Фізичні та хімічні властивості алканів

Фізичні властивості алканів

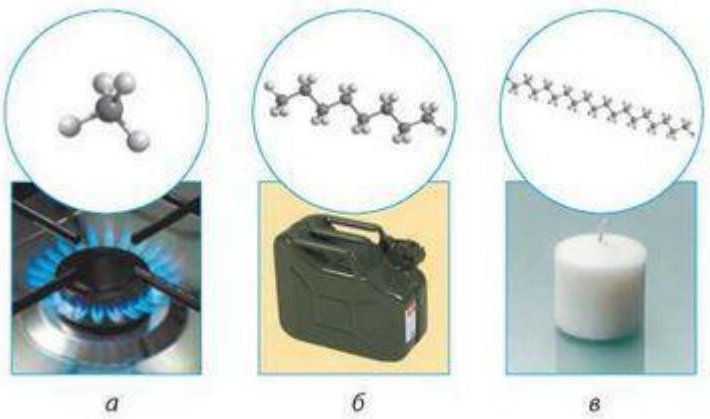
Оскільки речовини гомологічного ряду метану мають подібну будову й відрізняються тільки довжиною карбонового ланцюга, то їхні фізичні властивості також подібні.

За звичайних умов перші чотири члени гомологічного ряду метану (від CH_4 до C_4H_{10}) — гази, наступні (від C_5H_{12} до $C_{16}H_{34}$) — рідини, сполуки з більшим числом атомів Карбону — тверді речовини (мал. 6.1). Це пояснюється тим, що зі збільшенням довжини карбонового ланцюга збільшується молекулярна маса речовин, відповідно, збільшується й кількість енергії, що необхідна для плавлення або випаровування речовин.

Отже, для будь-якого гомологічного ряду справедливим є твердження, що зі збільшенням числа атомів Карбону в молекулі підвищуються температури плавлення й кипіння речовин (мал. 6.2).

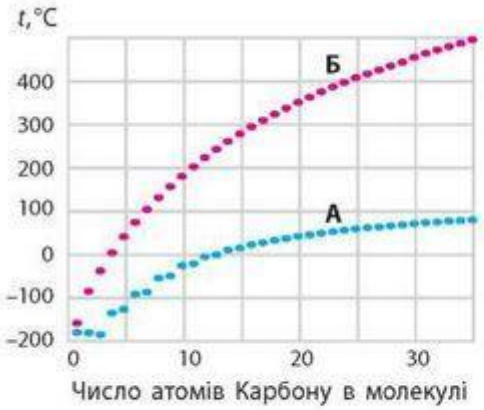
Газуваті та рідкі алкани — безбарвні речовини, а тверді алкани — білого кольору (парафін). Рідкі алкани мають специфічні вуглеводневі або квіткові запахи.

Усі алкани — неполярні сполуки, тому вони майже нерозчинні у воді, а тверді — жирні на дотик: алкани належать до аліфатичних

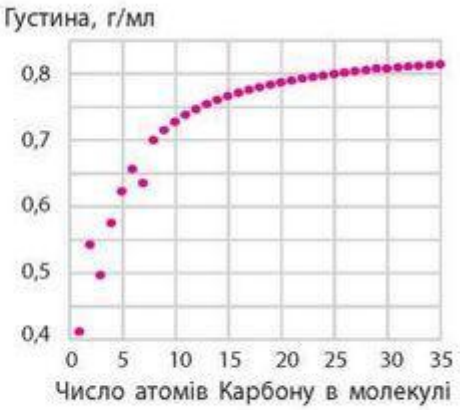


Мал. 6.1. Залежність фізичних властивостей алканів від довжини карбонового ланцюга: *а* — газ; *б* — рідина; *в* — тверда речовина

сполук (від грец. aleiphar — жир). Рідкі алкани легші за воду (мал. 6.3), у разі змішування з водою суміш розшаровується. Оскільки алкани є неполярними речовинами, вони добре змішуються один з одним і розчиняють інші неполярні сполуки, тому алкани та їхні суміші часто використовують як органічні розчинники.



Мал. 6.2. Температури плавлення (лінія А) та кипіння (лінія Б) нормальних алканів



Мал. 6.3. Густина нормальних алканів у рідкому агрегатному стані

Хімічні властивості алканів

Алкани є хімічно неактивними речовинами, завдяки чому їх у XIX столітті називали «хімічними мерцями». До початку XX століття для них не було відомо жодної хімічної реакції, окрім горіння, тому алкани отримали назву парафіни (від латин. parum — мало, незначно та affinis — споріднений).

Алкани — насичені вуглеводні, тому вступають у реакції заміщення та розкладання.

Демонстраційний дослід: відношення насичених вуглеводнів до лугів, кислот

Розчини кислот та лугів, особливо концентровані,— хімічно агресивні речовини. У пробірки з розчинами натрій гідроксиду та сульфатної кислоти помістимо шматок парафіну й струсимо. Жодних видимих змін не відбувається, оскільки хімічна реакція відсутня. Алкани не взаємодіють із розчинами кислот та лугів.

Мал. 6.4. Горіння нижчого алкану (метан у газовому пальнику) та вищого (парафін у свічці)

1. Горіння. У 9 класі ви вже вивчали реакцію горіння метану та його гомологів.

Нижчі[1] алкани займаються легко (іноді з вибухом) і згоряють блідо-синім полум'ям з утворенням вуглекислого газу та води:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

Нижчими зазвичай називають перші члени гомологічного ряду певного класу, вищими — члени гомологічного ряду з великим числом атомів Карбону в ланцюзі (не менше 10).

Вищі алкани на повітрі згоряють кіптявим полум'ям, оскільки відбувається неповне окиснення та виділяється не тільки вуглекислий газ, а й чадний газ і вуглець (сажа):

$$2C_8H_{18} + 17O_2 \rightarrow 16CO + 18H_2O,$$

$$\text{або } 2C_8H_{18} + 9O_2 \rightarrow 16C + 18H_2O$$

(за нестачі кисню)

Утім за умови достатньої кількості кисню можливе повне згоряння:

$$2C_8H_{18} + 25O_2 \rightarrow 16CO_2 + 18H_2O$$

(за достатньої кількості кисню)

Вищі алкани настільки важко займаються, що, наприклад, парафін сам по собі підпалити дуже складно. Тому з парафіну виготовляють свічки, у середину яких вставляють ґніт. Завдяки горінню ґнота парафін легше плавиться й випаровується, а отже, легше займається. На холоді вищі алкани майже не випаровуються, тому їх важко підпалити. Наприклад, звичайний гас (або дизельне пальне)

на сильному морозі не спалахує, навіть якщо в посудину кинути запалений сірник. Щоб запалити гас, його необхідно заздалегідь підігріти.

2. Галогенування. Як ви вже знаєте з курсу хімії 9 класу, реакція галогенування — це взаємодія речовин з галогенами (із хлором або бромом). Галогенування алканів відбувається за умов освітлення чи нагрівання. Під час цієї реакції відбувається заміщення атомів Гідрогену на атоми галогену.

Метан з галогенами може реагувати з утворенням різних речовин залежно від співвідношення кількостей метану та галогену:

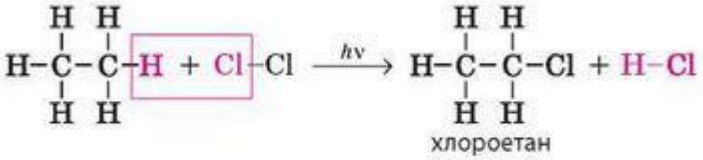
$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$$

$$CH_4 + 2Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_2Cl_2 + 2HCl$$

$$CH_4 + 3Cl_2 \xrightarrow{h\nu} \underset{\text{хлороформ}}{CHCl_3} + 3HCl$$

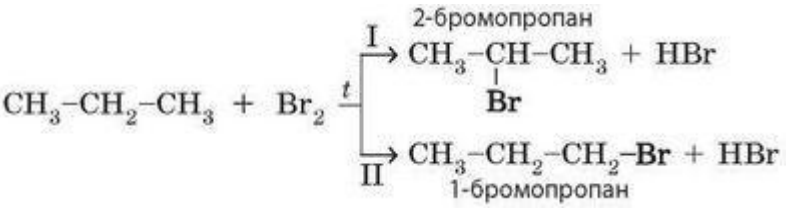
$$CH_4 + 4Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CCl_4 + 4HCl$$

Подібно до метану з галогенами взаємодіють й інші алкани:



$$C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_5Cl + HCl$$

Під час бромування пропану можуть утворитися два ізомерні продукти:



В органічній хімії майже завжди реакції відбуваються в кількох паралельних напрямках. У результаті утворюється суміш різних продуктів реакцій.

Однак часто один із напрямків є переважним, отже, й у суміші продуктів реакції переважає одна речовина. У випадку бромування пропану переважним є напрямок I з утворенням 2-бромопропану. А за напрямком II реакція майже не відбувається, тому 1-бромопро-пану в реакційній суміші значно менше за 2-бромопропан.

У реакціях галогенування алканів можна виявити закономірність: чим менше атомів Гідрогену сполучено з певним атомом Карбону, тим легше ці атоми Гідрогену замістити на інший, зокрема атом галогену. Наприклад, під час галогенування 2-метилпропану:

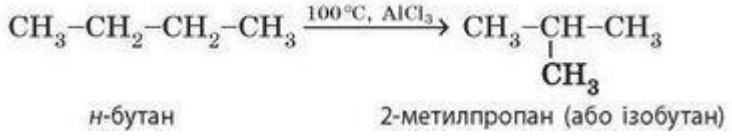
Хлороформ

У переважній більшості міст України перед подачею води у водопровідну мережу її знезаражують — обробляють хлором або хлоровмісними реагентами. Але під час вирішення однієї проблеми часто виникають інші. У разі надмірної кількості хлору він реагує з природними органічними домішками, що є у воді, зокрема гуміновими кислотами. Одним із продуктів реакції є хлороформ, який виявляє канцерогенну дію. Наявність хлороформу у воді становить загрозу здоров'ю людини, оскільки він спричиняє виникнення онкологічних захворювань.

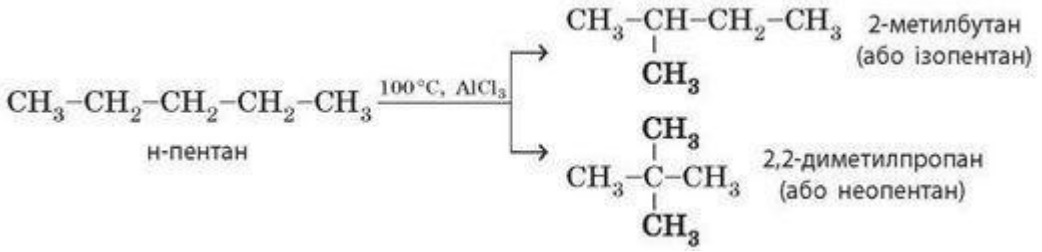
З іншого боку, відмовитися від хлорування води також не можна: до початку хлорування води багато людей загинуло від епідемій холери та дизентерії. Тому актуальним завданням є розроблення дешевих і безпечних способів знезараження води.

Якщо говорять про галогенування, то зазвичай ідеться тільки про два галогени — хлор та бром — і не йдеться про фтор та йод. Справа в тому, що фтор занадто активний галоген, і алкани з ним взаємодіють дуже активно (часто з вибухом): заміщуються всі атоми Гідрогену й відбувається руйнування карбонового ланцюга, наприклад, $C_2H_6 + 7F_2$ ^ $2CF_4 + 6HF$. У йоду, навпаки, хімічна активність занадто низька, і хімічна реакція між ним та алканами енергетично «невигідна», а отже, не відбувається.

3. Ізомеризація. Алкани нормальної будови під час нагрівання за наявності каталізатора перетворюються на розгалужені алкани. Наприклад, для бутану:

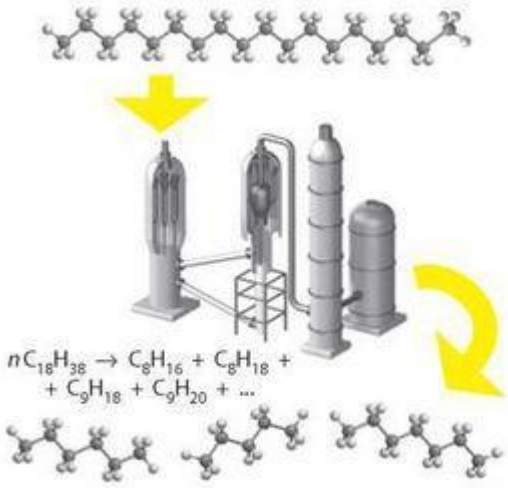


Ця властивість є яскравим прикладом органічних реакцій, у яких утворюється багато побічних продуктів. У н-пентану тільки два структурні ізомери й два продукти реакції в кінцевій суміші:



Але зі збільшенням карбонового ланцюга число можливих продуктів значно збільшується. У даному випадку це не є проблемою, оскільки ізомеризацію використовують тільки в промислових масштабах для підвищення октанового числа бензину (цей процес називають риформінгом). У цьому процесі головне — позбутися нерозгалу-жених алканів, оскільки їх наявність суттєво знижує якість бензину.

4. Термічний розклад (крекінг). Під час крекінгу (від англ. to crack — розщеплювати, ламати) відбувається розщеплення карбонових ланцюгів, завдяки чому з вищих алканів утворюються алкани з коротшим ланцюгом. На цій хімічній властивості алканів ґрунтується один зі способів переробки нафти. Оскільки сира нафта містить значну кількість вищих алканів, а в бензині містяться алкани з довжиною ланцюга переважно 5-10 атомів, то крекінг сприяє збільшенню виходу бензину під час переробки нафти (крекінг-бензин).



Мал. 6.5. Під час крекінгу відбувається розривання карбонових ланцюгів вуглеводнів

Крекінг проводять зазвичай за температури 500 °С за наявності спеціальних каталізаторів (суміш алюмосилікатів з оксидами металічних елементів). Під час крекінгу карбоновий ланцюг може розірватися в будь-якому місці, тому в продуктах реакції міститься суміш багатьох сполук. Але загальне правило: з насичених вуглеводнів утворюється суміш легших насичених і ненасичених вуглеводнів (мал. 6.5). Наприклад, під час крекінгу гексану можливі такі реакції:

$$CH_3\underset{(а)}{\sim}CH_2\underset{(б)}{\sim}CH_2\underset{(в)}{\sim}CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow[\text{кат.}]{100^\circ C}$$

$$\xrightarrow{(а)} CH_4 + CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3 \quad (\text{або } CH_4 + C_5H_{10})$$

$$\xrightarrow{(б)^1} CH_3-CH_3 + CH_2=CH-CH_2-CH_3 \quad (\text{або } C_2H_6 + C_4H_8)$$

$$\xrightarrow{(б)^2} CH_2=CH_2 + CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \quad (\text{або } C_2H_4 + C_4H_{10})$$

$$\xrightarrow{(в)} CH_3-CH_2-CH_3 + CH_2=CH-CH_3 \quad (\text{або } C_3H_8 + C_3H_6)$$

У загальному вигляді рівняння крекінгу алканів можна описати так:

$$C_nH_{2n+2} \rightarrow C_mH_{2m} + C_kH_{2k+2}, \text{ де } m+k=n$$

У разі нагрівання нафти до 700900 °С у продуктах реакції переважають нижчі алкани, наприклад:

$$C_8H_{18} \xrightarrow{800\,^\circ C,\ \text{кат.}} C_2H_6 + 3C_2H_4$$