Курта С.А. Органічна хімія.
ЛЕКЦІЯ №3
РОЗДІЛ 4. АЛКАНИ, НАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ (ПАРАФІНИ)

Насичені вуглеводні поділяються на алкани й циклоалкани.

Алканами чи парафінами називаються насичені вуглеводні з відкритим ланцюгом, у молекулах яких атоми карбону зв'язані одинарним σ-зв'язком..

Атом карбону в алканах перебуває в першому валентному стані (sp^3-гібридизація). Гомологічний ряд алканів починається з найпростішого представника – метану:

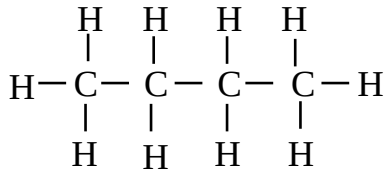
1. CH_4 – метан.
2. C_2H_6 – етан.
3. C_3H_8 – пропан.
4. C_4H_{10} – бутан.
5. C_5H_{12} – пентан.
6. C_6H_{14} – гексан.
7. C_7H_{16} – гептан.
8. C_8H_{18} – октан.
9. C_9H_{20} – нонан.
10. $C_{10}H_{22}$ – декан.
11. $C_{11}H_{24}$ – ундекан.
12. $C_{12}H_{26}$ – додекан і т. д.

Тобто, загальна формула алканів – C_nH_{2n+2}, де n – ціле число.

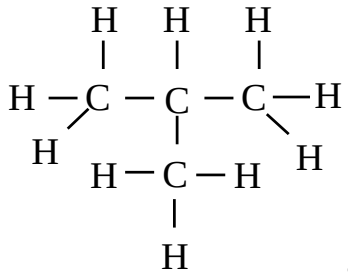
Ряд сполук, у якому кожний член відрізняється від попереднього на постійну структурну одиницю, називається *гомологічним рядом,* а самі сполуки – *гомологами*. У цьому разі *структурною одиницею* або *гомологічною різницею* є CH_2– *метиленова група*.

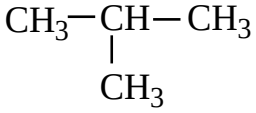
Для зображення структури алканів використовують кілька різних способів. Наприклад, у деяких структурних формулах показано всі зв'язки карбон-гідроген, але це не зовсім зручно. Звичайно використовують прості скорочені формули, як показано нижче.

Починаючи з бутану, в алканів з'являється *структурна ізомерія*. Сполуки, що мають однаковий кількісний та якісний склад і молекулярну масу, але різну будову, називаються *ізомерами:*



або CH_3-CH_2 -CH_2-CH_3 – бутан

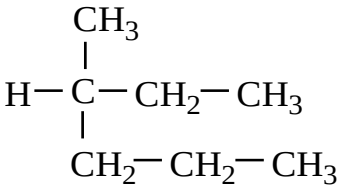




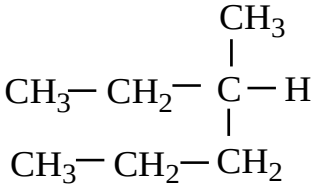
або – ізобутан (2-метилпропан)

Структурні ізомери відрізняються порядком побудови зв'язків атомів у молекулі або розташуванням атомів у просторі. Для алканів існує також один з видів стереоізомерії – *конформаційна* або *поворотна ізомерія*.

Кількість структурних ізомерів зростає зі збільшенням кількості атомів карбону в ланцюзі. Так, для пентану C_5H_{12} відомо три ізомери, гексану C_6H_{14} – п'ять, октану C_8H_{18} – 18, а декану $C_{10}H_{22}$ – 75 ізомерів. Причому, починаючи з гептану C_7H_{16}, можлива *оптична ізомерія*:

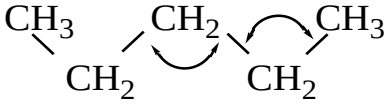


S-3-метилгексан



R-3-метилгексан

Структура нерозгалужених алканів не є лінійною, тобто ланцюг зберігає валентні кути орбіталей атомів карбону, які з'єднані між собою:



пентан (кут 109° 28′)

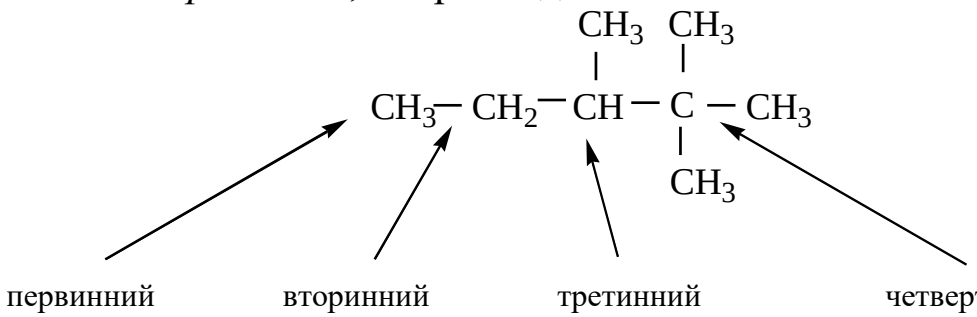
Поняття про алкіли. Залишки молекул, які утворюються в результаті відриву атома гідрогену від алканів, називаються алкілами, вуглеводневими радикалами (алкільними групами). Не-потрібно плутати поняття вуглеводневий радикал і вільний радикал. Назва вуглеводневих радикалів будується з назв відповідних вуглеводнів із заміною суфікса -*ан* на –*ил* (-*іл*), наприклад, метан $CH_4 \rightarrow$ метил CH_3- або бутан CH_3-CH_2-CH_2-$CH_3 \rightarrow$ бутил CH_2-CH_2-CH_2-CH_3.

Двовалентні радикали з двома вільними валентностями біля одного атома карбону позначаються шляхом заміни *-ан* на *-іліден*, за винятком $CH_2=$ (метилен).

Для тривалентних радикалів відповідно *-ан* заміняємо на *–ілідин*:

CH_3-CH_3;	CH_3-CH_2-;	CH_3-CH=;	CH_3-C≡.
етан	етил	етиліден	етилідин

Атом карбону в алканах, залежно від кількості інших атомів карбону, з якими він з'єднаний, буває *первинний*, *вторинний*, *третинний* і *четвертинний*, наприклад:

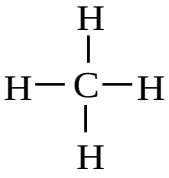


первинний вторинний третинний четвертинний

Первинний атом карбону з'єднаний тільки з одним сусіднім атомом карбону, вторинний – із двома і т. д. Відповідно до місцезнаходження вільної валентності, у того чи іншого атома карбону радикали або алкільні групи бувають первинні, вторинні й третинні.

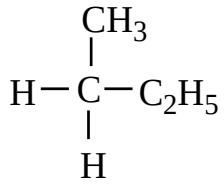
4.1 Номенклатура алканів

Раціональна номенклатура (від лат. ratio – розум) – враховує структурну будову сполуки. Насичені вуглеводні розглядаються як похідні метану:

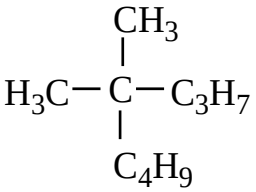


метан

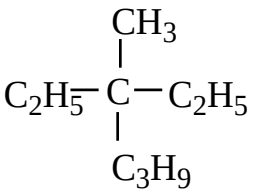
у якому атом або атоми гідрогену заміщені на радикали. Порядок перерахунку радикалів поряд з "метановим" карбоном здійснюється за зростанням їх складності, наприклад:



метилетилметан



диметилпропілбутилметан

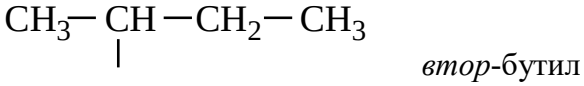


метилдіетилпропілметан

Міжнародна (IUPAC – міжнародний союз теоретичної і прикладної хімії**) або систематична (наукова) номенклатура** дає загальноприйняте правильне написання назви органічних сполук. У назвах простих незаміщених радикалів використовують префікси *н-*, *втор-*, *трет-*, ізо-, нео-. Так, *н-* позначає нормальну (нерозгалужену) будову ланцюга:

$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2$- *н*-пентил

втор – застосовують тільки для вторинного алкілу:

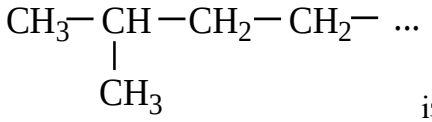


втор-бутил

трет – означає алкіл з третинною структурою:

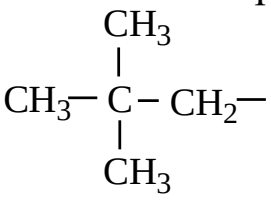
$(CH_3)_3C$- *трет*-бутил

ізо – означає алкільну групу з розгалуженням на кінці карбонового ланцюга:



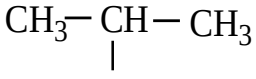
ізопентил

нео – застосовують для алкілів із четвертинним атомом карбону:

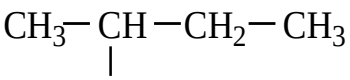


неопентил

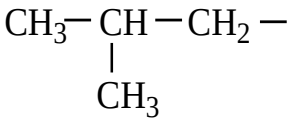
Правила IUPAC допускають застосування ряду тривіальних назв алкілів:



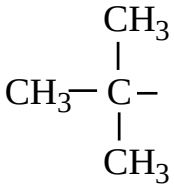
ізопропіл



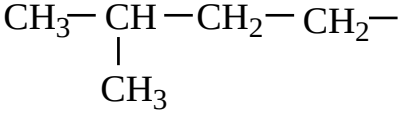
втор-бутил



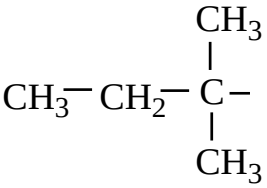
ізобутил



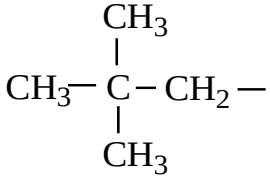
трет-бутил



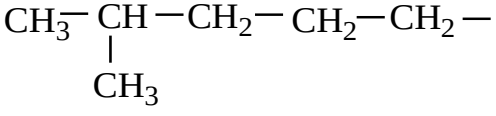
ізопентил (ізоаміл)



трет-пентил (*трет*-аміл)



неопентил



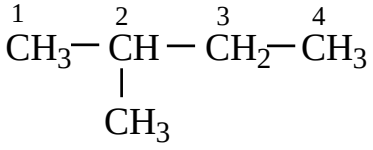
ізогексил

Назви складніших алкільних груп будують за тим самим принципом, що й назви алканів, але нумерацію ланцюга алкілу завжди починають з того атома карбону, від якого відщепили атом гідрогену.

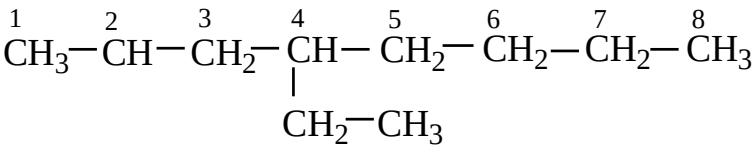
Номенклатура розгалужених алканів за IUPAC базується на таких основних правилах:

1. Назви перших чотирьох алканів емпіричні (метан, етан, пропан, бутан), назви інших алканів складаються з основи грецького або латинського числівника й закінчення *-ан* (пентан … декан і т. д.).

2. За основу вибирають найдовший ланцюг атомів карбону і його нумерують арабськими цифрами, починаючи з того кінця, ближче до якого розташований радикал-замісник. У назві цифрою (локантом) указують місце радикала-замісника:

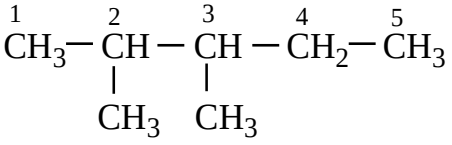


2-метилбутан

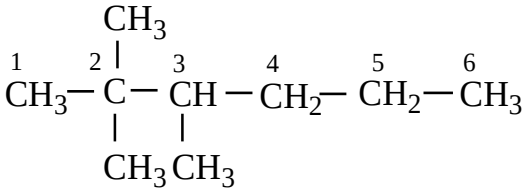


4-етилоктан

3. Якщо одна і та ж алкільна група зустрічається більше одного разу, то перед нею ставлять префікси-числівники ди-, три-, тетра- і позначають цифрами кожний такий алкіл:

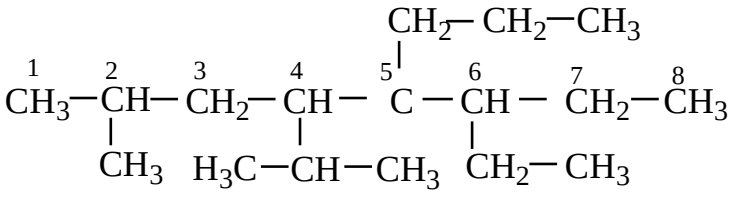


2,3-диметилпентан



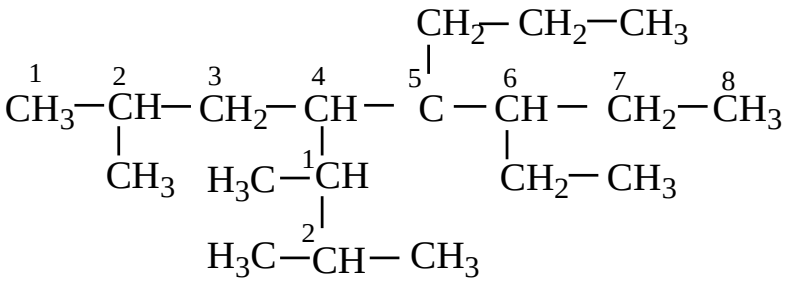
2,2,3-триметилгексан

4. Якщо в бокових розгалуженнях основного ланцюга є різні за природою алкіли, то їх перераховують із відповідними локантами за алфавітом (при цьому префікси-числівники не враховують):



6-етил-4-ізопропіл-2-метил-5-пропілоктан

5. Назви розгалужених алкільних груп (складних радикалів) будують за тим самим принципом, що й назви алканів, і дану назву беруть у дужки:



6-етил-2-метил-4(1’2’-диметилпропіл)-5-пропілоктан

4.2 Методи одержання

Одержання алканів у промисловості

Добування алканів із нафти й газу. Головним джерелом отримання алканів є природний газ і нафта. Природний газ складається, в основному, з метану з невеликими домішками етану, пропану, бутану. Природний газ надалі розділяють на фракції.

Хімічний склад нафти досить складний, але в багатьох випадках основу її складають алкани, за винятком нафти, де багато інших типів вуглеводнів (наприклад, ароматична, нафтенова).

Сиру нафту після очищення піддають переробці (розгонка, фракціювання) і з продуктів переробки отримують різні суміші алканів, аж до індивідуальних. Не втратило свого значення як джерело алканів і вугілля.

Гідрування вугілля (метод Ф. Бергіуса, 1925). Чорне або буре вугілля в автоклавах за 30 МПа (300 атм) у присутності каталізаторів (оксиди й сульфіди Fe, Mo, W, Ni) у середовищі органічних розчинників (вуглеводнів) гідрують в алкани або циклоалкани, так зване синтетичне моторне паливо:

$$n\,C + (n+1)H_2 \xrightarrow{450^0} C_nH_{2n+2} \qquad (4.1)$$

Оксосинтез алканів (метод Фішера–Тропша). Суміш CO і H_2 в різному співвідношенні називається синтез-газом. Його отримують з метану за однією з реакцій (4.2–4.4) за 800–900°C у присутності нікель (II) оксиду NiO, нанесеного на Al_2O_3:

$$CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2 \qquad (4.2)$$

$$CH_4 + CO_2 \longrightarrow 2CO + 2H_2 \qquad (4.3)$$

$$2CH_4 + O_2 \longrightarrow 2CO + 4H_2 \qquad (4.4)$$

Одержання алканів проходить за реакцією:

$$nCO + (2n-1)H_2 \xrightarrow[Fe,\,Co,\,Ni]{160\text{-}300^0} C_nH_{2n+2} + nH_2O \qquad (4.5)$$

Суха перегонка. У відносно невеликих кількостях алкани одержують шляхом *сухої перегонки* (нагрівання без доступу повітря) вугілля, сланців, торфу.

Лабораторні методи одержання алканів

1. З галогенопохідних:

а) взаємодією з металічним натрієм (**Вюрц, 1855**):

$$\tilde{N}H_3 - I + 2Na + I - CH_3 \xrightarrow[-\,2\,NaJ]{} CH_3 - CH_3 \qquad (4.6)$$

Якщо в реакції беруть участь два різних галогенопохідних, то утворюється суміш алканів:

$$CH_3 - I + C_2H_5 - I \xrightarrow[-\,2NaI]{+2\,Na} \begin{cases} CH_3 - CH_3 \\ CH_3 - C_2H_5 \\ C_2H_5 - C_2H_5 \end{cases} \qquad (4.7)$$

Механізм цієї реакції такий: J

$$[CH_3]^- - Na^+ + J - {}^+CH_3 \longrightarrow NaJ + CH_3 - CH_3 \qquad (4.8)$$

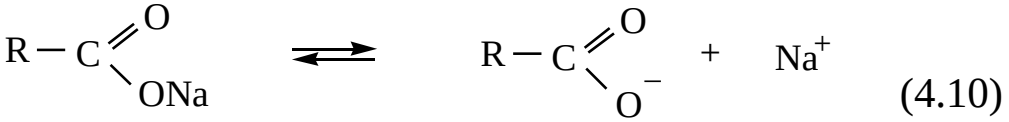
б) відновленням гідроген йодидом або каталітичним воднем:

$$CH_3{-}J + HJ \longrightarrow CH_4 + J_2$$

$$C_2H_5Cl + H_2 \xrightarrow{Pd} C_2H_6 + HCl \qquad (4.9)$$

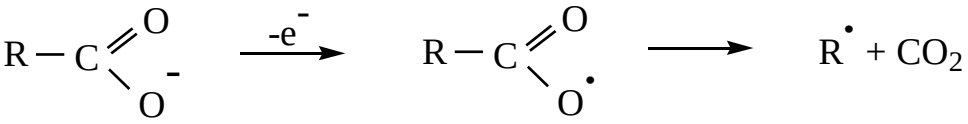
2. Із солей карбонових кислот:

а) електролізом солей (**Кольбе, 1849 р.**).



(4.10)

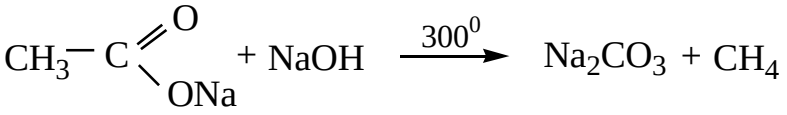
На аноді аніон карбонової кислоти віддає електрон (окиснюється), утворюючи вільний радикал, який піддається декарбоксилюванню (відщеплення CO_2):



і далі рекомбінація радикалів до алканів:

$$R^{\cdot} + R^{\cdot} \longrightarrow R\text{-}R \qquad (4.11)$$

б) сплавленням солей карбонових кислот з лугами:



ацетат натрію

(4.12)

3. Каталітичне гідрування ненасичених вуглеводнів до алканів:

$$CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Pt,\ Pd} CH_3 - CH_3$$

$$CH{\equiv}CH + 2H_2 \xrightarrow{Pt,\ Ni} CH_3 - CH_3 \qquad (4.13)$$

4.3 Фізичні властивості

Перші чотири представники алканів C_1-C_4 – гази, C_5-C_{15} – рідини, а починаючи із C_{16} – тверді речовини. Збільшення їх молекулярних мас призводить до збільшення температури кипіння і топлення, причому алкани з розгалуженим ланцюгом киплять за більш низької температури, ніж алкани нормальної будови. Це пояснюється меншою міжмолекулярною взаємодією між молекулами в рідкому стані. Крім того, температура топлення парних гомологів вища, ніж непарних.

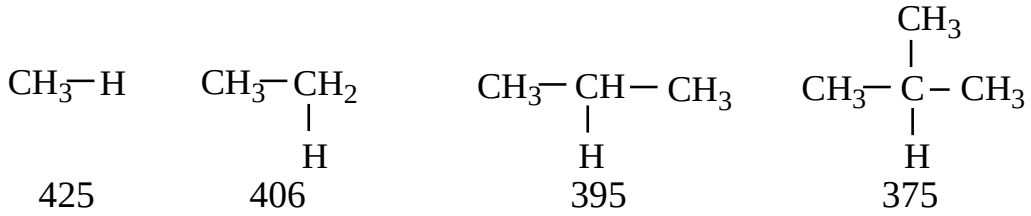
Алкани набагато легші за воду, неполярні й важко поляризуються. Атоми карбону в алканах знаходяться в sp^3-гібридному стані та зв'язані між собою σ-зв'язками. Крім $\sigma_{C\text{-}C}$-зв'язків існують і

$\sigma_{C\text{-}H}$-зв'язки, які утворюються за рахунок sp^3-гібридних орбіталей карбону й *s*-орбіталей гідрогену.

4.4 Хімічні властивості

Алкани за своєю природою є насиченими сполуками й тому не вступають у реакції приєднання. Вони досить інертні та не взаємодіють за нормальних умов з кислотами, лугами, окисниками, активними металами. Тому однією з перших їх назв були "парафіни" (від лат. *parum* – мало, *affinis* – споріднений).

Величини енергії σ-зв'язку С-С складають 314–368 кДж/моль, а σ-зв'язки С-Н 375–410 кДж/моль. Але частіше розриваються більш міцні С-Н-зв'язки, тому що вони доступніші для атаки реагентом. Реакційна здатність С-Н-зв'язку змінюється під час переходу від алканів лінійної будови до розгалужених. Наприклад, енергія дисоціації (кДж/моль) зв'язку ≡С-Н у процесі утворення вільних радикалів $\equiv C^{\cdot} + H^{\cdot}$ змінюється так:



Отже, у вільнорадикальних процесах реакції протікають переважно біля третинного атома карбону, потім біля вторинного й, в останню чергу, біля первинного.

Для насичених вуглеводнів характерні два основні типи хімічних реакцій:

- реакції заміщення гідрогену (S);
- реакції розщеплення молекули (за зв'язками С-С або С-Н).

Основні реакції заміщення алканів

Галогенування. Алкани взаємодіють з усіма галогенами й швидкість реакції понижується в ряду: F > CI > Br > I. Взаємодія з флуором протікає з вибухом, хлор реагує за температури 250–400°С або за освітлення УФ-світлом, бромування проходить повільніше ніж хлорування, а з йодом алкани практично не взаємодіють:

$$CH_4 + 2F_2 \longrightarrow C + 4HF \quad \Delta H=435{,}4 \text{ кДж/моль} \qquad (4.14)$$

Для розриву зв'язків С-Н необхідно 411 кДж/моль, F-F – 154 кДж/моль, а виділяється під час утворення зв'язків С-F 485 кДж/моль і Н-F 565 кДж/моль. Тому реакція протікає з вибухом.

У промисловості, щоб уникнути вибуху, флуор розбавляють азотом або проводять реакцію в розчиннику (флуоровані алкани):

$$CH_4 + 4F_2 \xrightarrow[C_nH_{2n+2}]{N_2} CF_4 + 4HF \qquad (4.15)$$

Хлорування алканів на світлі (УФ-опромінення) або в темряві за 250–400°С протікає за радикальним механізмом (S_R) і складається з трьох стадій:

а) ініціювання (зародження) ланцюга

$$Cl_2 \xrightarrow{h\nu} \underset{\text{збудж. мол.}}{Cl_2^*} \longrightarrow \underset{\text{атом-радикал}}{2Cl^{\cdot}} \qquad (4.16)$$

б) ріст ланцюга

$$CH_3\text{-}H + Cl^{\cdot} \rightarrow {}^{\cdot}CH_3 + HCl$$

$${}^{\cdot}CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + Cl^{\cdot} \text{ і т.д} \qquad (4.17)$$

в) обрив (рекомбінація) ланцюга

$$Cl^{\cdot} + Cl^{\cdot} \rightarrow Cl_2$$

$${}^{\cdot}CH_3 + {}^{\cdot}CH_3 \rightarrow CH_3\text{-}CH_3$$

$$Cl^{\cdot} + {}^{\cdot}CH_3 \rightarrow \underset{\text{хлорметан}}{CH_3Cl} \qquad (4.18)$$

Такі реакції називаються радикально-ланцюговими. При цьому можуть утворюватися ди-, три- і тетрахлорметани та гексахлоретан.

Аналогічно протікають реакції бромування.

Нітрування. Під час нітрування в рідкій фазі концентрованою нітратною кислотою остання веде себе як окисник. Для нітрування застосовують розбавлену нітратну кислоту (**метод М. Коновалова, 1899**):

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 + HONO_2 \xrightarrow[-H_2O]{+10\text{-}14\%\ HNO_3,\ 140^0} \underset{\text{2-нітробутан}}{CH_3{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3} \qquad (4.19)$$

Швидкість рідкофазного нітрування невелика й вихід нітроалканів низький. У промисловості алкани нітрують парофазним методом (**Х. Гесс, 1930**) за температури 300–500°С й об'ємному співвідношенні алкан-нітратна кислота 2:1. Реакція нітрування протікає за механізмом S_R. Нітруючий агент ${}^{\cdot}NO_2$ (діоксид нітрогену) утворюється за реакцією:

$$Í\ NO_3 + HNO_2 \rightarrow N_2O_4 + H_2O \qquad (4.20)$$

$$Í\ NO_3 + HNO_2 \rightarrow N_2O_4 + H_2O \quad (4.21)$$

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3 + \dot{N}O_2 \rightarrow CH_3\text{-}\dot{C}H\text{-}CH_3 + HNO_2 \quad (4.22)$$

$$CH_3{-}\dot{C}H - CH_3 + \dot{N}O_2 \longrightarrow CH_3{-}\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3 + HNO_2 \quad (4.23)$$

Під час нітрування алканів проходить також розрив зв’язків С-С:

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow[420^0]{HNO_3} \underset{33\%}{CH_3{-}\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3} + \underset{32\%}{C_3H_7NO_2} + \underset{26\%}{C_2H_5NO_2} + \underset{9\%}{CH_3NO_2} \quad (4.24)$$

4.4.1 Сульфохлорування і сульфоокиснення

Алкани за звичайних умов стійкі до дії сульфатної кислоти. Під час нагрівання сульфатна кислота виступає як окисник. Тому основним методом отримання сульфопохідних є сульфохлорування і сульфоокиснення.

Сульфохлорування **(К. Рід і Хорн, 1936)**:

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3 + SO_2 + CI_2 \xrightarrow{h\nu} \underset{\text{пропансульфохлорид}}{CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}SO_2CI} + HCI \qquad (4.25)$$

Реакція протікає за механізмом S_R на світлі або в присутності речовин, які утворюють вільні радикали:

$$Cl_2 \xrightarrow{h\nu} 2Cl^{\cdot} \qquad (4.26)$$

$$R\text{-}H + Cl^{\cdot} \longrightarrow R^{\cdot} + HCl \qquad (4.27)$$

$$R^{\cdot} + HCl \longrightarrow R\text{-}{}^{\cdot}SO_2 \qquad (4.28)$$

$$R\text{-}{}^{\cdot}SO_2 + Cl_2 \longrightarrow R\text{-}SO_2\text{-}Cl + Cl^{\cdot} \qquad (4.29)$$

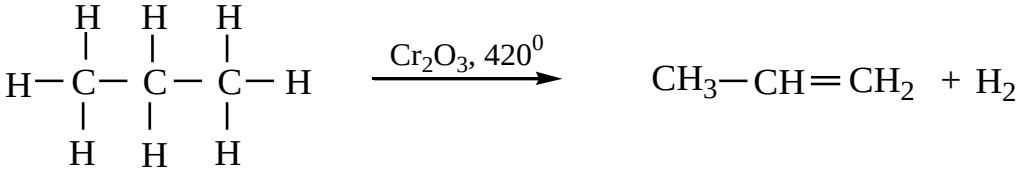
Алкансульфохлорид під час омилення лугами утворює солі сульфокислот, які застосовуються як поверхнево-активні речовини (ПАР) у складі миючих засобів.

Сульфоокиснення застосовують для отримання алкансульфонованих кислот. Механізм реакції вільнорадикальний:

$$2R\text{-}H + 2SO_2 + O_2 \xrightarrow{h\nu} 2R\text{-}SO_2OH \qquad (4.30)$$

4.4.2 Реакції розщеплення

Дегідрування алканів (розщеплення зв’язку С-Н і відщеплення гідрогену) дозволяє з насичених вуглеводнів отримати ненасичені:



(4.31)

Розщеплення зв’язку С-С, як правило, протікає під час окиснення і крекінгу нафти.

Окиснення алканів

Як окисники алканів застосовують кисень повітря, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$. Механізм реакцій радикальний. При дії високих температур за рахунок відщеплення атомів гідрогену (С-Н) або розриву зв’язку С-С утворюються алкільні вільні радикали ($R_1^{\cdot}$), які приєднують молекулу кисню з утворенням пероксидного радикалу:

$$R\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}R \longrightarrow 2R\text{-}CH_2\text{-}CH_2\cdot \text{ àáî } R_1^{\bullet}$$

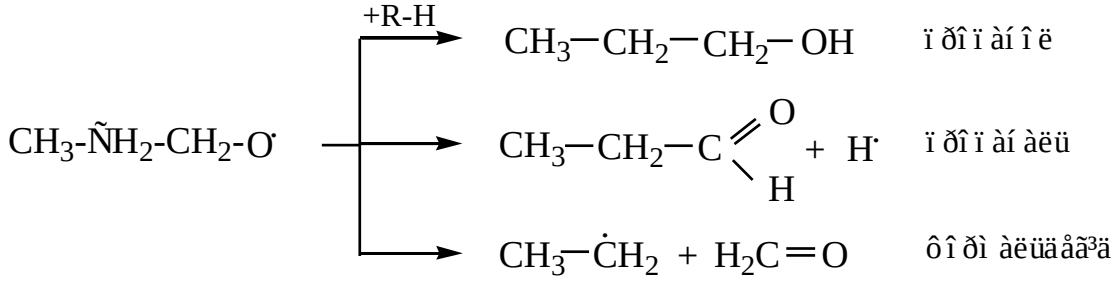
$$R_1\cdot + O_2 \longrightarrow R_1\text{-}OO\cdot \qquad (4.32)$$

Пероксидний радикал $R_1\text{-}OO^{\cdot}$ відриває атом гідрогену від алкану й перетворюється в гідропероксид. Активні пероксидні радикали відривають атом гідрогену, у першу чергу, третинного атома карбону, потім вторинного й, нарешті, первинного:

$$R_1\text{-Î Î}\cdot + R'\text{-H} \rightarrow R_1\text{-OOH} + R'\cdot \qquad (4.33)$$

Тому гідропероксиди бувають третинні, вторинні й первинні. В умовах реакції окиснення (високі температури й тиск) гідропероксиди розкладаються на оксигеновмісні продукти залежно від природи алкану. Наприклад, первинний гідропероксид пропілу розкладається за трьома паралельними реакціями з утворенням спиртів, альдегідів й алканів:

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-O-O-H} \longrightarrow CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-O}^{\cdot} + {}^{\cdot}OH \qquad (4.34)$$



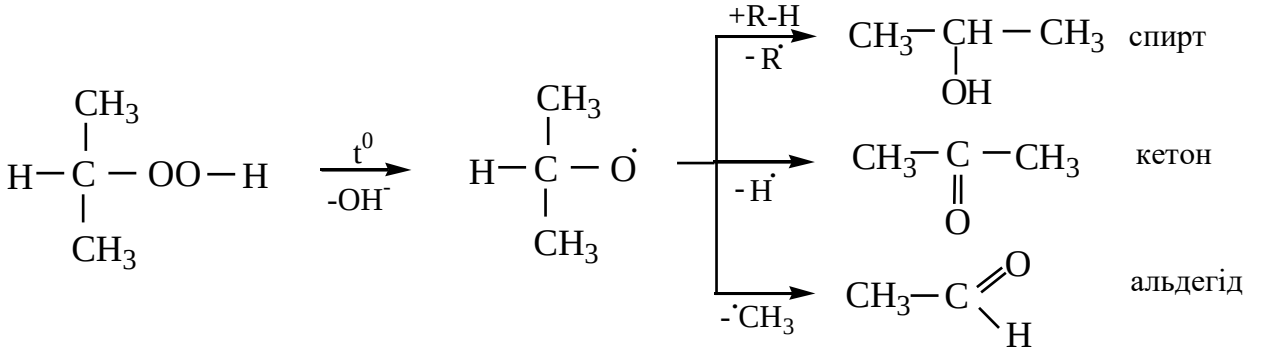
(4.35)

Вторинний ізопропілгідропероксид утворює під час окиснення спирти, альдегіди й кетони:

ізопропіловий спирт

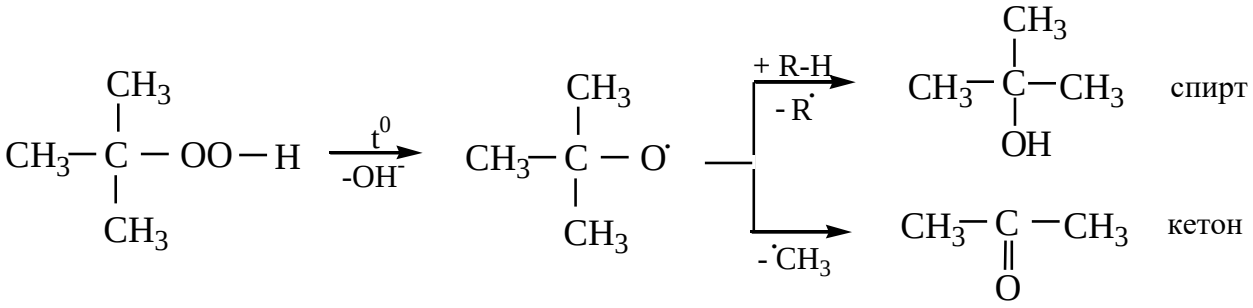
ацетон

ацетальдегід



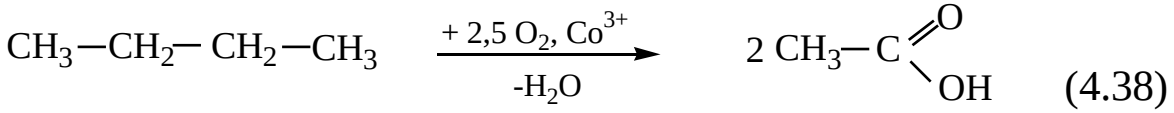
(4.36)

Третинний бутилгідропероксид під час окиснення утворює спирти й кетони:



(4.37)

Під час окиснення суміші вищих алканів отримують, головним чином, карбонові кислоти і спирти з числом атомів карбону C_{10}-C_{20}. Освоєний промисловий процес окиснення бутану в оцтову кислоту (США):



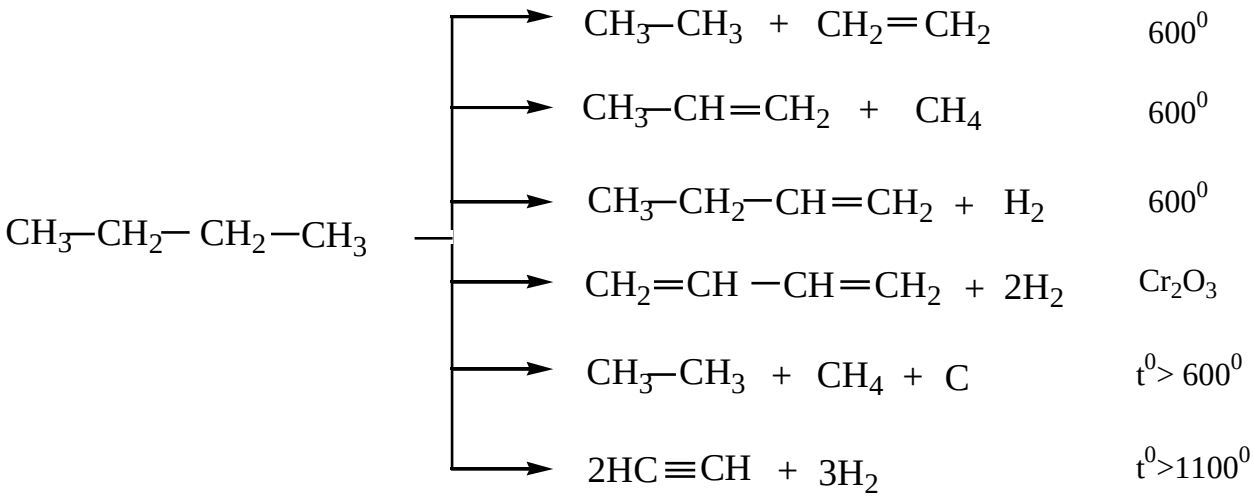
(4.38)

Крекінг і піроліз алканів

Крекінгом називається термічне перетворення алканів за температур 470–540°С. Перетворення алканів за вищих температур (700–1000°С) називається *піролізом. Крекінг* поділяється на *термічний, каталітичний* та *гідрокрекінг* або *риформінг*

Основними процесами під час крекінгу є гомолітичний розрив гідрокарбонового ланцюга по зв'язку С-С з одночасним дегідруванням, ізомеризацією і циклізацією. У результаті крекінгу утворюються, як правило, ненасичені вуглеводні. Будова кінцевих продуктів крекінгу визначається природою вихідного алкану й умовами проведення процесу (температура, тиск, час, каталізатор).

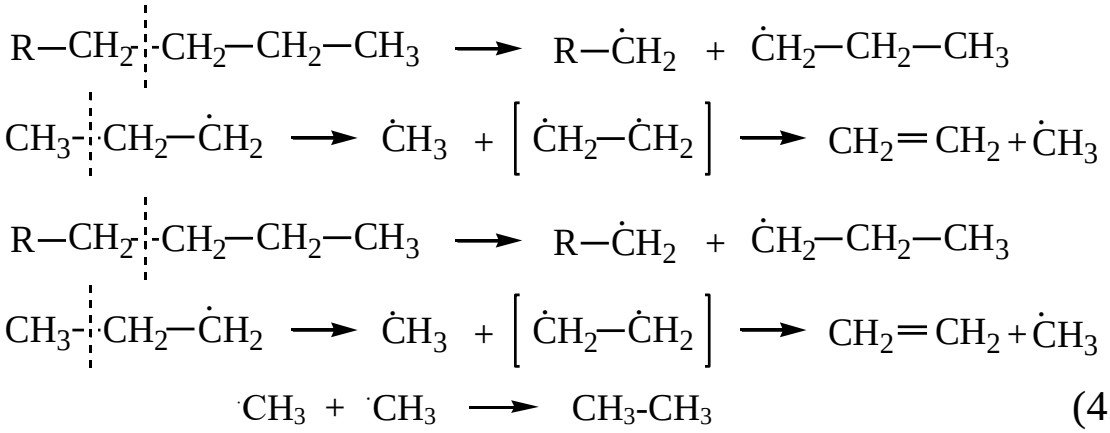
Наприклад, з бутану утворюються такі продукти:



(4.39)

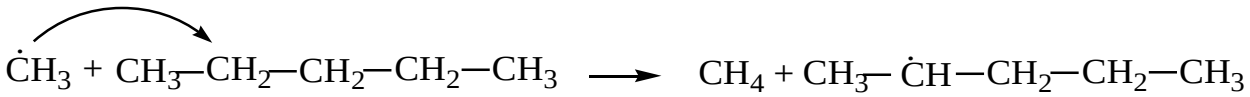
Існують такі тенденції розриву зв'язку С-С: з підвищенням температури спостерігається зміщення місця розриву до краю молекули; з підвищенням тиску ланцюг розривається ближче до середини.

Термічний крекінг є вільнорадикальним процесом. За високої температури алкани розкладаються на більш прості метильні й етильні похідні, наприклад:



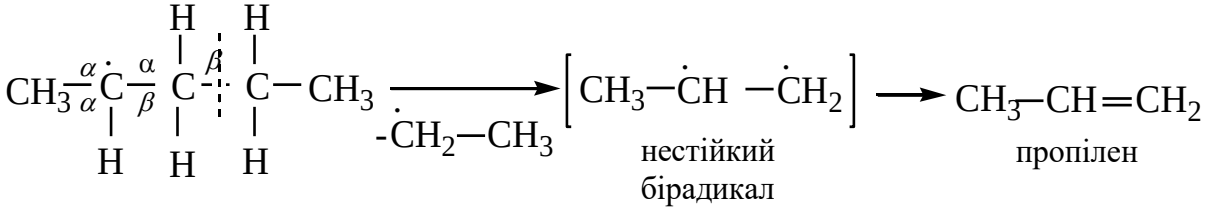
(4.40)

Активні метильні радикали можуть відривати атом гідрогену від молекул інших алканів з утворенням нових вільних радикалів:

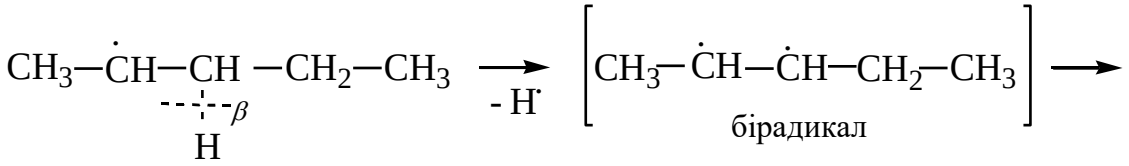


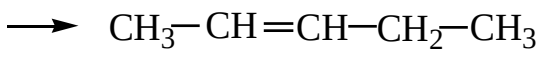
(4.41)

Для таких вільних радикалів характерні реакції *β-розпаду* і *диспропорціювання:*



(4.42)

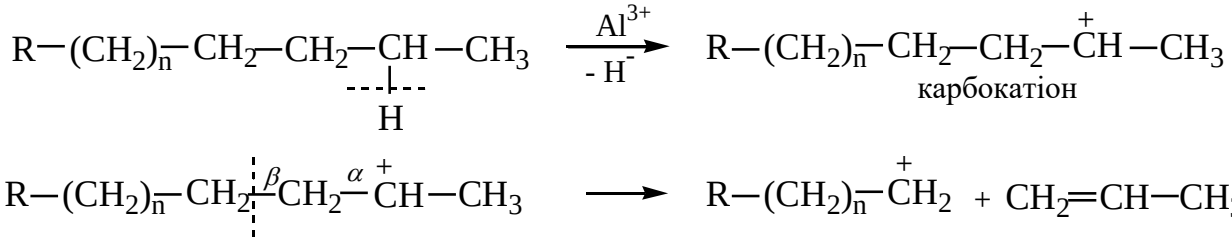




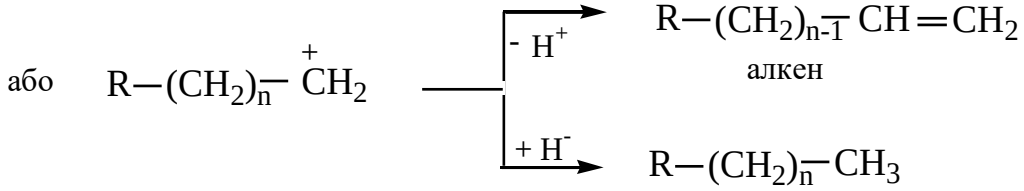
2-пентен (4.43)

Реакції диспропорціонування. β-розпад вільних радикалів практично завжди проходить по β-зв'язках відносно вільної валентності, тому що β-зв'язок дещо послаблений унаслідок зменшення ступеня перекривання відповідних атомних орбіталей. Електронні хмари таких σ-C-H-зв'язків взаємодіють з неспареним електроном завдяки ефекту гіперкон'югації.

Каталітичний крекінг застосовують, головним чином, з метою одержання розгалужених алканів і ненасичених вуглеводнів. Процес протікає в присутності алюмосилікатних каталізаторів або $AlCl_3$ за 450–530°C і приблизно атмосферному тиску. Реакція починається з відщеплення гідрид-іона (H^-) від алкану з утворенням карбокатіона, який за рахунок β-розпаду зазнає подальших змін:

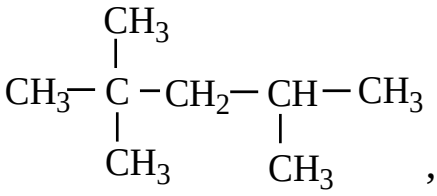


(4.44)



(4.45)

Утворені за допомогою каталітичного крекінгу розгалужені вуглеводні є синтетичним моторним паливом або високооктановими бензинами. За еталон моторного палива прийнятий 2,2,4-триметилпентан або ізооктан:

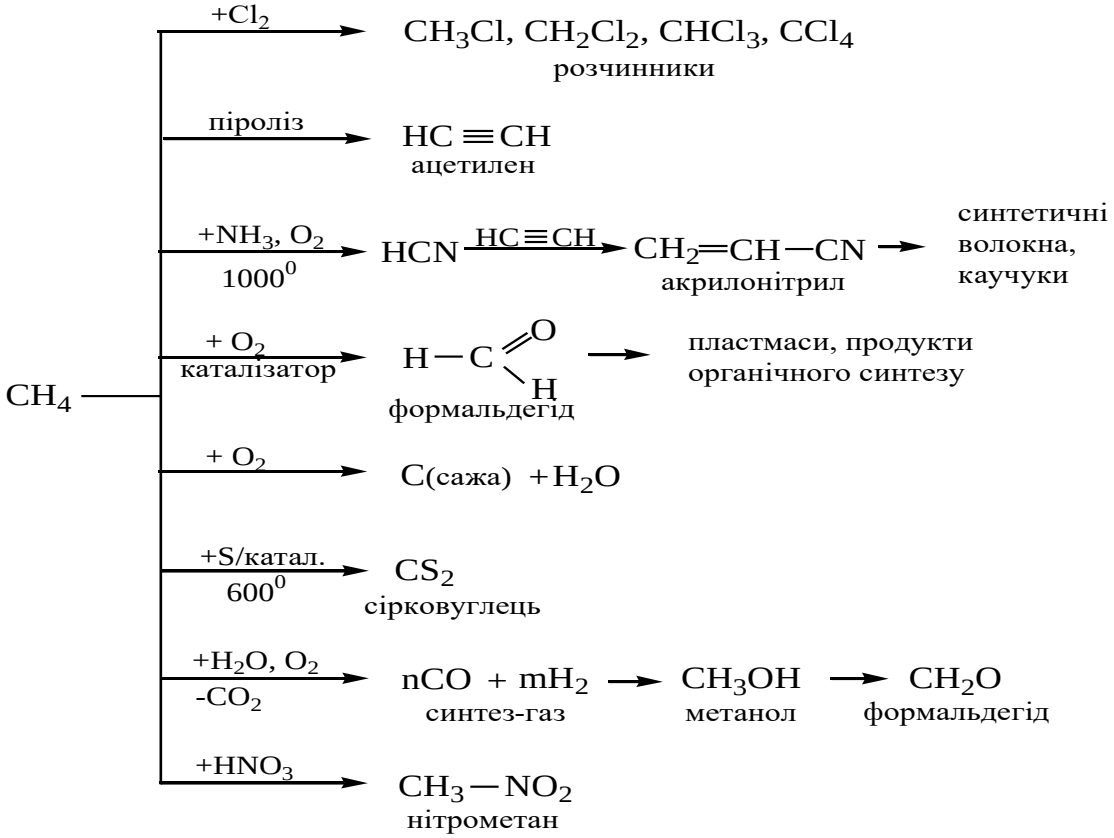


стійкість якого до детонації прийнята за 100 (октанове число дорівнює 100).

Марки бензину для заправки автомашин мають цифрову нумерацію, наприклад, бензин марки А-72. Це означає, що бензин веде себе як суміш, яка складається із 72 % ізооктану і 28 % *н*-гептану, стійкість останнього до детонації прийнята за 0 (нуль).

Природний газ (метан) широко використовують як паливо з великою теплотворністю, але при цьому він є важливою хімічною сировиною. Його основні перетворення зображені на схемі, яка показує основні методи практичного використання метану в промисловості органічного синтезу, де він є одним з найдешевших сировинних продуктів.

4.5. Схема практичного використання метану



(4.46)

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Курта С.А.,Лучкевич Є.Р., Матківський М.П. Хімія органічних сполук. Підручник для вищих навчальних закладів. м. Івано-Франківськ: При-карпат.нац.ун-т ім. В.Стефаника, 2013. – 599 с. вид-во. Прикарпат. нац. у-ту. Авторські права захищені свідоцтвом про реєстрацію авторського права на твір № 52578 від 13.12.2013 р. державним департаментом інтелектуальної власності МОН України.
2. Ластухін Ю. О. Органічна хімія : підруч. [для вищ. навч. закл.] / Ластухін Ю. О., Воронов С. А. – Л. : Центр Європи, 2001. – 864 с.
3. Будова і реакційна здатність органічних сполук / Ганущак М. І., Кириченко В. І., Клим М. І. та ін. – К. : НМК ВО, 1992. – 216 с.
4. Курта С.А. Хімія та технологія високомолекулярних речовин : навчально-методичний посібник / Курта С.А., Курганський В.С. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2006. – 132 с. – (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 25394 від 20.08.2008 р.).
5. Курта С. А. Будова речовини : навчально-методичний посібник / Курта С. А. – Івано-Франківськ ; Калуш : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2007. – 162 с. – (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. № 25395 від 20.08.2008 р.).
6. Курта С. А. Хімія і технологія хлорорганічних сполук : монографія / С. А. Курта. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2009 р. – 262 с. – (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір в Україні № 30576 від 08.10.2009 р.).
7. Хімія : збірник тестів для абітурієнтів, які вступають на спеціальності “Хімія” та “Агрохімія і ґрунтознавство” / Курта С. А., Лучкевич Є. Р., Матківський М. Г. та ін. – Івано-Франківськ : Плай, 2005. – 184 с.
8. Лучкевич Є.Р. Хімія ароматичних азосполук : монографія / Є.Р.Лучкевич. – Івано-Франківськ : ВДВ ЦІТ Прикарпат. нац. ун-ту ім. В. Стефаника, 2013 р. – 295 с.
9. Курта С.А. Природні вуглеводи і полісахариди. Навчальний посібник.ISBN 978-966-8969-84-3. Видав: Супрун В.П.76025, Івано-Франківськ, вул. В.Великого,12,аХТел.: (0342) 71-04-40,e-mail:printsv@ukr.net, Свід. про внесення до Держреєстру від 17.10.2005р. Серія ІФ №25. – 100с.
10. Серняк І.М., Микитин І.М., Курта С.А., Лясковська М.Р., Методичні вказівки до лабораторних робіт з Органічної хімії(ароматичні вуглеводні). МОН ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,Івано-Франківськ 2019, 119 с.
11. Курта С.А. Основи нафтохімії. Навчальний посібник. Друк: Голіней О.М..76008, Івано-Франківськ, вул. Галицька 128 Тел.: (0342) 58-04-32(+380505403064 – 193 с.(друк. арк. 11,62) Рішення Вченої Ради Факультету природничих наук ПНУ, протокол №3 від «12» грудня 2019 року. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.№95904 від 10..02.2020р. ст.1.Рішення Мінекономіки торг. Та сільс. Госп.. України.м. Київ. 01008 вул. Грушевського 12\2.
12. Курта С.А. , Хацевич О.М. Основи квантової хімії. (навчально посібник) . Рішення Вченої Ради Факультету природничих наук ПНУ, протокол № 2 від «22» лютого 2018 року р.-235с. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.№95470 від 21.01.2020р. ст.1.Рішення Мінекономіки. України м. Київ, 01008 вул. Грушевського