

1. Теоретичні основи органічної хімії

Органічні речовини — це сполуки Карбону (за винятком карбон(II) оксиду, карбон(IV) оксиду, карбонатної кислоти та її солей).

Крім атомів Карбону у молекулах майже всіх органічних сполук наявні атоми Гідрогену. Молекули багатьох органічних сполук містять ще й атоми Оксигену, Нітрогену, галогенів, а деякі — атоми Сульфуру, Фосфору.

Майже всі органічні речовини мають молекулярну будову. Для них характерні невисокі температури плавлення і кипіння.

Більшість органічних сполук погано розчиняються у воді або не розчиняються в ній, а при нагріванні — загоряються або розкладаються.

Розмаїття органічних сполук зумовлене:

- здатністю атомів Карбону виявляти досить високу валентність (IV);
- здатністю атомів Карбону утворювати прості (одинарні) та кратні (подвійні, потрійні) ковалентні зв'язки;
- здатністю атомів Карбону сполучатися один з одним у ланцюги різної будови (нерозгалужені, розгалужені, замкнені);
- явищем ізомерії;
- існуванням різних функціональних груп;
- поєднанням кількох із зазначених чинників одразу.

Природні органічні сполуки утворюються в живих організмах (глюкоза, сахароза, лимонна та щавлева кислоти, крохмаль тощо). Синтетичні органічні сполуки добувають за допомогою хімічних реакцій (поліетилен, каучук та інші).

Більшість органічних сполук утворені за допомогою ковалентного зв'язку. Ковалентний зв'язок виникає між двома атомами внаслідок утворення однієї або кількох спільних електронних пар за рахунок неспарених електронів (так званий обмінний механізм) або внаслідок переходу електронної пари одного атома у вільну орбіталь іншого (донорно-акцепторний механізм).

Під час утворення σ -зв'язку існує одна спільна ділянка перекривання орбіталей, яку перетинає лінія, що з'єднує центри атомів.

Зв'язок між двома атомами, напрямлений уздовж прямої, що сполучає їхні ядра і співпадає з віссю симетрії електронних хмар, називають σ -зв'язком.

Під час утворення π -зв'язку існують дві спільні ділянки орбіталей, розміщені симетрично по різні боки від лінії, що з'єднує центри атомів.

σ -зв'язок міцніший за π -зв'язок.

Простий (одинарний) зв'язок завжди є σ -зв'язком, подвійний зв'язок складається із σ -зв'язку і π -зв'язку, потрійний — із σ -зв'язку і двох π -зв'язків.

Відстань між центрами сполучених атомів називають довжиною ковалентного зв'язку. Довжина простого (одинарного) зв'язку $C - C$ становить 0,154 нм, подвійного $C = C$ дорівнює 0,134 нм, потрійного $C \equiv C$ — 0,120 нм.

Енергія ковалентного зв'язку — це енергія, яку треба затратити, щоб розірвати $6,02 \cdot 10^{23}$ (тобто 1 моль) зв'язків між атомами. Зв'язок $C - C$ має найменшу енергію, $C = C$ — більшу, а $C \equiv C$ — найбільшу. Зазвичай, чим менша довжина ковалентного зв'язку, тим більша його енергія.

Зв'язок між однаковими атомами є неполярним, а між різними — як правило, полярним: одна чи кілька спільних електронних пар зміщені до атома більш електронегативного елемента. Він отримує частковий негативний заряд (δ^-), а інший атом — частковий позитивний заряд (δ^+). Напрямок зміщення електронної пари, тобто електронної густини, показують стрілкою:



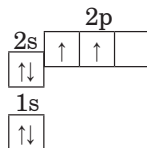
За допомогою йонного зв'язку утворена невелика кількість органічних сполук (наприклад, солі карбонових кислот).

Водневий зв'язок реалізується між молекулами, у яких атоми Гідрогену сполучені з атомами найелектронегативніших елементів (Флуору, Оксигену, Нітрогену). Водневі зв'язки існують між молекулами води, спирту, карбонових кислот, а також між молекулами води і молекулами названих сполук у водному розчині.

Гібридизація — це процес вирівнювання електронів за енергією, а їхніх орбіталей за формою і розміщенням у просторі.

У молекулі метану саме атом Карбону зумовлює її просторову форму. Електронна формула атома Карбону в основному стані: ${}_6\text{C } 1s^2 2s^2 2p^2$.

Електронна графічна формула атома Карбону в основному стані:



При затраті деякої енергії один з $2s$ -електронів переходить у вакантну $2p_z$ -орбіталь. Наслідком цього є перехід атома Карбону у збуджений стан:

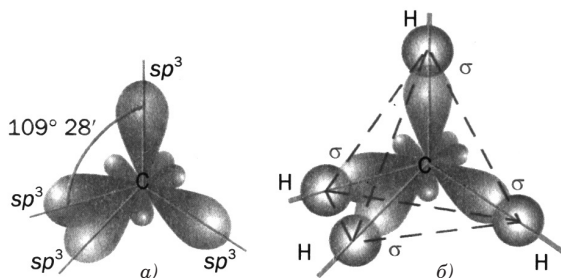


Оскільки у збудженому стані на зовнішньому електронному шарі атома Карбону міститься чотири неспарені електрони, збуджений атом Карбону може брати участь в утворенні чотирьох ковалентних зв'язків.

Усі чотири ковалентні зв'язки в молекулі метану рівноцінні: мають однакову довжину, енергію і симетрично напрямлені у просторі. Це пояснюється гібридизацією орбіталей.

При утворенні молекули метану у процесі гібридизації беруть участь одна s - і три p -орбіталі, при цьому утворюються чотири sp^3 -гібридні орбіталі. Таким чином, атом Карбону у молекулі метану перебуває у стані sp^3 -гібридизації (перший валентний стан атома Карбону).

Гібридна sp^3 -орбіталь має форму об'ємної несиметричної вісімки і сильно витягнута по один бік від ядра атома. У просторі sp^3 -гібридні орбіталі розміщені одна відносно одної під однаковими кутами ($109^\circ 28'$) і спрямовані до вершин тетраедра. Така форма орбіталей сприяє кращому перекриванню з електронними хмарами інших атомів.



sp^3 -орбіталі атома Карбону (а) і σ -зв'язки в молекулі метану (б)

Атоми Карбону і Гідрогену у молекулі етену перебувають в одній площині, кути між лініями, що з'єднують центри сусідніх атомів, становлять 120° . Віддаль між атомами Карбону у молекулі етену становить $0,134$ нм. Атоми Карбону у молекулі етену перебувають у стані sp^2 -гібридизації (другий валентний стан Карбону).

У гібридизації беруть участь s -орбіталь і дві p -орбіталі, внаслідок чого утворюються три гібридні орбіталі, які набувають однакової форми несиметричних витягнутих в один бік гантелей, розміщених в одній площині під кутом 120° .

У результаті перекривання орбіталей двох атомів Карбону і s -орбіталей атома Гідрогену утворюються σ -зв'язки. У кожного атома Карбону залишається по одній p -орбіталі, які не брали участь у гібридизації, і тому її форма не змінилася. p -орбіталі двох атомів Карбону, які розміщені паралельно одна до одної і перпендикулярно до площини гібридних орбіталей, частково перекриваються між собою вище і нижче від площини атомних ядер з утворенням π -зв'язку.

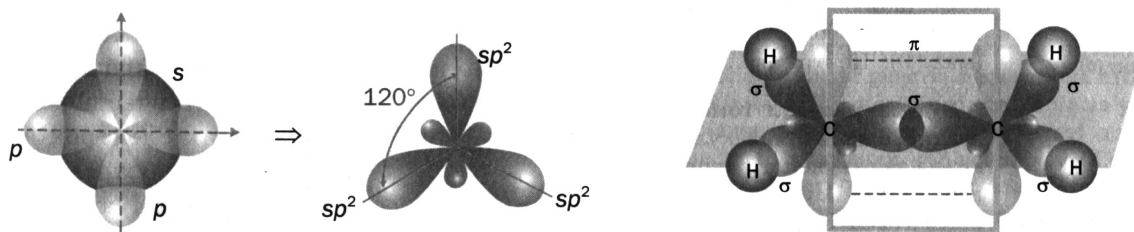


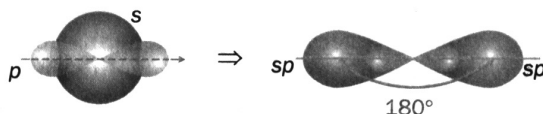
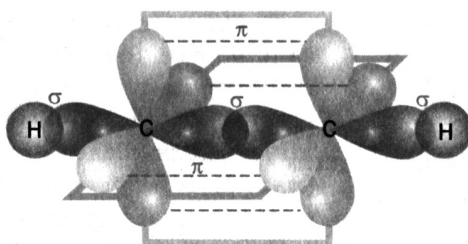
Схема утворення sp^2 -орбіталей в атомі Карбону

Зв'язки в молекулі етену

Атоми Карбону у молекулі етіну перебувають у стані sp -гібридизації (третій валентний стан Карбону). Електронегативність sp -гібридизованого атома Карбону набагато вища, ніж електронегативність sp^2 - чи sp^3 -гібридизованого. Полярність зв'язку $C-H$ в етіні досягає максимуму, тому це призводить до появи в етіну слабких кислотних властивостей.

Кожний атом Карбону утворює дві гібридні орбіталі, які максимально віддалені одна від одної (кут 180°). Одна із sp -гібридних орбіталей утворює σ -зв'язок $C-H$, інша — σ -зв'язок $C-C$.

Дві негібридизовані p -орбіталі кожного атома Карбону, що зберегли форму симетричних вісімок, розміщені одна відносно одної під кутом 90° . При бічному перекриванні з подібними орбіталами другого атома Карбону вони утворюють два π -зв'язки, які розміщені у двох взаємноперпендикулярних площинах.

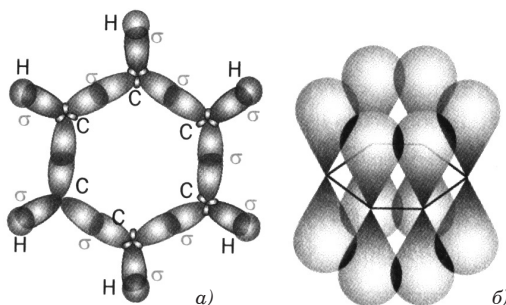
Схема утворення sp -орбіталей в атомі Карбону

Зв'язки в молекулі етіну

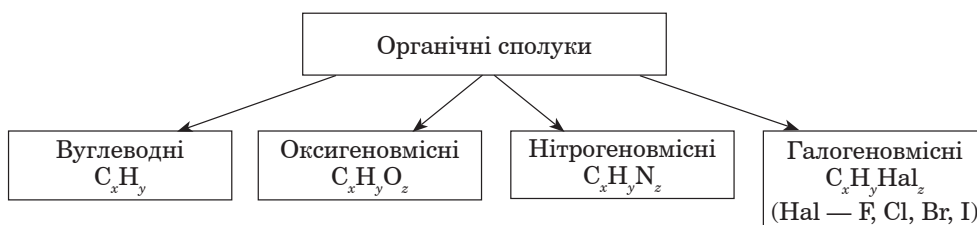
Молекула бензену являє собою плоский правильний шестичленний цикл, в якому всі шість атомів Карбону і шість атомів Гідрогену розміщені в одній площині і утворюють правильний шестикутник з кутом 120° . Відстань між атомами Карбону у молекулі бензену становить $0,140$ нм.

Атоми Карбону у молекулі бензену перебувають у стані sp^2 -гібридизації. У кожного атома Карбону є три гібридні орбіталі, які розміщені в одній площині під кутом 120° . З них дві орбіталі перекриваються з такими самими орбіталами сусідніх атомів Карбону з утворенням σ -зв'язків, третя орбіталь, перекриваючись з s -орбітальною атома Гідрогену, утворює ще один σ -зв'язок ($C-H$ зв'язок).

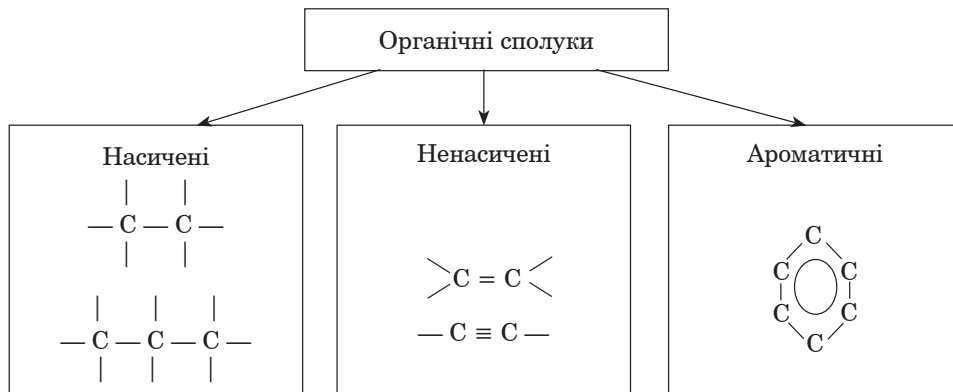
У кожного атома Карбону ще залишається по одній орбіталі, яка має форму об'ємної вісімки. Оскільки ці орбіталі розміщені паралельно одна до одної і перпендикулярно до площини σ -зв'язків, вони взаємно перекриваються і утворюється єдина для всієї молекули π -електронна хмара, густина якої симетрично ділиться нібито на дві частини площиною σ -зв'язків. Утворюється єдиний хімічний зв'язок для всіх атомів Карбону. Такий тип зв'язку називають **ароматичним**.

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

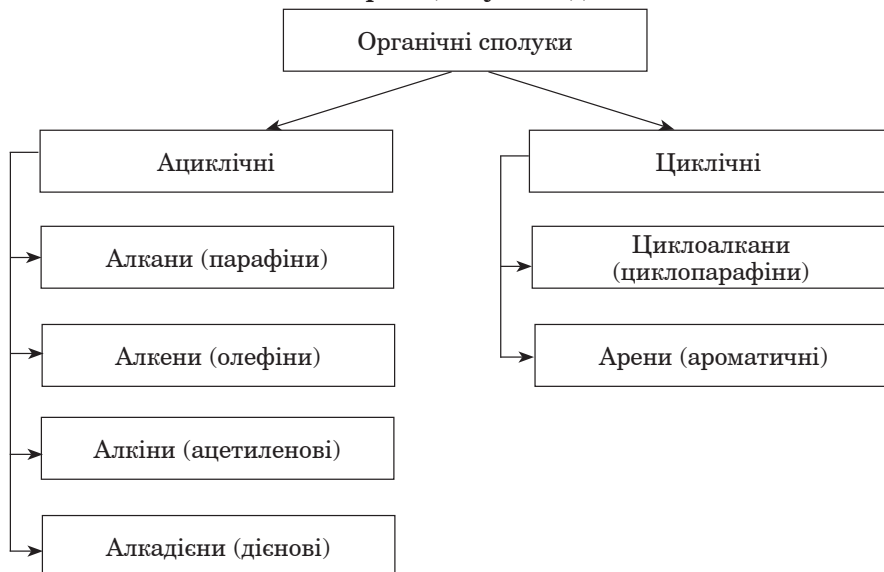
Класифікація органічних сполук за якісним складом



Класифікація органічних сполук за особливостями зв'язку між атомами Карбону



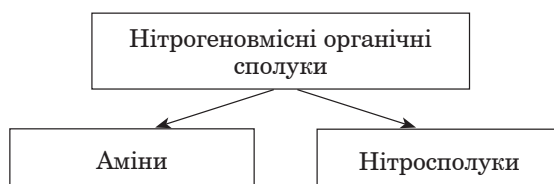
Класифікація вуглеводнів



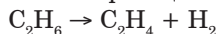
Класифікація оксигеновмісних органічних сполук



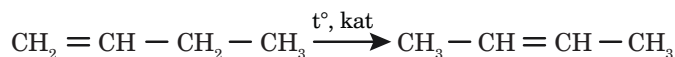
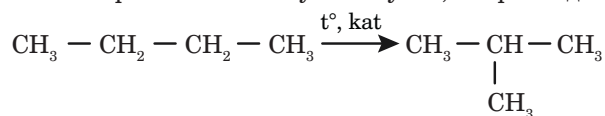
Класифікація нітрогеновмісних органічних сполук



В органічній хімії реакції розкладу називають реакціями відщеплення:

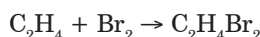


Реакціями ізомеризації називають реакції, під час яких утворюється ізомер вихідної сполуки внаслідок перегрупування атомів або кратних зв'язків у молекулах; наприклад:

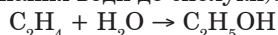


Залежно від реагентів (чи продуктів) розрізняють реакції:

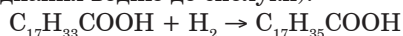
галогенування (реакція приєднання галогену до органічної сполуки або заміщення атомів у її молекулі на атоми галогену):



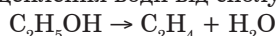
гідратації (реакція приєднання води до сполуки):



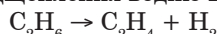
гідрування (реакція приєднання водню до сполуки):



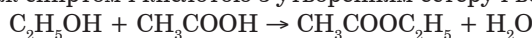
дегідратації (реакція відщеплення води від сполуки):



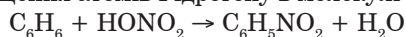
дегідрування (реакція відщеплення водню від сполуки):



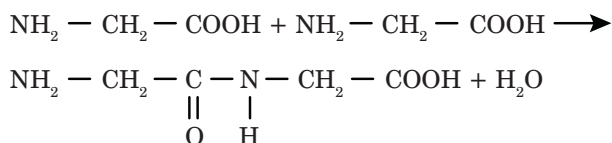
естерифікації (реакція між спиртом і кислотою з утворенням естеру і води):



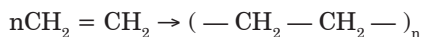
нітрування (реакція заміщення атомів Гідрогену в молекулі органічної сполуки на нітрогрупи $-\text{NO}_2$):



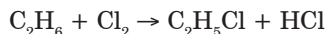
поліконденсації (реакція утворення полімеру в результаті взаємодії функціональних груп молекул мономера, яка відбувається з виділенням води, амоніаку або інших низькомолекулярних сполук):



полімеризації (реакція утворення полімеру в результаті послідовного сполучення молекул мономера за рахунок розриву π -зв'язків:



хлорування (реакція приєднання хлору до органічної сполуки або заміщення атомів у її молекулі на атоми Хлору):



2. Алкани

Вуглеводні — найпростіші органічні сполуки, що складаються з двох хімічних елементів — Карбону і Гідрогену.

Вуглеводні, у молекулах яких атоми Карбону сполучені лише простими (одинарними) ковалентними зв'язками, називають **насиченими**.

Насичені вуглеводні поділяють на алкани і циклоалкани.

Алканами називають насичені вуглеводні з відкритим карбоновим ланцюгом у молекулах.

Загальна формула алканів C_nH_{2n+2} , де n — число атомів Карбону.

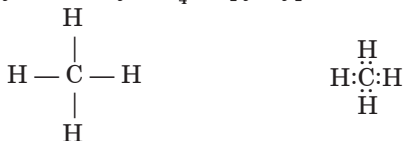
В алканів атоми Карбону сполучені між собою простими (одинарними) σ -зв'язками, а інші їхні валентності насичені атомами Гідрогену, тому алкани не здатні до реакцій приєднання.

Гомологічний ряд алканів (гомологічний ряд метану)

Хімічна формула	Скорочена структурна формула	Назва алкану
CH_4		метан
C_2H_6	CH_3-CH_3	етан
C_3H_8	$CH_3-CH_2-CH_3$	пропан
C_4H_{10}	$CH_3-(CH_2)_2-CH_3$	<i>n</i> -бутан
C_5H_{12}	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$	<i>n</i> -пентан
C_6H_{14}	$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$	<i>n</i> -гексан
C_7H_{16}	$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$	<i>n</i> -гептан
C_8H_{18}	$CH_3-(CH_2)_6-CH_3$	<i>n</i> -октан
C_9H_{20}	$CH_3-(CH_2)_7-CH_3$	<i>n</i> -нонан
$C_{10}H_{22}$	$CH_3-(CH_2)_8-CH_3$	<i>n</i> -декан

Метан. Утворення хімічних зв'язків у молекулі метану та інших алканів

Хімічна формула метану CH_4 . Структурна й електронна:



Атом Карбону у молекулах алканів перебуває у стані sp^3 -гібридизації.

Молекула метану має тетраедричну форму: у центрі тетраедра розміщений атом Карбону, у вершинах — атоми Гідрогену. Кути між лініями, що з'єднують центри сусідніх атомів, становлять $109,5^\circ$. Внаслідок перекривання чотирьох гібридизованих sp^3 -орбіталей атома Карбону і s -орбіталей чотирьох атомів Гідрогену утворюється міцна молекула метану з чотирма ковалентними однаковими зв'язками.

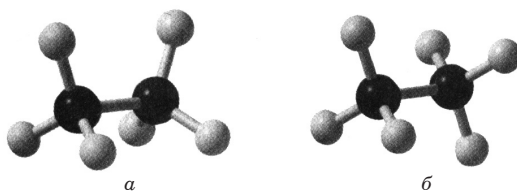
У молекулі метану чотири σ -зв'язки $C-H$, довжина зв'язку становить 0,109 нм, а енергія дорівнює 432 кДж/моль.

Ковалентні зв'язки в молекулі етану C_2H_6 утворюються за рахунок перекривання sp^3 -орбіталей двох атомів Карбону одна з одною і з s -орбіталями атомів Гідрогену.

У гомологів метану атоми Карбону розміщені не по прямій лінії, а, внаслідок тетраедричної спрямованості зв'язків атома Карбону, зигзагоподібно, при цьому зберігається тетраедричний кут $109^\circ 28'$, а відстань між ядрами атомів Карбону (довжина зв'язку) становить 0,154 нм. У молекулах алканів можливе вільне обертання атомів Карбону навколо осі зв'язку. Тому просторові форми молекул змінюються.

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

Для етану найстабільнішою (з мінімумом енергії) вважають загальмовану форму, в якій атоми Гідрогену найвіддаленіші одна від одної, відштовхування між ними є найменшим, а взаємодія — мінімальною. Найменш імовірну (з максимумом енергії) форму молекули етану називають затіненою.



Кулестержневі моделі граничних конформацій молекули етану: а — затінена; б — загальмована

Для наступних членів гомологічного ряду алканів енергетично найвигіднішою є зигзагоподібна конформація, оскільки в цьому разі атоми максимально віддалені один від одного.

Номенклатура алканів

Згідно з номенклатурою IUPAC назви всіх алканів мають суфікс *-ан*.

Для перших чотирьох сполук гомологічного ряду використовують традиційні назви: метан, етан, пропан, бутан. Основу назви решти алканів становлять іншомовні числівники, які вказують на кількість атомів Карбону у молекулах.

Якщо молекула має нерозгалужену («нормальну») будову, то перед назвою алкану часто записують літеру *n* із дефісом.

Для алканів, що містять чотири і більше атомів Карбону, можливі інші структури, які складаються з розгалужених ланцюгів атомів Карбону, тобто можливе існування ізомерів.

Вид ізомерії, коли речовини відрізняються послідовністю зв'язків у молекулах, називають структурною ізомерією.

Структурна ізомерія в алканів пов'язана з ізомерією карбонового ланцюга.

Групи атомів, які утворюють відгалуження, називають **замісниками**. Загальне позначення замісника –R.

Якщо замісник утворений з атомів Карбону і Гідрогену, його називають вуглеводневим залишком. Назва замісника походить від назви вуглеводню і має суфікс *-ил* (*-іл*). Загальна формула одновалентних алкільних замісників C_nH_{2n+1} . Найпростіші алкільні замісники:

CH_3 — метил

C_2H_5 — етил

C_3H_7 — пропіл

Правила складання назви алканів розгалуженої будови.

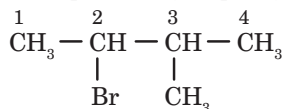
1. У молекулі знаходять найдовший (головний) карбоновий ланцюг і нумерують у ньому атоми Карбону. Нумерацію починають із того кінця ланцюга, до якого ближче перебуває замісник.

2. Визначають назву кожного замісника.

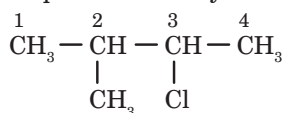
3. Назви замісників розміщують за алфавітом на початку назви сполуки. Перед назвою кожного замісника через дефіс вказують номер атома Карбону, з яким сполучений замісник. Останньою записують назву алкану нерозгалуженої будови, молекула якого містить стільки атомів карбону, скільки їх у головному ланцюзі.

4. За наявності кількох однакових замісників зазначають їхню кількість, додаючи до назви замісника префікс (*ди-* або *ді-*, *три-*, *тетра-* тощо), а перед ним вказують номери відповідних атомів Карбону, розділені комами.

Назви галогенопохідних утворюють від назв відповідних алканів із зазначенням цифрами місця галогену й алкільного замісника в алфавітному порядку.

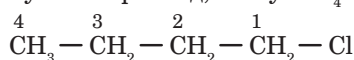


2-бromo-3-метилбутан

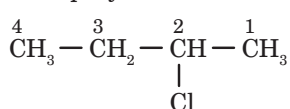


2-метил-3-хлоробутан

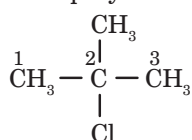
Галогеноалканам властива структурна ізомерія, зумовлена будовою карбонового ланцюга та положенням атома галогену у молекулі. Наприклад, сполука C_4H_9Cl має такі ізомери:



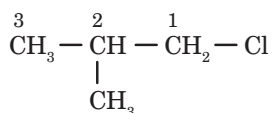
1-хлоробутан



2-хлоробутан



2-метил-2-хлоропропан



2-метил-1-хлоропропан

Фізичні властивості метану та інших алканів

Метан — безбарвний газ без запаху, легший за повітря, майже не розчиняється у воді.

Фізичні властивості алканів закономірно змінюються залежно від їхнього складу. Перші чотири гомологи (від C_1 до C_4) за звичайних умов ($+20^\circ\text{C}$, 760 мм рт. ст.) є газами, наступні одинадцять (від C_5 до C_{16}) — рідини, а починаючи з вуглеводню $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ — тверді речовини. Зі збільшенням молекулярної маси температури плавлення і кипіння поступово зростають; ізомери з більш розгалуженим ланцюгом мають нижчі температури плавлення і кипіння. Зі збільшенням молекулярної маси також збільшується і густина алканів, проте всі вони легші за воду. Алкан з нерозгалуженим карбоновим ланцюгом у молекулі має, як правило, трохи більшу густину у твердому і рідкому станах, ніж його ізомери з розгалуженими молекулами.

Алкани — безбарвні, а у твердому стані — білі речовини.

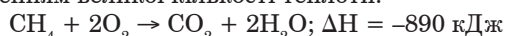
Алкани неполярні або слабо полярні сполуки, практично нерозчинні у воді, але добре розчиняються в багатьох органічних розчинниках.

Газуваті й тверді алкани не мають запаху, а рідкі (складу C_5 — C_{15}) мають характерний запах бензину.

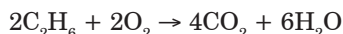
Хімічні властивості метану та інших алканів

1. Відрізняючись за фізичними властивостями, алкани за хімічними властивостями дуже подібні один до одного. Хімічні реакції алканів пов'язані з руйнуванням досить міцних зв'язків $\text{C}-\text{C}$ і $\text{C}-\text{H}$, тому при звичайній температурі вони малоактивні. Як і метан, всі алкани досить стійкі проти дії кислот, лугів і окисників. Алкани за звичайних умов не вступають у реакції навіть з активними речовинами: не реагують із бромом у водному розчині, не окиснюються водним розчином калій перманганату, не реагують із гідроген пероксидом.

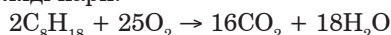
2. Алкани горять із виділенням великої кількості теплоти:



Суміш алканів з повітрям або киснем небезпечні:

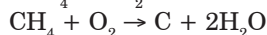
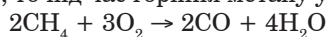


Рідкі алкани горять у вигляді пари:

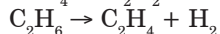
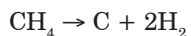


Характер горіння алканів залежить від їхнього складу. Газуваті вуглеводні добре змішуються з повітрям, тому їх згоряння (окиснення) відбувається повністю. Вищі алкани горять кіптявим полум'ям. Розплавлений вуглеводень згоряє за нестачі кисню, отже, окиснення відбувається неповністю (частково), частина речовини розкладається і крім вуглекислого газу утворюється вуглець у вигляді сажі.

Якщо кисню недостатньо, то під час горіння метану утворюється чадний газ або вуглець (сажа):



3. При сильному нагріванні без доступу кисню метан та інші алкани розкладаються на вуглець і водень:

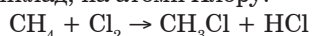


Взаємодію органічної сполуки з галогеном називають реакцією **галогенування**.

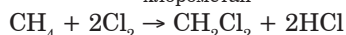
Із фтором алкани реагують з вибухом, зв'язки $\text{C}-\text{C}$ розриваються і утворюється карбон флуорид CF_4 і гідроген флуорид HF .

Хлорування і бромовання алканів відбувається при освітленні або за підвищеної температури, а з йодом вони не взаємодіють.

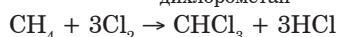
Реакція між метаном і галогеном полягає у послідовному заміщенні атомів Гідрогену в молекулі метану на атоми галогену, наприклад, на атоми Хлору:



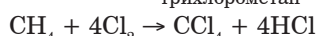
хлорометан



дихлорометан



трихлорометан



тетрахлорометан

Атом Гідрогену, сполучений із вторинним атомом Карбону, заміщується легше, ніж той, що сполучений із первинним атомом Карбону. Найлегше відбувається заміщення атома Гідрогену біля третинного атома Карбону.

Хлорування метану відбувається за радикально-ланцюговим механізмом і складається з трьох стадій.

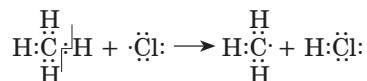
Механізм реакції — це шлях перебігу реакції.

Перша стадія: зародження ланцюга. Під дією енергії світла ковалентний зв'язок у молекулі хлору розривається, вона розщеплюється на атоми, що мають по одному неспареному електрону:

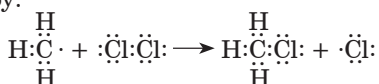


Частинки з неспареними електронами називають **радикалами**.

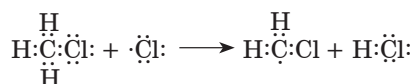
Друга стадія: зростання ланцюга. Радикали мають високу реакційну здатність, під час зіткнення з молекулою метану радикал Хлору відщеплює від неї атом Гідрогену, внаслідок чого утворюється новий радикал метил і гідроген хлорид



Стикаючись із молекулою хлору, метильний радикал відщеплює від неї атом Хлору, утворюється молекула хлорометану і радикал Хлору:

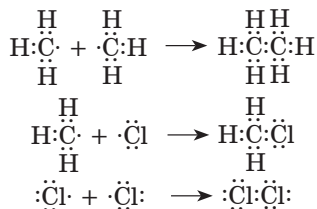


Радикал Хлору може взаємодіяти з молекулою хлорометану, внаслідок чого відбувається заміщення ще одного атома Гідрогену:



Ланцюг може розвиватися і далі.

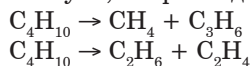
Третя стадія: обривання ланцюга. Якщо радикали стикаються між собою, ланцюг обривається:



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

5. Крекінг.

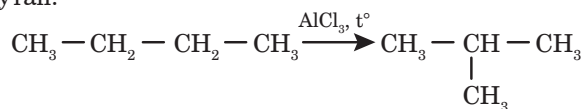
Розщеплення молекул органічних сполук з розривом зв'язків Карбон – Карбон під дією високих температур (450 – 550 °C) називають **крекінгом**. Під час крекінгу алканів утворюються алкани з меншим числом атомів Карбону і ненасичені сполуки, наприклад:



При температурах вище ніж 550 °C відбувається більш глибоке розщеплення, яке називають **піролізом**.

6. Ізомеризація.

Якщо у молекулах алканів міститься не менше чотирьох атомів Карбону, вони можуть ізомеризуватися. Реакцією ізомеризації добувають алкани розгалуженої будови, які використовують для добування високоякісних бензинів і синтетичного каучуку. Так, бутан під час нагрівання за наявності алюміній хлориду перетворюється на ізобутан:



Метан та інші алкани у природі

Метан — основна складова природного газу. Метан також міститься у супутньому нафтовому газі. Метан скупчується у кам'яновугільних шахтах, тому його називають рудниковим газом. У природі метан утворюється під час розкладання решток рослин і тварин за відсутності кисню, він нерідко виділяється з боліт, тому його також називають болотним газом.

Невеликі кількості етану, пропану і бутану містяться у природному газі, супутньому нафтовому газі. До складу нафти входять переважно рідкі вуглеводні, до бджолиного воску й озокериту (гірський віск) — тверді.

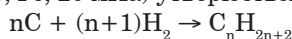
Добування алканів

Основними джерелами алканів є природний і супутній нафтовий газ, нафта, кам'яне вугілля.

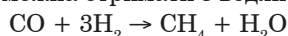
1. Метан та інші алкани утворюються при дії водню на вугілля під час нагрівання за наявності каталізатора (Ni, 500 °C):



Ця реакція має промислове значення. При надлишку водню, високих температурі та тиску, а також наявності каталізатора (450 °C, Fe, 20 мПа) утворюється суміш вуглеводнів (синтетичний бензин):

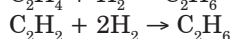
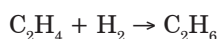


2. Метан та інші алкани можна отримати з водяного газу (Fe, Co, 300 °C):

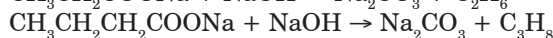
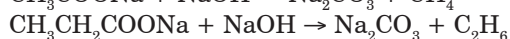


Цей спосіб має промислове значення.

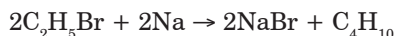
3. Алкани можна отримати з алкенів або алкінів шляхом приєднання до них водню у присутності каталізатора:



4. Алкани можна отримати нагріванням суміші солей карбонових кислот і лугів:



5. Алкани можна отримати дією металічного натрію на галогенопохідні насичених вуглеводнів (так звана реакція Вюрца):



Якщо у реакцію вступають різні галогенопохідні, то утворюється суміш продуктів. Під час нагрівання хлорометану і хлороетану з металічним натрієм утвориться суміш етану, пропану і бутану.

Використання метану та інших алканів

Завдяки теплоті, що виділяється внаслідок згоряння метану, він використовується як паливо у побуті та багатьох промислових процесах.

З метану отримують водень, синтез-газ, ацетилен, сажу, формальдегід, метанол, різні синтетичні продукти.

Хлорометан CH_3Cl — газ, який легко переходить у рідкий стан: випаровуючись, він вбирає багато теплоти. Цю властивість використовують в холодильних установках.

Інші хлоропохідні (рідини) — дихлорометан CH_2Cl_2 , трихлорометан CHCl_3 і тетрахлорометан CCl_4 — застосовують як розчинники.

Хлороетан $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ (газ) використовують у медицині. 1,2-дихлороетан $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$ використовують як розчинник жирів, мастил, полімерів.

У побуті використовують зріджений газ (пропан-бутанова суміш).

Рідкі алкани використовуються як моторне паливо. Широко використовують водень, ацетилен і сажу, які одержують з метану.

Гомологи метану з кількістю атомів Карбону в молекулах від 6 до 20 є складовими бензину і гасу.

Суміш рідких вуглеводнів — уайт-спірит, петролейний ефір — використовують як розчинники для лаків і фарб.

Вазелінову олію (у молекулах вуглеводнів міститься до 15 атомів Карбону) — прозору рідину без запаху і смаку — використовують у медицині, парфумерії, косметичі. Вазелін — суміш рідких і твердих алканів із числом атомів Карбону у молекулі до 20 — основа для виготовлення лікувальних мазей.

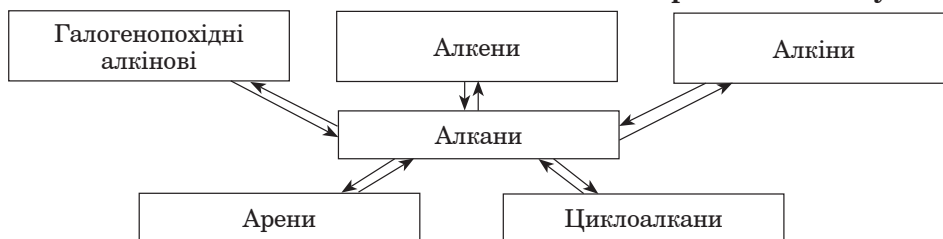
Парафін ($\text{C}_{18} - \text{C}_{35}$) застосовують для теплових процедур при лікуванні запальних процесів, для виготовлення свічок, просочення паперу, у виробництві мийних засобів, пластмас, жувальної гумки.

Озокерит (гірський віск) — суміш твердих вуглеводнів (переважно ізомерної будови), його використовують для лікувальних теплових процедур.

Бутан використовують для одержання оцтової кислоти.

Окисненням алканів, до складу молекул яких входять від 20 до 25 атомів Карбону, отримують синтетичні жирні кислоти, які використовують для виробництва мила, мийних засобів, мастил, лаків, емалей.

Генетичні зв'язки алканів з іншими класами органічних сполук



Задача 1.

Встановіть молекулярну формулу алкану, якщо його відносна молекулярна маса становить 114.

Дано:

$$M_r(C_nH_{2n+2}) = 114$$

$$C_nH_{2n+2} \text{ — ?}$$

Розв'язання.

1. Знаходимо відносну молекулярну масу алкану за його загальною формулою.

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

2. Встановлюємо формулу алкану.

За умовою задачі:

$$14n + 2 = 114$$

Знаходимо n .

$$14n = 114 - 2$$

$$14n = 112$$

$$n = 112 : 14$$

Відповідь: C_8H_{18} .

Задача 2.

Установіть формулу алкану, масова частка Карбону в якому становить 0,8.

Дано:

$$\frac{C_xH_y}{w(C)} = 0,8$$

$$C_xH_y \text{ — ?}$$

Розв'язання:

1. Визначаємо масову частку Гідрогену.

$$w(H) = 1 - w(C) = 1 - 0,8 = 0,2.$$

2. Знаходимо відношення між індексами x і y .

$$x : y = \frac{w(C)}{A_r(C)} : \frac{w(H)}{A_r(H)} = \frac{0,8}{12} : \frac{0,2}{1} = 0,0667 : 0,2 = 1 : 3$$

Встановлюємо формулу алкану.

Емпірична (найпростіша) формула алкану CH_3 . Оскільки загальна формула алканів C_nH_{2n+2} , то емпірична формула відповідає етану C_2H_6 .

Відповідь: C_2H_6 .

Задача 3.

Установіть формулу алкану, якщо масова частка Карбону в ньому становить 81,82%, а густина сполуки за нормальних умов — 1,96 г/л.

Дано:

$$\frac{C_xH_y}{w(C)} = 81,82\%$$

$$\rho(C_xH_y) = 1,96 \text{ г/л}$$

$$C_xH_y \text{ — ?}$$

Розв'язання.

І спосіб

1. Обчислюємо масову частку Гідрогену у сполучі:

$$w(H) = 100\% - w(C) = 100\% - 81,82\% = 18,18\%.$$

2. Розраховуємо співвідношення індексів у формулі алкану (або кількостей речовини елементів у сполучі). У кожних 100 г сполуки міститься 81,82 г Карбону і 18,18 г Гідрогену.

$$x : y = \nu(C) : \nu(H) = \frac{m(C)}{M(C)} : \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{81,82}{12} : \frac{18,18}{1} = 6,82 : 18,18 = 1 : 2,67 = 3 : 8.$$

II спосіб

1. Обчислюємо молярну масу алкану:

$$M(C_xH_y) = \rho(C_xH_y) \cdot V_M = 1,96 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 44 \text{ г/моль}.$$

Відносна молекулярна маса алкану $M_r(C_xH_y) = 44$.

2. Визначаємо кількість атомів Гідрогену в молекулі алкану.

$$\text{Оскільки } w(H) = \frac{n(H) \cdot A_r(H)}{M_r(C_xH_y)} \cdot 100\%, \text{ то:}$$

$$n(H) = \frac{M_r(C_xH_y) \cdot w(H)}{A_r(H) \cdot 100\%} = \frac{44 \cdot 18,18\%}{1 \cdot 100\%} = 8.$$

Відповідь: C_3H_8 .

Задача 4.

Під час повного згоряння 3 моль алкану утворилося 132 г карбон(IV) оксиду і 6 моль води. Укажіть суму атомів Карбону і Гідрогену в молекулі алкану.

Дано:

$$\nu(\text{C}_x\text{H}_y) = 3 \text{ моль}$$

$$m(\text{CO}_2) = 132 \text{ г}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 6 \text{ моль}$$

$$x + y = ?$$

Розв'язання.

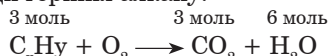
1. Невідомий алкан позначимо C_xH_y .

2. Обчислимо кількість речовини карбон(IV) оксиду, що утворюється внаслідок реакції.

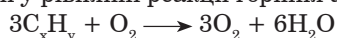
$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{132 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 3 \text{ моль}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль.}$$

3. Записуємо схему реакції горіння алкану:



Над формулами алкану, карбон(IV) оксиду і води записуємо відповідні їм кількості речовин, які і будуть шуканими коефіцієнтами у рівнянні реакції горіння алкану:



або (скоротивши на 3):



Встановлюємо формулу алкану.

Як видно із рівняння реакції, $x = 1, y = 4$, тобто формула алкану CH_4 .

5. Знаходимо суму атомів Гідрогену і Карбону у молекулі метану:

$$x + y = 1 + 4 = 5.$$

Відповідь: 5.

Задача 5.

Знайдіть формулу газуватого вуглеводню, якщо при повному згорянні 50 мл цієї сполуки утворилося 150 мл карбон(IV) оксиду і 200 мл водяної пари (об'єми відповідають однаковим умовам).

Дано:

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

$$V(\text{C}_x\text{H}_y) = 50 \text{ мл}$$

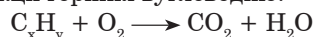
$$V(\text{CO}_2) = 150 \text{ мл}$$

$$V(\text{H}_2\text{O, пара}) = 200 \text{ мл}$$

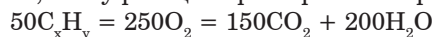
$$\text{C}_x\text{H}_y = ?$$

Розв'язання:

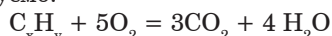
1. Записуємо схему реакції горіння вуглеводню:



2. Оскільки коефіцієнти у рівнянні реакції відповідають об'ємам газуватих реагентів і продуктів, схему реакції перетворюємо на рівняння:



Скорочуємо на 50, отримуємо:



При повному згорянні вуглеводню всі атоми Карбону «переходять» у молекули карбон(IV) оксиду, а Гідрогену — у молекули води, тому:

$$x = 3, y = 8.$$

Відповідь: C_3H_8 .

Задача 6.

Установіть молекулярну формулу алкану, відносна густина якого за повітрям становить 2, назвіть його.

Дано:

$$D_{\text{пов.}}(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 2$$

$$M_{\text{р}}(\text{повітря}) = 29$$

$$\text{C}_n\text{H}_{2n+2} = ?$$

Розв'язання.

1. Знаходимо відносну молекулярну масу алкану:

$$\text{Оскільки } D_{\text{пов.}}(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = \frac{M_{\text{р}}(\text{C}_n\text{H}_{2n+2})}{M_{\text{р}}(\text{повітря})}, \text{ то}$$

$$M_{\text{р}}(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = D_{\text{пов.}}(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) \cdot M_{\text{р}}(\text{повітря}) = 2 \cdot 29 = 58.$$

2. Обчислимо відносну молекулярну масу алкану за його загальною формулою:

$$M_{\text{р}}(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}) = 12 \cdot n + 1(2n + 2) = 12n + 2n + 2 = 14n + 2.$$

3. Знаходимо формулу алкану:

$$14n + 2 = 58$$

$$n = \frac{58 - 2}{14} = 4$$

Відповідь: формула алкану — C_4H_{10} .

Задача 7.

Об'ємна частка метану у природному газі становить 95%. Обчисліть число молекул цієї речовини у природному газі об'ємом 12 л (н. у.).

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання.</i>
$\phi(\text{CH}_4) = 95\%$	1. Обчислюємо об'єм метану. Оскільки
$V(\text{прир. газу}) = 12 \text{ л}$	
$N(\text{CH}_4) = ?$	$\phi(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CH}_4)}{V(\text{прир. газу})} \cdot 100\%$, то

$$V(\text{CH}_4) = \frac{\phi(\text{CH}_4) \cdot V(\text{прир. газу})}{100\%} = \frac{95\% \cdot 12 \text{ л}}{100\%} = 11,4 \text{ л.}$$

2. Обчислюємо кількість речовини метану:

$$\nu(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CH}_4)}{V_M} = \frac{11,4 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,51 \text{ моль.}$$

3. Обчислюємо кількість молекул метану:

$$N(\text{CH}_4) = \nu(\text{CH}_4) \cdot N_A = 0,51 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль} = 3,07 \cdot 10^{23} \text{ молекул.}$$

Відповідь: $N(\text{CH}_4) = 3,07 \cdot 10^{23}$ молекул.

Задача 8.

Обчисліть відносну густина за повітрям деякого газу, який має відносну густину за метаном 4.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання.</i>
$D_{\text{CH}_4}(\text{X}) = 4$	1. Визначаємо відносну молекулярну масу газу:
$D_{\text{пов.}}(\text{X}) = ?$	
	$D_{\text{CH}_4}(\text{X}) = \frac{M_r(\text{X})}{M_r(\text{CH}_4)}$ звідки:

$$M_r(\text{X}) = D_{\text{CH}_4}(\text{X}) \cdot M_r(\text{CH}_4) = 4 \cdot 16 = 64.$$

$$M_r(\text{CH}_4) = 16.$$

2. Обчислюємо відносну густину газу за повітрям:

$$D_{\text{пов.}}(\text{X}) = \frac{M_r(\text{X})}{M_r(\text{повітря})} = \frac{64}{29} \approx 2,21.$$

$$M_r(\text{повітря}) = 29.$$

Відповідь: $D_{\text{пов.}}(\text{X}) = 2,21.$

Задача 9.

Обчисліть об'єм, який за н. у. займають $0,1204 \cdot 10^{23}$ молекул етану.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання.</i>
$N(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,1204 \cdot 10^{23} \text{ молекул}$	1. Визначаємо кількість речовини етану:
$V(\text{C}_2\text{H}_6) = ?$	
	$\nu(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{N(\text{C}_2\text{H}_6)}{N_A} = \frac{0,1204 \cdot 10^{23} \text{ молекул}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ мол./моль}} = 0,02 \text{ моль.}$

2. Обчислюємо об'єм етану:

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = \nu(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot V_M = 0,02 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,448 \text{ л.}$$

Відповідь: $V(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,448 \text{ л.}$

Задача 10.

Обчисліть об'єм газової суміші (н. у.), яка складається з етану масою 22,5 г та хлоретану масою 12,9 г.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання.</i>
$m(\text{C}_2\text{H}_6) = 22,5 \text{ г}$	1. Обчислюємо кількість речовини C_2H_6 :
$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = 12,9 \text{ г}$	
$V(\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = ?$	$\nu(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_6)}{M(\text{C}_2\text{H}_6)} = \frac{22,5 \text{ г}}{30 \text{ г/моль}} = 0,75 \text{ моль.}$
	$M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30 \text{ г/моль.}$

2. Визначаємо об'єм C_2H_6 :

$$V(\text{C}_2\text{H}_6) = \nu(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot V_M = 0,75 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 16,8 \text{ л.}$$

3. Обчислюємо кількість речовини $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$:

$$M(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = 64,5 \text{ г/моль};$$

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl})}{M(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl})} = \frac{12,9 \text{ г}}{64,5 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль.}$$

4. Визначаємо об'єм $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$:

$$V(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = \nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) \cdot V_M = 0,2 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 4,48 \text{ л.}$$

5. Обчислюємо об'єм суміші:

$$V(\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = V(\text{C}_2\text{H}_6) + V(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = 16,8 \text{ л} + 4,48 \text{ л} = 21,28 \text{ л.}$$

Відповідь: $V(\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = 21,28 \text{ л.}$

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ З ТЕМИ «АЛКАНИ»

Завдання з вибором однієї правильної відповіді

1. Укажіть фізичні властивості метану.

А газ із характерним запахом, легший за повітря, погано розчиняється у воді

А Б В Г

Б газ без запаху, кольору, легший за повітря, не розчиняється у воді

--	--	--	--

В газ без кольору, без запаху, важчий за повітря, погано розчиняється у воді

Г газ без кольору, зі слабким характерним запахом, трохи легший за повітря, не розчиняється у воді

2. Нормальні алкани містять

А розгалужений карбоновий ланцюг

А Б В Г

Б нерозгалужений карбоновий ланцюг

--	--	--	--

В четвертинний атом Карбону

Г третинний атом Карбону

3. Укажіть газ, який можна збирати методом витіснення води.

А метан

В гідроген хлорид

А Б В Г

Б амоніак

Г сульфур(IV) оксид

--	--	--	--

4. Укажіть тип хімічного зв'язку у молекулах алканів між атомом Карбону і атомом Гідрогену.

А ковалентний полярний

В йонний

А Б В Г

Б ковалентний неполярний

Г водневий

--	--	--	--

5. Укажіть тип зв'язку між атомами Карбону у молекулах алканів.

А потрійний

В одинарний і подвійний

А Б В Г

Б подвійний

Г одинарний

--	--	--	--

6. σ -зв'язком називають хімічний зв'язок

А між двома атомами, який напрямлений уздовж прямої, що сполучає їхні ядра, і співпадає з віссю симетрії електронних хмар

А Б В Г

--	--	--	--

Б між атомом Гідрогену однієї молекули і атомом з високим значенням електронегативності іншої молекули

В між протилежно зарядженими йонами

Г між атомами металічних елементів

7. σ -зв'язок характеризується утворенням

А однієї ділянки перекриття орбіталей на лінії, що з'єднує центри атомів Карбону

А Б В Г

Б двох ділянок перекриття орбіталей

--	--	--	--

В однієї або двох ділянок перекриття орбіталей

Г однієї ділянки перекриття орбіталей перпендикулярно до лінії, що з'єднує центри атомів Карбону

8. Структурними формулами називають формули

А які відображають порядок сполучення атомів у молекулах

А Б В Г

Б у яких зображені електрони, за допомогою яких здійснюються хімічні зв'язки

--	--	--	--

В які пояснюють просторову будову молекули

Г які відображають кількісний і якісний склад молекули

9. Молекулярними формулами називають формули, які

А пояснюють просторову будову молекули

А Б В Г

Б відображають порядок сполучення атомів у молекулах

--	--	--	--

В дають інформацію про кількісний і якісний склад молекули

Г зазначають електрони, які беруть участь в утворенні хімічних зв'язків

10. Гомологи — це речовини,

А подібні за будовою і хімічними властивостями, склад яких відрізняється між собою на групу — CH_2 —

А Б В Г

--	--	--	--

Б які містять однакову кількість атомів Карбону

В у молекулах яких число атомів Карбону і Гідрогену однакове

Г які мають однаковий якісний і кількісний склад, але різну будову і тому різні хімічні властивості

11. Ізомери — це сполуки, що мають
А однаковий агрегатний стан за однакових умов
Б однаковий склад, але різну будову
В однакову загальну формулу
Г однаковий якісний, але різний кількісний склад
12. Алканами називають вуглеводні
А з відкритим карбоновим ланцюгом загальної формули $C_n H_{2n}$
Б циклічної будови, у молекулах яких атоми Карбону сполучені між собою одинарними зв'язками
В ациклічної будови, у молекулах яких атоми Карбону сполучені між собою одинарними зв'язками
Г з відкритим карбоновим ланцюгом загальної формули $C_n H_{2n-2}$
13. Гомологи метану мають назву
А алкіни
Б алкани
В арени
Г алкени
14. Атом Карбону називають четвертинним, якщо він
А сполучений із чотирма атомами Карбону
Б сполучений із чотирма атомами Гідрогену
В утворює чотири одинарні зв'язки
Г сполучений з атомами чотирьох різних хімічних елементів
15. Укажіть кількість вторинних атомів Карбону у речовині, назва якої 3,3-діетил-2,4-диметилгексан.
А 1
Б 2
В 3
Г 4
16. Укажіть кількість третинних атомів Карбону у речовині, назва якої 4,6-діетил-2,3,4,5-тетраметилоктан.
А 1
Б 2
В 3
Г 4
17. Укажіть назву речовини, яка містить у своєму складі четвертинний атом Карбону.
А 2-метилпропан
Б 2,2-диметилпропан
В 2-метилбутан
Г 2,3-диметилбутан
18. Валентність атома Карбону в органічних речовинах дорівнює
А I
Б II
В III
Г IV
19. Алкани мають загальну формулу
А $C_n H_{2n-6}$
Б $C_n H_{2n}$
В $C_n H_{2n-2}$
Г $C_n H_{2n+2}$
20. Ізомерія алканів обумовлена
А кількістю атомів Карбону
Б положенням кратного зв'язку
В будовою карбонового ланцюга
Г взаємним впливом атомів у молекулі
21. Назви алкільних замісників утворюються шляхом заміни суфікса
А -ан на -ил (-іл)
Б -ан на -ен
В -ен на -ил (-іл)
Г -ен на -ін (-ин)
22. Укажіть формулу метану.
А $C_6 H_6$
Б $C_2 H_6$
В $C_2 H_2$
Г CH_4
23. Укажіть формулу алкану.
А $C_3 H_8$
Б $C_3 H_6$
В $C_2 H_2$
Г $C_3 H_4$
24. Укажіть формулу пропану.
А CH_4
Б $C_4 H_{10}$
В $C_3 H_8$
Г $C_5 H_{12}$
25. Укажіть формулу алкану.
А $C_6 H_6$
Б $C_6 H_{10}$
В $C_6 H_{12}$
Г $C_6 H_{14}$
26. Укажіть формулу болотного газу.
А $C_2 H_2$
Б $C_6 H_6$
В $C_3 H_6$
Г CH_4
27. Укажіть формулу алкільного замісника пропілу.
А $C_2 H_5 -$
Б $C_3 H_7 -$
В $CH_3 -$
Г $-CH_2 -$