний зв'язок.

1.1. Гідратування. У присутності каталізаторів (платини Pt, нікелю Ni) і нагріванні етин приєднує водень.

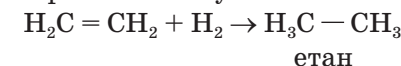
I стадія

У потрійному зв'язку розривається один слабкий зв'язок і приєднується молекула водню:



II стадія

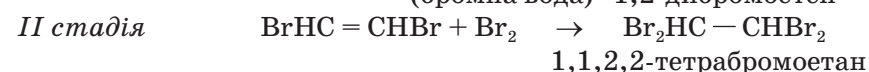
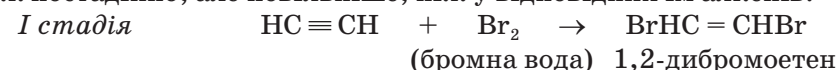
Етен, що утворився, взаємодіє далі з воднем за місцем розриву другого слабкого зв'язку з утворенням етану:



Підбором каталізаторів досягають зупинки гідратування на стадії утворення алкенів.

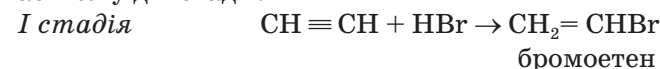
Під час приєднання водню до алкінів відбуваються перетворення за схемою: алкін → алкен → алкан.

1.2. Галогенування. Приєднання галогенів до алкінів відбувається теж постадійно, але повільніше, ніж у відповідних їм алкенів.



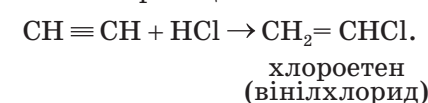
Знебарвлення бромної води є якісною реакцією на кратні (подвійний і потрійний) зв'язки.

1.3. Приєднання гідроген галогенідів (галогеноводнів). Реакція відбувається у дві стадії:



Зверніть увагу! В обох стадіях атоми галогену приєднуються до того самого атома Карбону.

Промислове значення має реакція:

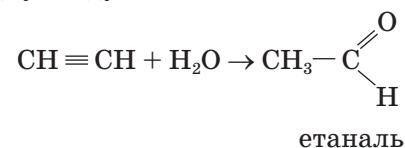


Хлороетен (вінілхлорид) є вихідною речовиною (мономером) у виробництві полівінілхлориду (ПВХ), з якого виготовляють водостійкі покриття, клейонку, плащі від дощу (дошовики) тощо. Виготовлена з полівінілхлориду харчова стретч-плівка використовується як пакувальний матеріал. Широке використання ця плівка здобула завдяки своїм якостям — прозорості, відсутності конденсату, стійкості до перепаду температур (мал. 9, с. 54).



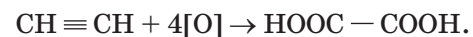
Мал. 9 Приклади виробів і матеріалів на основі етину

1.4. Гідратація. У присутності каталізатора (розчинних солей Меркурію Hg^{2+}) етин приєднує воду.



2. Окиснення етину

2.1. Окиснення розчином калій перманганату. Етин окиснюється калій перманганатом з утворенням карбонової кислоти:



Знебарвлення розчину калій перманганату — якісна реакція на кратні (подвійний і потрійний) зв'язки.

2.2. Повне окиснення (горіння). З 9 класу вам відомо, що етин — легкозаймиста речовина, продуктами горіння якої є вуглекислий газ і вода, а температура горіння етину в кисні досягає близько 3200°C . Тому ацетиленово-кисневе полум'я використовують для різання і зварювання металів (мал. 10).



Мал. 10 Газозварювальні роботи за допомогою етину

Пригадайте рівняння реакції горіння етину.

Газозварник (газозварниця), так зветься ця професія, користується етином і киснем, що у стисненому стані містяться в сталевих балонах (мал. 11).



Мал. 11 Балони з етином і киснем



Мал. 12 Використання етину для нанесення захисного покриття на металевий виріб

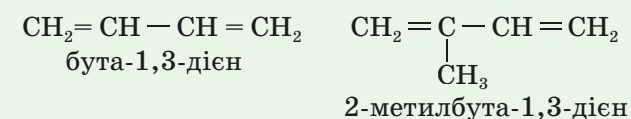
Сучасною є технологія використання етину для газотермічного нанесення на металеві вироби антикорозійних, жаростійких, зносостійких покриттів (мал. 12).

Пам'ятайте, що з повітрям і киснем етин утворює вибухонебезпечні суміші!

Сторінка ерудита

Загальну формулу $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ має ще один клас вуглеводнів — **алкадієни**.

Алкадієни — ненасичені вуглеводні, молекули яких містять два подвійних зв'язки. Наприклад,



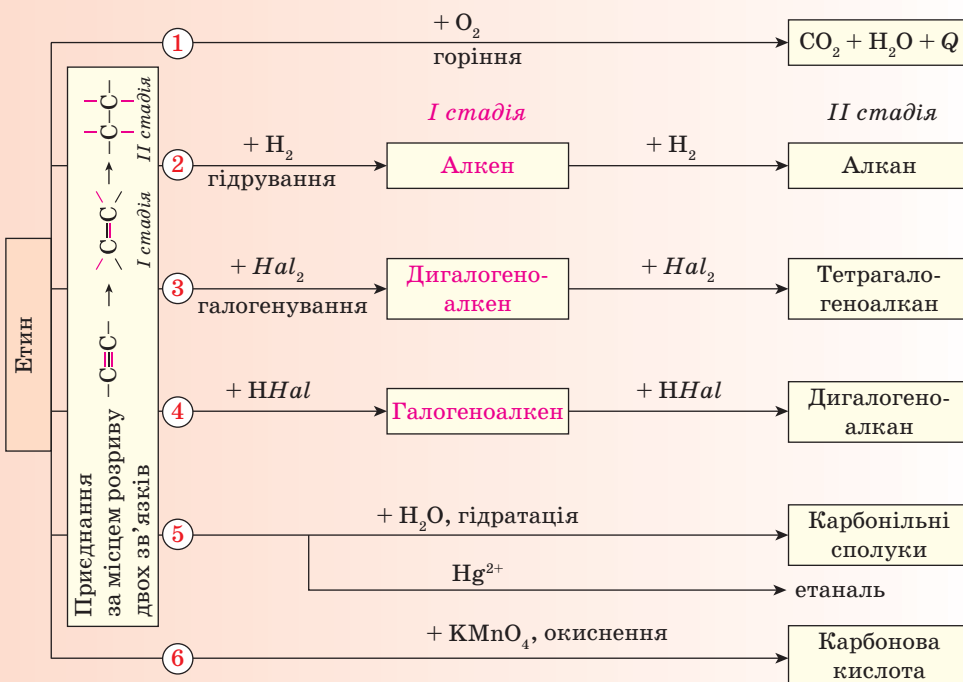
Обидві речовини є сировиною для виробництва каучуку, з якого виготовляють гуму, а з неї — шини автомобілів, велосипедів тощо. Детальніше дізнайтесь із § 30.



Стисло про основне

✓ **Алкіни** — ненасичені вуглеводні ациклічної будови, що відповідають загальній формулі $C_n H_{2n-2}$, їх молекули містять один потрійний зв'язок $-C \equiv C-$.

✓ Хімічні властивості етину



Знаємо, розуміємо

1. Яка загальна формула алкінів?
2. Назвіть хімічні властивості етину.
3. Що можна спостерігати, пропускаючи етин у бромну воду? Поясніть це явище.
4. До якого типу реакцій належить взаємодія етину з галогенами, воднем, гідроген галогенідами?
5. Які продукти реакції утворюються в результаті:
 - а) повного окиснення етину;
 - б) неповного окиснення етину?

Застосовуємо

1. Напишіть структурні формули ізомерів бутину та їхні назви.
2. Запишіть назви вуглеводнів за систематичною номенклатурою.
 - а) $CH_3 - CH_2 - C \equiv CH$
 - б) $CH_3 - C \equiv C - CH_2 - CH_3$
 - в) $CH \equiv C - \underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH} - \underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH_2}$
 - г) $CH \equiv C - \underset{\substack{| \\ C_2H_5}}{CH} - CH_3$
3. Укажіть, у яких випадках припустилися помилок у нумерації головного карбонового ланцюга:
 - а) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3 - C - C \equiv CH \\ | \\ CH_2 - CH_3 \end{array}$ (нумерація: 4, 3, 2, 1)
 - б) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3 - C - C \equiv CH \\ | \\ CH_2 - CH_3 \end{array}$ (нумерація: 3, 2, 1, 4, 5)
 - в) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3 - CH - CH_2 - C \equiv CH \\ | \\ CH_3 \end{array}$ (нумерація: 4, 3, 2, 1, 5)
 - г) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3 - CH - C \equiv CH \end{array}$ (нумерація: 1, 2, 3, 4)
 - д) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3 - C \equiv C - CH - CH_2 - CH_3 \end{array}$ (нумерація: 1, 2, 3, 4, 5, 6)
 Назвіть речовини за систематичною номенклатурою.
4. Закінчіть молекулярні рівняння можливих реакцій, назвіть продукти.

$$C_2H_2 + HCl \rightarrow$$

$$C_2H_6 + HCl \rightarrow$$

$$C_2H_4 + Br_2 \rightarrow$$
5. Розташуйте речовини за збільшенням їх густини за повітрям.

А етин	Б метан	В етен	Г етан
---------------	----------------	---------------	---------------
6. У якому випадку на повне окиснення зазначеної порції речовини витратиться найбільше кисню (н. у.):
 - а) пентан масою 3,6 г;
 - б) етен об'ємом 6,72 л (н. у.);
 - в) етин кількістю речовини 0,2 моль?
7. Алкін масою 54 г повністю прореагував з гідроген бромідом об'ємом 44,8 л (н.у.). Виведіть молекулярну формулу алкіну.
- 8*. Складіть умову задачі на виведення хімічної формули алкіну за масою, об'ємом чи кількістю речовини реагенту чи продукту реакції.
- 9*. Унаслідок повної взаємодії алкіну об'ємом 8,96 л (н. у.) з бромом добули 138,4 г продукту реакції. Виведіть молекулярну формулу алкіну.

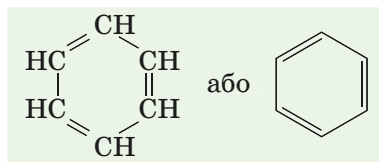


Арени. Бензен

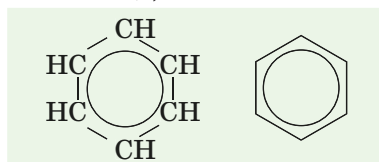
ПОНЯТТЯ ПРО АРЕНИ. За якісним складом арени належать до вуглеводнів і мають циклічну будову карбонового ланцюга.

Перший представник цього класу вуглеводнів — бензен C_6H_6 .

У структурній формулі бензену, запропонованій німецьким ученим Фрідріхом Августом Кекуле, шість атомів Карбону утворюють правильний шестикутник. Ще одним хімічним зв'язком кожний атом Карбону сполучений з атомом Гідрогену. Усі атоми розташовані в одній площині:



На перший погляд може видатись, що в молекулі бензену між атомами Карбону існують три подвійні і три одинарні ковалентні хімічні зв'язки. Але це не так, тому що бензен не знебарвлює ані бромну воду, ані розчин калій перманганату. Тобто, не виявляє властивостей ненасичених вуглеводнів — алкенів чи алкінів. Пояснюється це тим, що в молекулі бензену існує особливий вид хімічного зв'язку — *ароматичний зв'язок*. Під час його утворення одна *p*-орбіталь кожного атома Карбону перекривається з такими самими двома *p*-орбітальми (по одній від кожного сусіднього атома Карбону). Тому всі зв'язки $C-C$ у бензені однакові й мають довжину 0,140 нм. Ця відстань менша від відстані між атомами Карбону в алканів, але більша, ніж в алкенів. Тому точнішим є запис структурної формули бензену у вигляді правильного шестикутника з колом всередині нього (так зване бензенове кільце):



Формула Фрідріха Кекуле також досить часто використовується, але при цьому враховують, що вона лише умовно передає будову молекули бензену.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АРЕНІВ. Бензен — безбарвна рідина з характерним запахом, нерозчинна у воді й легша за неї. Він добре розчиняється в

різних органічних розчинниках, і сам є розчинником багатьох органічних речовин. Бензен — дуже токсична речовина, вдихання навіть незначної кількості парів якої викликає запаморочення й головний біль. За більш високої концентрації бензену в повітрі людина може втратити свідомість. Бензен здатний проникати через шкіру. Так само небезпечно для довкілля викиди підприємств і смог, до складу яких входить бензен. У роботі з бензеном необхідно неухильно дотримуватися правил безпеки, усі досліди проводити під витяжкою, уникати потрапляння на відкриті ділянки шкіри.

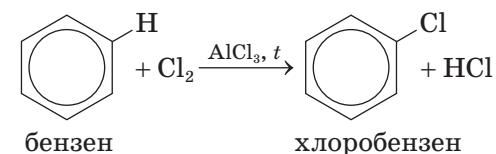
ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕНЗЕНУ. Наявність особливого ароматичного хімічного зв'язку, в утворенні якого беруть участь відразу шість *p*-електронів, визначає хімічні властивості бензену та його гомологів.

Характерними для бензену є реакції, що відбуваються зі збереженням ароматичного зв'язку. Приклад — *реакції заміщення* атома Гідрогену атомом галогену.

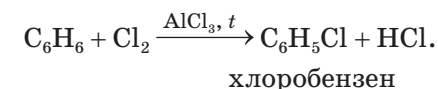
1. Реакції заміщення.

1.1. Галогенування. Ця реакція відбувається в присутності катализаторів.

Схема реакції хлорування бензену

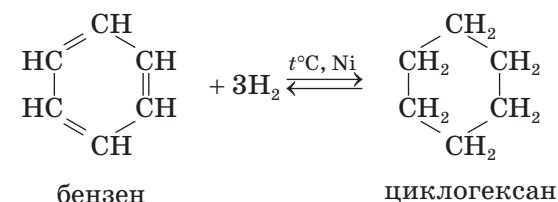


або

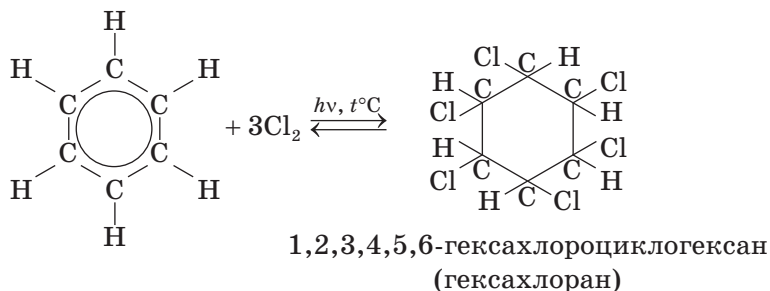


2. Реакції приєднання. Бензен вступає також у реакції приєднання, але важче, ніж алкени чи алкіни. У цих реакціях ароматичний зв'язок руйнується, внаслідок чого в молекулі з'являється шість (по одному біля кожного атома Карбону) неспарених електронів. Вони беруть участь в утворенні шести одинарних ковалентних хімічних зв'язків з атомами реагенту (водню чи галогену). Розглянемо це на прикладах.

2.1. Гідрування. Приєднання водню до бензену відбувається за підвищеної температури в присутності катализаторів.



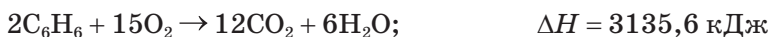
2.2. Приєднання галогенів. Як і приєднання водню, ця реакція відбувається за участю всіх атомів Карбону бензенового кільця завдяки розриву ароматичного зв'язку. Для її проведення реагенти опромінюють ультрафіолетом і нагрівають.




Хлорування бензену має практичне значення. Одержану речовину — гексахлоран — використовують у боротьбі з комахами (шкідниками полів і садів).

3. Окиснення бензену. Бензен стійкий до дії окисників і не знебарвлює розчин калій перманганату. Більш сильні окисники окиснюють його.

3.1. Горіння (повне окиснення) бензену. Бензен легкозаймистий на повітрі й згорає кіптявим полум'ям унаслідок високого вмісту Карбону в молекулі.



З повітрям і киснем бензен утворює вибухонебезпечні суміші.

 **Проведіть обчислення та порівняйте вміст Карбону (у %) у гексані й бензені.**

Від будови молекули бензену залежать його властивості. У реакції заміщення він вступає легше, ніж алкани, у реакції приєднання — важче, ніж алкени.

Бензен використовують у виробництві пластмас, барвників, отрутохімікатів, лаків, вибухових речовин, синтетичних волокон, ліків та багатьох інших органічних речовин.



Сторінка ґрудита

Назва аренів за систематичною номенклатурою складається з назви вуглеводневого замісника (префікс) і слова *бензен* (корінь).

$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3$
метилбензен
(толуол)

$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}_2\text{H}_5$
етилбензен

$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}_3\text{H}_7$
пропілбензен

Якщо замісників два чи більше, положення кожного зазначають номером атома, з яким він зв'язаний. Нумерацію кільця проводять так, щоб локанти замісників були найменшими. Наприклад: