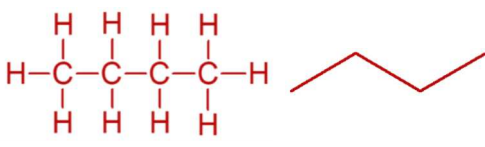
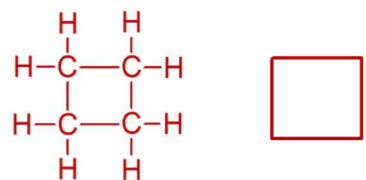
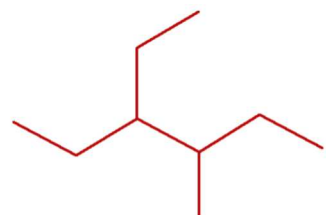



Alkany se dříve nazývaly jako **parafiny**. Tento název vznikl spojením latinských slov *parum* (= málo) a *affinis* (= slučivý), což vystihuje jednu z hlavních vlastností alkanů (jsou málo reaktivní). Cykloalkany se označovaly jako **nafteny**, neboť se vyskytují v naftě.

## 2.1 ALKANY A CYKLOALKANY

Strukturně nejjednodušší organické sloučeniny, složené pouze z atomů **uhlíku a vodíku** pospojovaných výhradně pomocí **jednoduchých vazeb**, se nazývají **alkany**. Jestliže je v řetězci přítomen **uhlíkový cyklus**, jedná se o **cykloalkany**. Ve strukturách alkanů a cykloalkanů se tak mohou vyskytovat pouze typy vazeb **C-C** a **C-H**. Tabulka 2.1 ukazuje příklady řetězců alkanů a cykloalkanů.

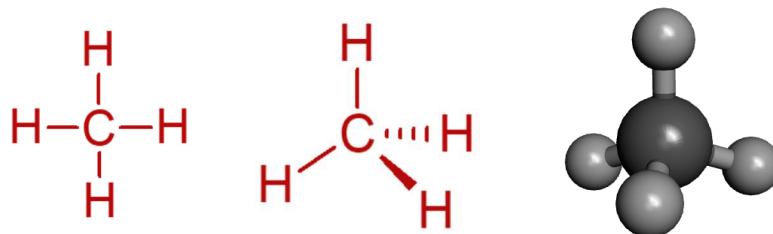
Tab. 2.1 Příklady alkanů a cykloalkanů

| ALKANY  | CYKLOALKANY   |
|---|---|
| Otevřený (acyklický) řetězec, nerozvětvený  | Uzavřený (cyklický) řetězec, nerozvětvený   |
|    |    |
| Otevřený (acyklický) řetězec, rozvětvený  | Uzavřený (cyklický) řetězec, rozvětvený   |
|  |  |

Pro znázorňování struktur rozvětvených organických sloučenin se zpravidla používají zjednodušené vzorce.

Nejjednodušším alkanem je **methan**  $\text{CH}_4$  (dle anorganického systematického názvosloví karban). Tato sloučenina je tvořena pouze 1 atomem uhlíku, ke kterému jsou pomocí jednoduchých vazeb přivázány 4 atomy vodíku. Molekula methanu má tvar **tetraedru** (čtyřstěnu), jehož vrcholy reprezentují přítomné atomy vodíku. Jednotlivé vazby C-H spolu svírají úhel  $109,5^\circ$ .

Atom uhlíku C v molekule alkanů je v **hybridizaci**  $\text{sp}^3$ .



Obr. 2.2 Strukturní a geometrický vzorec a molekula methanu.

Druhým nejjednodušším alkanem je **ethan**  $\text{C}_2\text{H}_6$ . Ten je tvořen jednou jednoduchou vazbou mezi atomy uhlíku (C-C), přičemž ke každému z nich jsou navázány 3 atomy vodíku (tzv. **methylové skupiny**  $\text{CH}_3$ -). Molekuly ethanu se mohou vyskytovat v **zákrytové** či **nezákrytové konformaci** (viz 1.5 Izomerie organických sloučenin).

Další základní alkaný vznikají přidáním tzv. **homologického (konstantního) přírůstku**  $-\text{CH}_2-$  mezi hraniční methylové skupiny. Takto vzniká tzv. **homologická řada** základních alkanů. Jejich obecný sumární vzorec je  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ , kde  $n$  je počet atomů uhlíku. Obecný sumární vzorec cykloalkanů je  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .

Tab. 2.2 Homologická řada alkanů  $\text{C}_1$ - $\text{C}_6$  s nerozvětveným řetězcem

| Název alkanu | Sumární vzorec            | Rozeepsaný vzorec                         | Strukturní vzorec |
|--------------|---------------------------|---|-------------------|
| Methan       | $\text{CH}_4$             | $\text{CH}_4$                             | nemá              |
| Ethan        | $\text{C}_2\text{H}_6$    | $\text{CH}_3\text{-CH}_3$                 | —                 |
| Propan       | $\text{C}_3\text{H}_8$    | $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$     |                   |
| Butan        | $\text{C}_4\text{H}_{10}$ | $\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_2\text{-CH}_3$ |                   |
| Pentan       | $\text{C}_5\text{H}_{12}$ | $\text{CH}_3\text{-(CH}_2)_3\text{-CH}_3$ |                   |

Lomený strukturní vzorec lépe odpovídá skutečné struktuře příslušného alkanu, než vzorec s přímým řetězcem.

## NÁZVOSLOVÍ ALKANŮ A CYKLOALKANŮ

Názvy alkanů jsou zakončeny příponou **-an**, která udává, že daný uhlovdík obsahuje výhradně jednoduché vazby. V případě cykloalkanů se přítomnost cyklu udává pomocí předpony **cyklo-**. Názvy nerozvětvených alkanů s počtem uhlíku větších než 3 se uvádí s předponou **n-** („normální“ ve významu nerozvětvený; např. *n*-butan). Názvy prvních 20 nerozvětvených alkanů jsou:

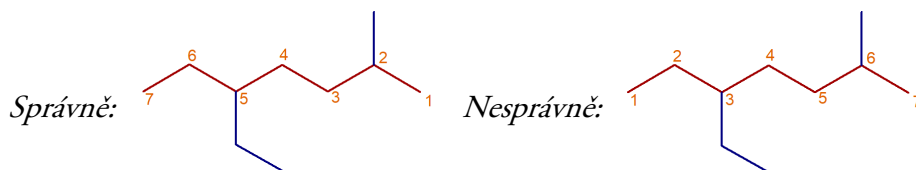
|                              |        |                              |            |
|------------------------------|--------|------------------------------|------------|
| $\text{CH}_4$                | methan | $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$ | undekan    |
| $\text{C}_2\text{H}_6$       | ethan  | $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ | dodekan    |
| $\text{C}_3\text{H}_8$       | propan | $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$ | tridekan   |
| $\text{C}_4\text{H}_{10}$    | butan  | $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$ | tetradekan |
| $\text{C}_5\text{H}_{12}$    | pentan | $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$ | pentadekan |
| $\text{C}_6\text{H}_{14}$    | hexan  | $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ | hexadekan  |
| $\text{C}_7\text{H}_{16}$    | heptan | $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ | heptadekan |
| $\text{C}_8\text{H}_{18}$    | oktan  | $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ | oktadekan  |
| $\text{C}_9\text{H}_{20}$    | nonan  | $\text{C}_{19}\text{H}_{40}$ | nonadekan  |
| $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | dekan  | $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ | ikosan     |

Odtržením protonu ( $\text{H}^+$ ) z molekuly alkanu vznikají tzv. **uhlovodíkové zbytky (alkyly)**. Ty mají stejný základ názvu jako původní alkan, avšak používá se pro ně koncovka **-yl**, například:

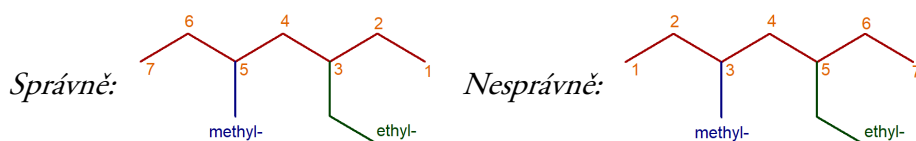
|                                |                  |                                |                  |
|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|
| $\text{CH}_3\text{-}$          | methy <b>l</b> - | $\text{C}_3\text{H}_7\text{-}$ | propy <b>l</b> - |
| $\text{C}_2\text{H}_5\text{-}$ | ethy <b>l</b> -  | $\text{C}_4\text{H}_9\text{-}$ | buty <b>l</b> -  |

Při číslování řetězce není podstatné, zda se provádí zleva doprava či zprava doleva, stěžejní jsou popsána pravidla zaručující co nejnižší čísla jednotlivých substituentů, eventuálně abecední přednost.

Jestliže je řetězec alkanu rozvětvený, pak je zapotřebí nejprve najít **hlavní řetězec** (skelet). To je ten, který je „nejdelší“ (obsahuje nejvyšší počet atomů uhlíku). Tento řetězec je dále zapotřebí **očíslovat**. To se provádí tak, aby první navázaný alkyl měl co nejnižší koeficient, například:



Pokud se rovnají koeficienty při číslování z obou stran, upřednostní se uhlovodíkový zbytek, který je **dříve v abecedě**, například:



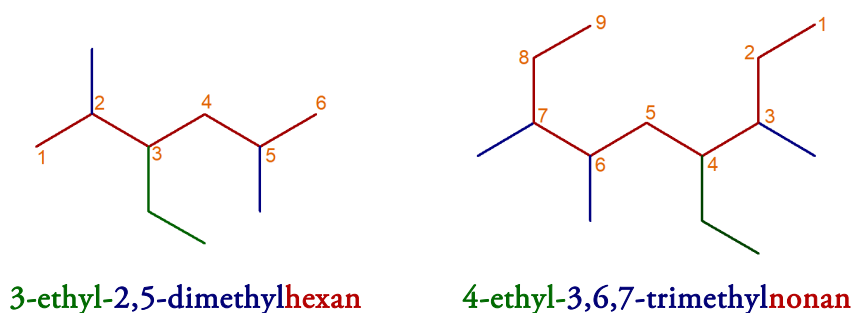
Jestliže ani takto nelze jednoznačně rozhodnout o směru číslování hlavního řetězce, posuzuje se dále pomocí téže pravidel lokace druhého substituentu, případně dalších substituentů.

Kmen názvu uhlovodíku je tvořen názvem nerozvětveného alkanu, který tvoří hlavní řetězec. Navázané substituenty se zapisují v abecedním pořadí v podobě předpon a udává se před nimi pomocí číslovky označení atomu uhlíku z kterého daný substituent vychází. Je-li v molekule navázáno více stejných substituentů, vyjadřuje se jejich počet pomocí latinské číslovky, viz tabulka 2.3. Číslovková předpona nemá vliv na abecední pořadí uhlovodíkových zbytků.

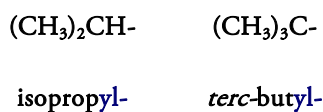
**Tab. 2.3** Přehled latinských názvů číslovek

|   |       |    |       |    |           |    |           |
|---|-------|----|-------|----|-----------|----|-----------|
| 1 | mono  | 6  | hexa  | 11 | undeka    | 16 | hexadeka  |
| 2 | di    | 7  | hepta | 12 | dodeka    | 17 | heptadeka |
| 3 | tri   | 8  | okta  | 13 | trideka   | 18 | oktadeka  |
| 4 | tetra | 9  | nona  | 14 | tetradeka | 19 | nonadeka  |
| 5 | penta | 10 | deka  | 15 | pentadeka | 20 | ikosa     |

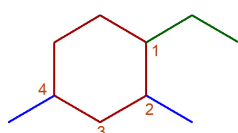
**Příklady názvů alkanů:**



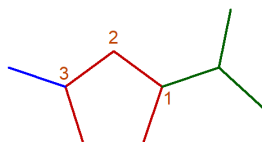
Některé uhlovodíkové zbytky mají kromě svých systematických názvů také triviální pojmenování:



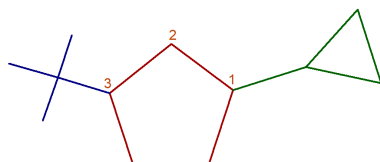
Hlavním řetězcem cykloalkanů je cyklus. Jestliže je ve struktuře přítomno více cyklů, pak je hlavním ten „větší“, který obsahuje více atomů uhlíku. Číslování řetězce se provádí stejným způsobem jako tomu bylo u alkanů.



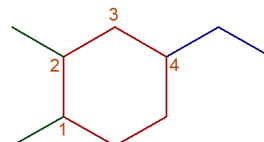
1-ethyl-2,4-dimethylcyklohexan



1-isopropyl-3-methylcyklopentan



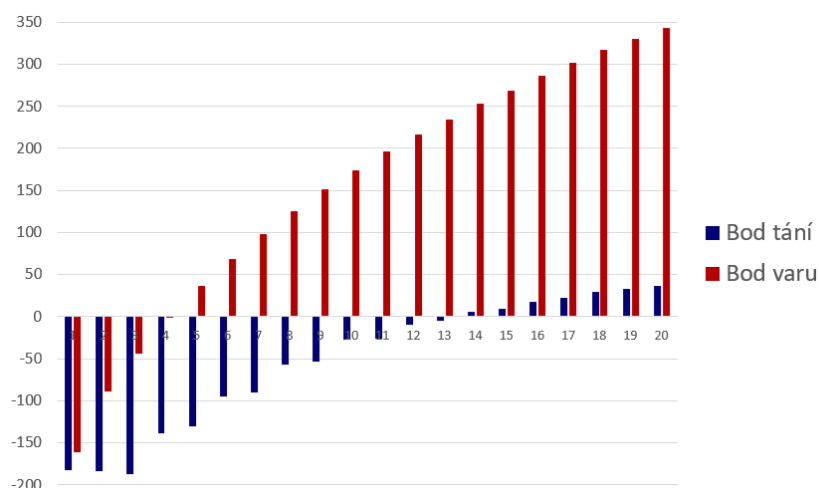
1-cyklopropyl-3-terc-butylcyklopentan



1,2-dimethyl-4-propylcyklohexan

## FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI ALKANŮ A CYKLOALKANŮ

Jak je patrné z grafu 2.3, až na výjimky se teploty tání a varu zvyšují společně s počtem atomů uhlíku v nerozvětveném alkanu. První 4 alkany (methan, ethan, propan, butan) jsou **plynné látky**, alkany s počtem atomů uhlíku do 17 jsou **kapaliny** a s vyšším počtem atomů uhlíku **pevné látky**.



**Obr. 2.3** Graf závislosti bodů tání a bodů varu (ve °C) na počtu atomu uhlíku v nerozvětveném alkanu

U alkanů s počtem atomů uhlíku větším než 4 se začíná projevovat konstituční řetězová izomerie (viz 1.5 Izomerie organických sloučenin).

**Methan  $\text{CH}_4$**  je uhlovodík s úplně **nejnižším bodem tání a bodem varu.**

Zatímco jsou známy pouze jediný methan  $\text{CH}_4$ , ethan  $\text{C}_2\text{H}_6$ , propan  $\text{C}_3\text{H}_8$ , tak vzorec  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  již odpovídá současně ***n*-butan** a **2-methylpropan** (isobutan). Obdobně sumární vzorec  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  může patřit ***n*-pentanu**, **2-methylbutanu** (isopentanu) či **2,2-dimethylpropanu** (neopentanu). Strukturální vzorce a body tání a varu butanu a isobutanu jsou uvedeny v oddíle 1.5 Izomerie organických sloučenin. Níže jsou uvedeny strukturální vzorce a teploty tání a varu konstitučních řetězových izomerů pentanu.

|   |  |  |
|---|--|--|
| $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$<br><br><b><i>n</i>-pentan</b><br>t. t. $-129,8^\circ\text{C}$ , t. v. $36,1^\circ\text{C}$ | $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$<br><br><b>2-methylbutan</b><br><b>(isopentan)</b><br>t. t. $-159,9^\circ\text{C}$ , t. v. $27,7^\circ\text{C}$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$<br><br><b>2,2-dimethylpropan</b><br><b>(neopentan)</b><br>t. t. $-16,6^\circ\text{C}$ , t. v. $9,5^\circ\text{C}$ |
|---|--|--|

Ve strukturách rozvětvených alkanů se vyskytuje větší množství **van der Waalových sil**, které zapříčiňují jejich nižší teploty tání a varu oproti sloučeninám s nerozvětveným řetězcem.

**Rozvětvenost** řetězce má zpravidla (výjimkou jsou například teploty tání izomerů pentanu) za následek **snížení teploty tání a varu daného alkanu**. Tato skutečnost je důsledkem spotřebovávání mezimolekulárních interakcí v rámci dané molekuly na místo poutání molekul navzájem.

Počty konstitučních izomerů velmi rapidně rostou se zvyšujícím se počtem atomů uhlíku v daném alkanu. Zatímco pro alkany  $\text{C}_4$  existují 2 izomery a pro alkany  $\text{C}_5$  to jsou 3 izomery, u alkanů  $\text{C}_6$  je již známo 5 izomerů, pro alkany  $\text{C}_{10}$  lze spočítat 75 izomerů a u alkanů  $\text{C}_{20}$  to je celých 366 319 izomerů. Počet izomerů alkanu  $\text{C}_{167}$  existuje přibližně  $10^{80}$ , což přesahuje počet hmotných částic v pozorovatelném vesmíru ( $10^{78}$ ).

### Kovalentní nepolární vazby

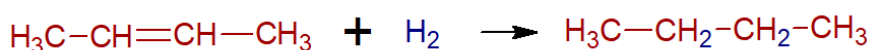
se vytváří mezi atomy s nízkým rozdílem hodnot elektronegativit ( $\Delta X < 0,40$ ) sloučených atomů, což atomy uhlíku a vodíku splňují.

Jelikož se v molekulách alkanů a cykloalkanů vyskytují pouze kovalentní nepolární vazby C-C a C-H, jsou tyto látky **nemísitelné s vodou**, avšak dobrými rozpouštědly například pro **tuky a oleje**.

Jednoduchá vazba mezi atomy uhlíku v molekulách alkanů s počtem atomů větším nebo rovným dvěma umožňuje rotaci uhlovodíkových skupin kolem ní. To má za následek existenci **zákrytových a nezákrytových konformací** daných alkanů. Obdobně struktura cykloalkanů (např. cyklohexanu) zapříčiňuje výskyt **židličkové a vaničkové konformace** (viz 1.5 Izomerie organických sloučenin).

### PŘÍPRAVA ALKANŮ A CYKLOALKANŮ

Významnými zdroji mnoha alkanů a především cykloalkanů jsou ropa a zemní plyn. Z nich lze přímo izolovat například cyklopentan a cyklohexan. Další reakcí vedoucí k získání alkanů a cykloalkanů je **hydrogenace nenasyčených uhlovodíků**:



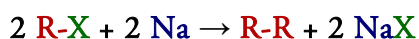
Hydrogenace se provádí obvykle za zvýšeného tlaku, teploty a použití katalyzátoru.

Jiným způsobem přípravy alkanů je redukce z halogenderivátů podle obecné rovnice:



„Do frakční baňky se nalije po 20 mL destilované vody a 20 mL ethanolu  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Následně se do ní přisype 10 g zinku  $\text{Zn}$ , přilije 10 mL chloroformu  $\text{CHCl}_3$  a 2 mL 10% roztoku síranu měďnatého  $\text{CuSO}_4$ . Baňka se uzavře zátkou a vznikající plyn se jímá do zkumavky naplněné vodou a otočené ve vaně dnem vzhůru. Najímaný plyn se zapálí.“

Pro přípravu alkanů i cykloalkanů lze použít také **Wurtzovu syntézu** neboli redukci halogenderivátů pomocí alkalického kovu:



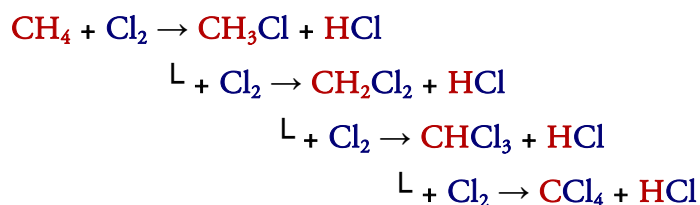
Nejběžnějším způsobem přípravy alkanů v laboratoři je dekarboxylace solí karboxylových kyselin. Pro přípravu methanu se tak využívá například tepelný rozklad směsi octanu a hydroxidu sodného:



„K laboratornímu stojanu se do vodorovné polohy připevní zkumavka naplněná do třetiny objemu směsí bezvodého octanu sodného  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , oxidu vápenatého  $\text{CaO}$  a hydroxidu sodného  $\text{NaOH}$  v poměru 1:1:2. Zkumavka se uzavře zátkou, kterou prochází trubička vedoucí do zkumavky naplněné vodou a otočené ve vaně dnem vzhůru. Obsah zkumavky upevněné ve stojanu se začne zahřívat a vzniklý plyn se najímá do několika zkumavek. Obsah jedné zkumavky se zapálí, do dalších se přidá po 1 mL 0,10% roztoku manganistanu draselného  $\text{KMnO}_4$  a bromové vody. Zkumavky se uzatknou a jejich obsahy protřepou.“

## CHEMICKÉ VLASTNOSTI ALKANŮ A CYKLOALKANŮ

Typickou reakcí nasycených uhlovodíků je **radikálová substituce  $\text{S}_R$** . Podle další výchozí látky se tyto reakce dále rozdělují na **halogenace** (reakce s halogenem), **nitrace** (reakce s  $\text{HNO}_3$ ) či **sulfochlorace** (reakce s  $\text{SO}_2$  a  $\text{Cl}_2$ ). Při těchto reakcích dochází k postupnému nahrazování atomů vodíku v molekulách alkanů a cykloalkanů, jak vyplývá ze schématu chlorace methanu:

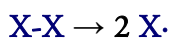


**Charles Adolphe Wurtz**  
(1817—1884),  
francouzský chemik

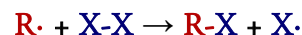
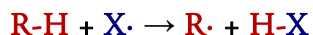
Pro přípravu methanu rozkladem octanu sodného lze použít také **natronové vápno**, které je směsí hydroxidu sodného a vápenatého. Tato směs absorbuje oxid uhličitý.

Jak je ze schématu patrné, vzniklý produkt se odvíjí od toho, v jakém molárním poměru vstupuje **methan** a **chlor** do reakce.

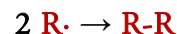
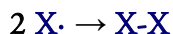
Mechanismus radikálové substituce se skládá ze **3 fází** - iniciace, propagace a terminace. Při **iniciaci** (zahájení) dochází (obvykle působením UV záření) k homolytickému rozštěpení molekuly na radikály:



Při **propagaci** (šíření) se radikály váží na molekulu výchozí látky a uvolňují z ní uhlovodíkové radikály, které mohou narušovat nerozštěpené molekuly činidla:



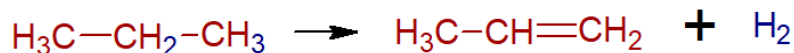
**Terminace** (ukončení) je poslední fází radikálové substituce, při které již dojde pouze ke spojení volných radikálů:



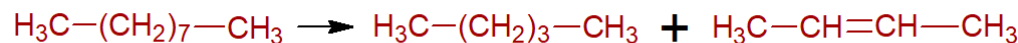
Produktem halogenace (reakce s  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$  a  $\text{I}_2$ ) alkanů jsou **halogenalkany**  $\text{R-X}$ , při nitraci (reakce se zředěnou kyselinou dusičnou  $\text{HNO}_3$  při  $400^\circ\text{C}$ ) vznikají **nitrosloučenin**  $\text{R-NO}_2$  a hlavním produktem **sulfochlorace** (reakce se směsí oxidu siřičitého  $\text{SO}_2$  a chloru  $\text{Cl}_2$ ) je **alkanylsulfochlorid**  $\text{R-SO}_2\text{-Cl}$ .

Charakter radikálové substituce má také hoření (oxidace) alkanů. Za dostatečného přístupu kyslíku se alkyany spalují za vzniku vodní páry a **oxidu uhličitého**  $\text{CO}_2$ . Při nedostatku kyslíku vzniká na místo oxidu uhličitého **oxid uhelnatý**  $\text{CO}$ , případně **saze**  $\text{C}$ .

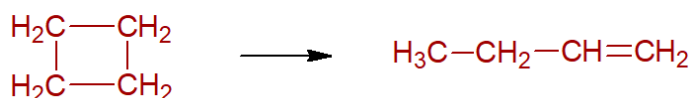
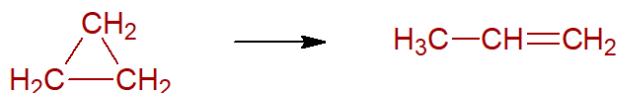
Při dehydrogenaci alkanů a cykloalkanů vznikají nenasycené uhlovodíky:



Uhlovodíky s dlouhým řetězcem jsou často nestabilní a zkracují se na menší molekuly při krakování:



Cykloalkany s malým počtem atomů uhlíku (cyklopropan a cyklobutan) jsou nestabilní skrz vysoké pnutí v molekulách a rozpadají se za vzniku alkenů:



Iniciaci lze kromě použití UV záření provést také například pomocí **peroxidových radikálů**  $\cdot\text{O-O}\cdot$ .

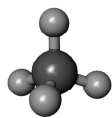
Při chloraci **methanu** může vzniknout jako jeden z vedlejších produktů také **ethan**.

Hoření za dostatečného přístupu vzduchu, při kterém vzniká oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ , se označuje jako **dokonalé spalování**. Opakem je **nedokonalé spalování**, při kterém vzniká oxid uhelnatý  $\text{CO}$ , případně také saze  $\text{C}$ .

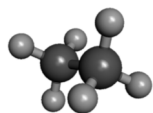
Produktem krakování je směs alkanu a alkenů. Tento proces se průmyslově využívá pro zplynování uhlovodíků, neboť ty s krátkým řetězcem se vyskytují v plynném skupenství.



## ZÁSTUPCI ALKANŮ A CYKLOALKANŮ



**Methan**  $\text{CH}_4$  (bahenní plyn) je nejjednodušší alkan. Za běžných podmínek je to bezbarvý plyn, který se vzduchem vytváří výbušnou směs. Na vzduchu hoří namodralým plamenem. Tvoří hlavní složku zemního plynu, bioplynu a atmosféry vnějších planet Sluneční soustavy. Kromě toho je zastoupen také v sopečném plynu, nicméně 90 % jeho produkce pochází z živých organismů. Methan se využívá jako palivo či pro výrobu vodíku, acetylenu a sazí.



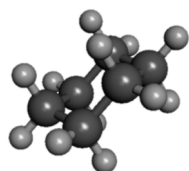
**Ethan**  $\text{C}_2\text{H}_6$  je bezbarvý plyn s podobnými vlastnostmi a využitím jako methan.

**Propan**  $\text{C}_3\text{H}_8$  a **butan**  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  jsou bezbarvé plyny používané jako paliva v místech, kde není veden plynovod se zemním plynem.

**Petrolether** je směs izomerů pentanu a hexanu, využívá se jako rozpouštědlo.

**Heptan**  $\text{C}_7\text{H}_{16}$  a **2,2,4-trimethylpentan**  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  (isooktan) jsou zvoleny jako standardy pro posuzování kvality pohonných hmot. To udává **oktanové číslo**, které charakterizuje vliv paliva na klepání motoru. Zatímco heptan je špatným palivem, a tak mu připadá oktanové číslo 0, isooktan se chová zcela opačně a má stanovenou hodnotu oktanového čísla 100. Palivo s oktanovým číslem 95 má tak stejné chování jako směs 95 dílů isooktanu a 5 dílů heptanu.

**Pevné alkan**y jsou součástí parafínu či mazacích olejů.



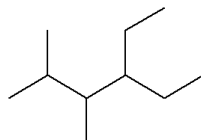
**Cyklohexan**  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  se používá jako rozpouštědlo či pro výrobu benzenu nebo syntetických vláken.

**Cyklopentanoperhydrofenanthren**  $\text{C}_{20}\text{H}_{32}$  (gonan, dříve steran) je základní strukturální jednotkou steroidů (isoprenoidů).

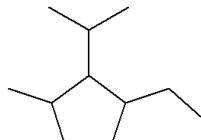
### OTÁZKY A ÚLOHY:

1. Pojmenujte následující uhlovodíky:

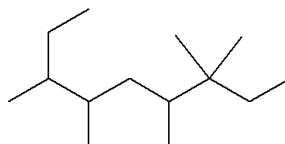
a)



b)



c)



2. Nakreslete strukturální vzorce *tert*-butylcyklohexanu a 2,3,6-trimethyloktanu.

3. Popište mechanismus bromace ethanu a nitrace propanu. Identifikujte všechny možné produkty těchto reakcí.

4. Projevte se konformace u molekuly butanu? Jakým způsobem?

5. Jak se označují pohonné hmoty v zemích Evropské unie od roku 2018?



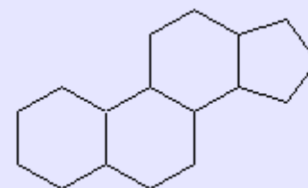
Bioplynová stanice



Táborový hořák, jehož zdrojem paliva je **směs propanu a butanu**.



**Pohonné hmoty** s uvedením oktanového čísla.



Strukturální vzorec **gonanu (steranu)**