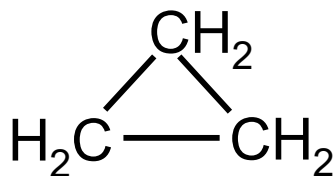


**Węglowodory**, czyli połączenia zawierające wyłącznie atomy węgla i wodoru ( $C_nH_m$ ) uważane się za **związki macierzyste substancji organicznych**

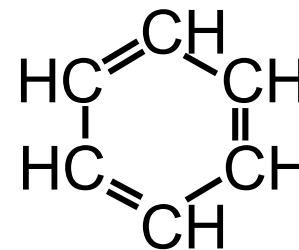
*Węglowodory* dzielą się na

*alifatyczne (łańcuchowe)* –  $CH_3CH_2CH_2CH_3$ ,

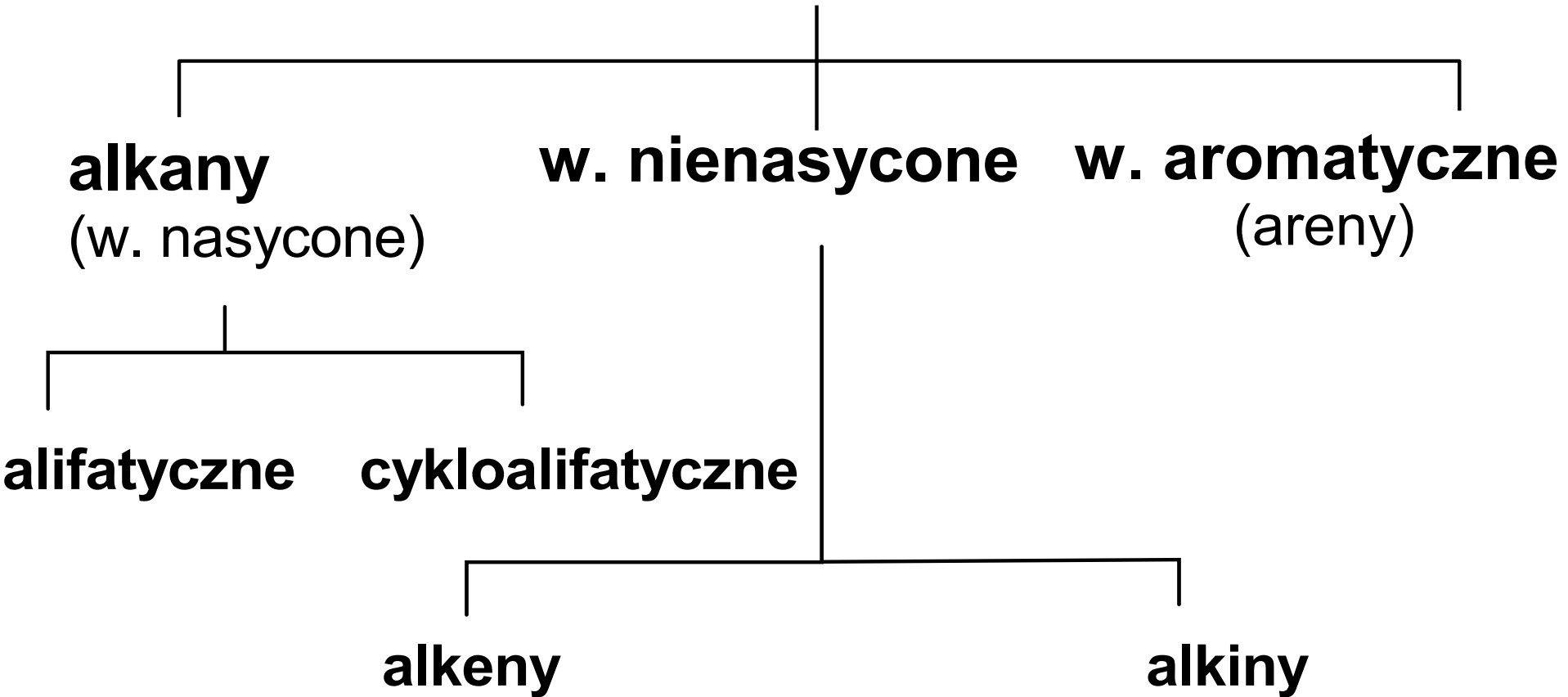
*cykliczne*



*i aromatyczne*



# WĘGLOWODORY

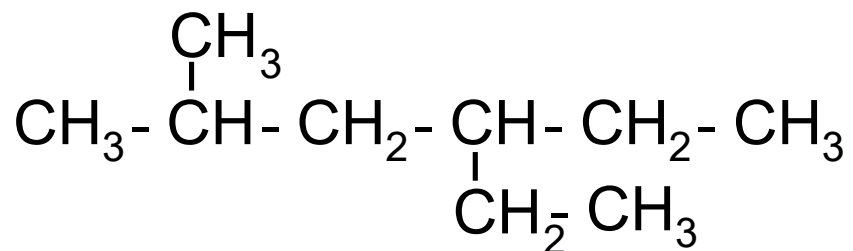


## Alkany (węglowodory nasycone) $C_nH_{2n+2}$

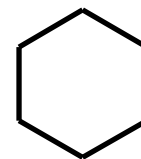
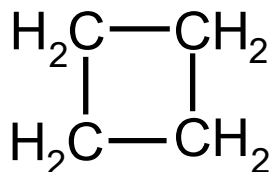
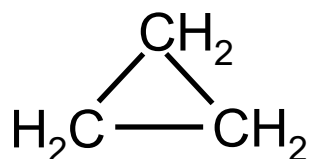
- *węglowodory nasycone prostolącuchowe (parafinowe)*



- *węglowodory rozgałęzione (izoalkany lub izoparafiny)*

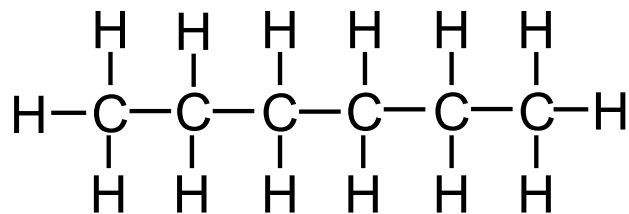


- *węglowodory pierścieniowe (cykloalkany)*

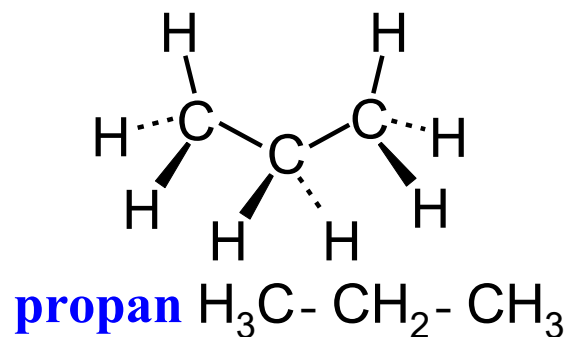
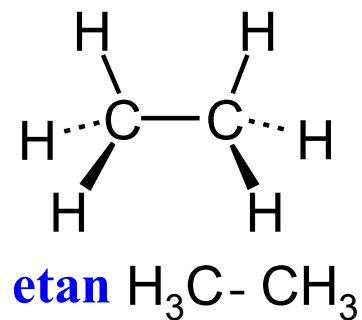
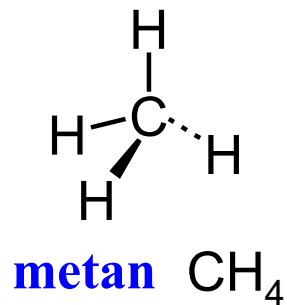


Wszystkie atomy **C** mają w nich hybrydyzację  $sp^3$

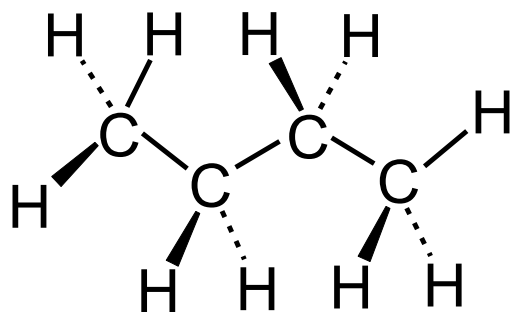
# Alkany prostołańcuchowe



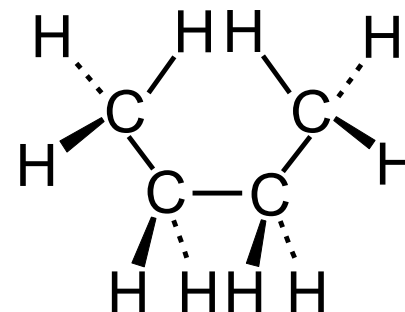
Tetragonalny kąt pomiędzy wiązaniami atomu węgla  $sp^3$  wymusza zygzakowaty układ atomów **C**, a możliwość swobodnego obrotu wokół wiązania **C–C** powoduje, że cząsteczki mogą występować w różnej konformacji, tzn. są zdolne do przyjmowania różnych kształtów



**butan**,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$



w konformacji **naprzemianległej**  
(antiperiplanarnej)

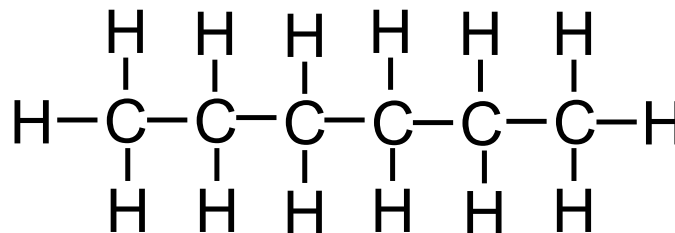
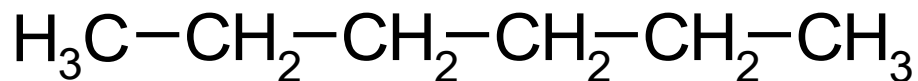
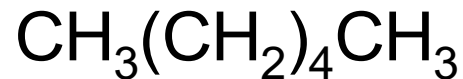
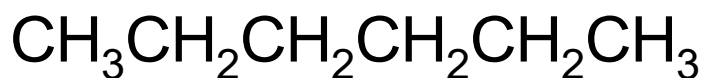
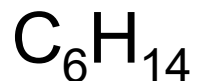


**naprzeciwległej**

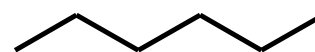
Wraz ze wzrostem długości łańcucha węglowodorowego rośnie możliwość przyjmowania przez cząsteczkę jeszcze bardziej zróżnicowanych kształtów. Taka różnorodność kształtów występuje w roztworze i w stanie gazowym, przy czym **największa jest populacja konformerów najtrwalszych**

W stanie krystalicznym cząsteczki przyjmują zwykle jednolity kształt

Różnorodność wzorów, np. dla *n*-heksanu:



forma szkieletowa



**heksan**

## Homologi

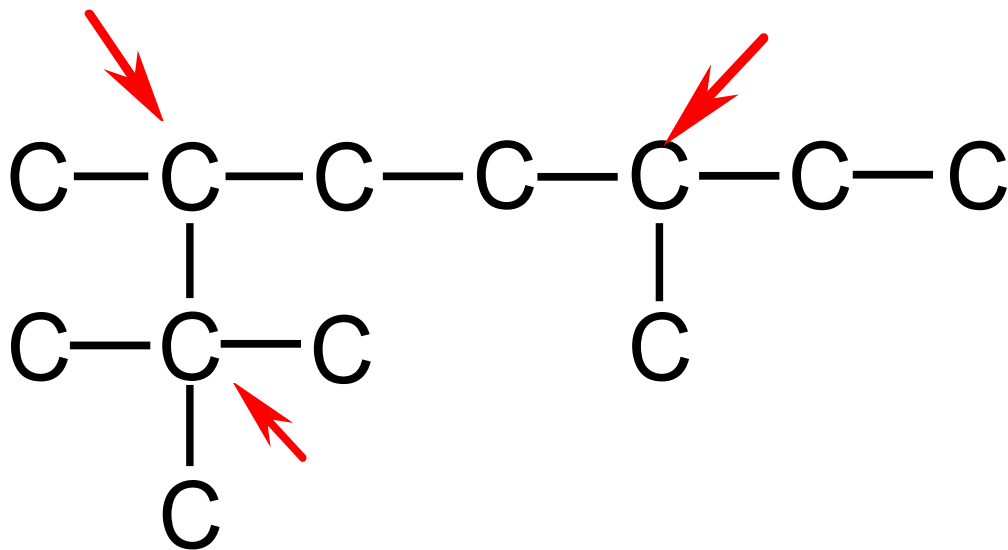
Związki organiczne różniące się od innych jednostką **-CH<sub>2</sub>**

**Wszystkie alkan** są **homologami metanu** i każdego innego *alifatycznego węglowodoru nasyconego*



## Izoalkany – węglowodory nasycone rozgałęzione

W węglowodorach rozgałęzionych jeden lub więcej atomów **C** łączy się z więcej niż z dwoma atomami **C**, w wyniku czego w takim miejscu łańcucha węglowodorowego tworzy się rozgałęzienie



## Nomenklatura alkanów

Dla pierwszych 4 *alkanów* – od  $C_1$ ÷ $C_4$  używa się nazw zwyczajowych

**metan** (1)

**etan** (2)

**propan** (3)

**butan** (4)

Nazwy *alkanów* od  $C_5$  wzwyż tworzy się poprzez dodanie końcówki „**n**” do liczebników greckich lub łacińskich, np.:

**pentan** (5) **heksan** (6) **heptan** (7) **oktan** (8) **nonan** (9) **dekan** (10)

**undekan** (11); **dodekan** (12); **tridekan** (13); **tetradekan** (14) ...

**ejkozan** (20); **henejkozan** (21); **dokozan** (22); **trikozan** (23) ...

**triakontan** (30); **hentriakontan** (31); **dotriakontan** (32) ...

normalne *alkany prostolańcuchowe* – *n-alkany*

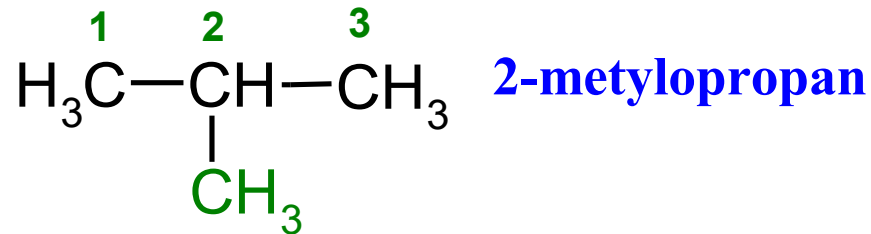
np.: *n*-butan, *n*-pentan, *n*-nonan (*n*- $C_4H_{10}$ , *n*- $C_5H_{12}$  czy *n*- $C_9H_{20}$ )

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$   
butan (*n*-butan)

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$   
pentan (*n*-pentan)

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$   
nonan (*n*-nonan)

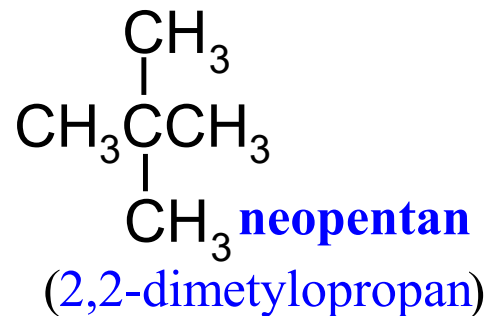
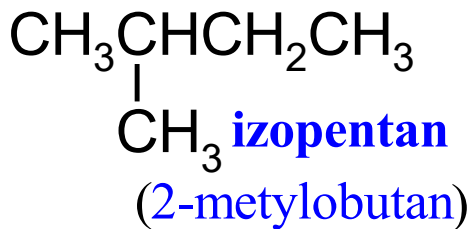
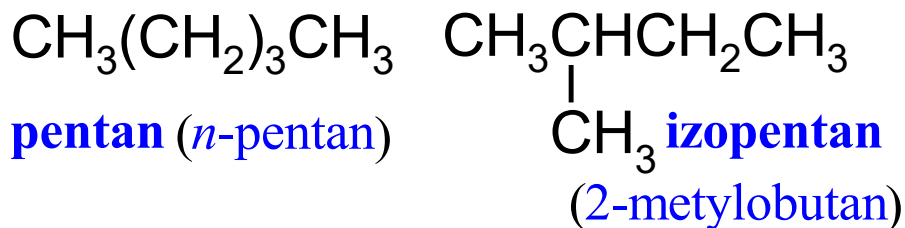
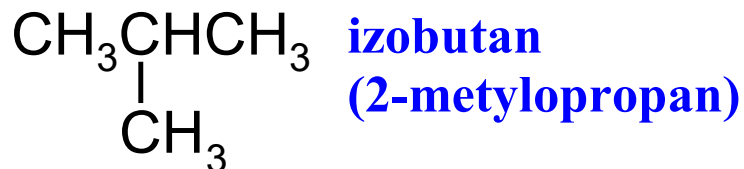
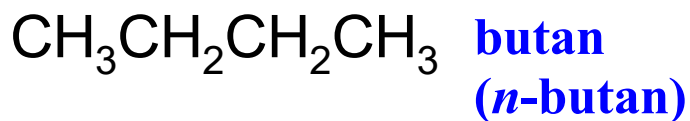
W węglowodorach rozgałęzionych dodajemy **lokanty**



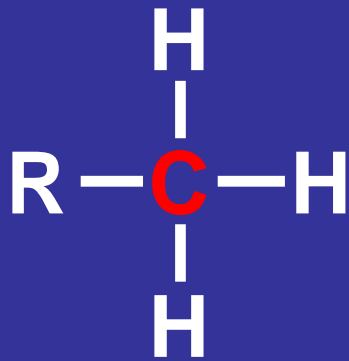
Węglowodory rozgałęzione są **izomerami** węglowodorów normalnych

Heksan może występować w postaci **5 izomerów konstytucyjnych**, oktan ma ich **18**, a dekan aż **75**; wraz ze wzrostem liczby atomów C w łańcuchu, liczba możliwych izomerów gwałtownie wzrasta

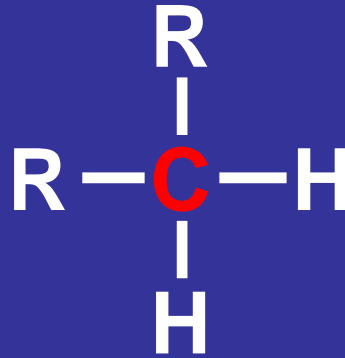
Izomery *węglowodorów* zawierających do **5** atomów węgla mogą być rozróżniane za pomocą specjalnych przedrostków: *izo-*, *sec-*, czy *neo-*, w skrócie *i-*, *s-* lub *t-*



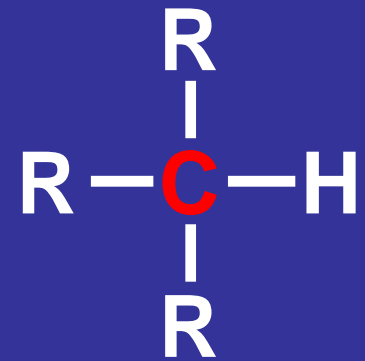
# Rzędowość atomu węgla



1<sup>o</sup> atom węgla



2<sup>o</sup> atom węgla



3<sup>o</sup> atom węgla

## Alkil

Reszta *alkanu* po formalnym oderwaniu jednego atomu wodoru nosi nazwę **alkilu** lub grupy (reszty alkilowej) – **to nie jest rodnik!**

Nazwę **alkilu** tworzy się z nazwy *alkanu* poprzez zamianę przyrostku „-an” na „-yl” lub „-il” (po spółgłoskach g, k i l):

metyl ( $\text{CH}_3\text{-}$ ) od metanu

etyl ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-}$ ) od etanu,

izobutyl [ $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{-}$ ] od izobutanu,

*tert*-butyl [ $(\text{CH}_3)_3\text{C-}$ ] od izobutanu

W nazwie dekan spółgłoska „k” zostaje zamieniona na „c”, np.

decyl ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_2\text{-}$ ) od dekanu,

# Nomenklatura systematyczna wg IUPAC

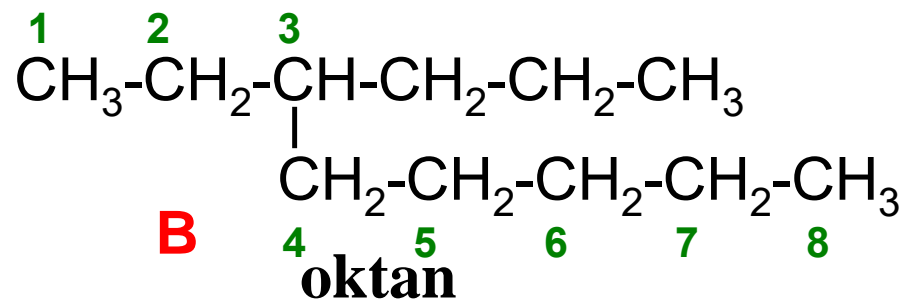
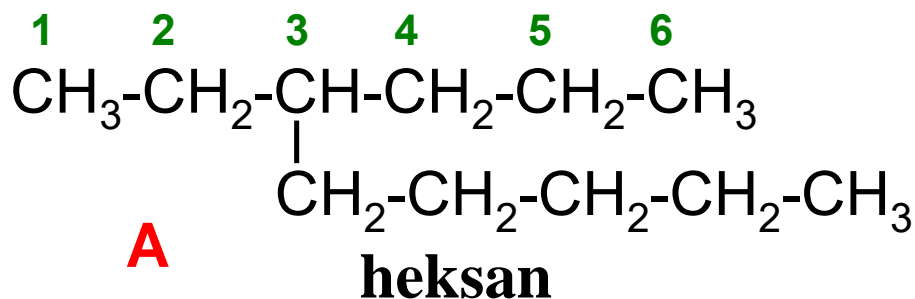
**Jednolite zasady nazywania związków organicznych** są b. ważne, ponieważ trzeba tak jednoznacznie nazywać miliony indywidualów chemicznych, żeby każdy specjalista był w stanie zorientować się o jaki związek chodzi

Tworzenie zasad nazewnictwa (**nomenklatury**) zostało powierzone **Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej**, w skrócie **IUPAC** (*ang.* International Union of Pure and Applied Chemistry)



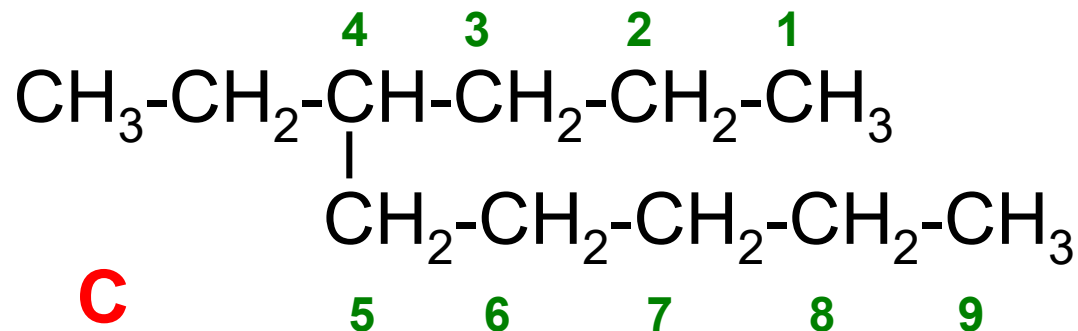
## Nomenklatura alkanów rozgałęzionych wg IUPAC

najdłuższy łańcuch (*łańcuch główny*) będzie podstawą nazwy rdzenia



**A i B nieprawidłowo** dobrane łańcuchy główne

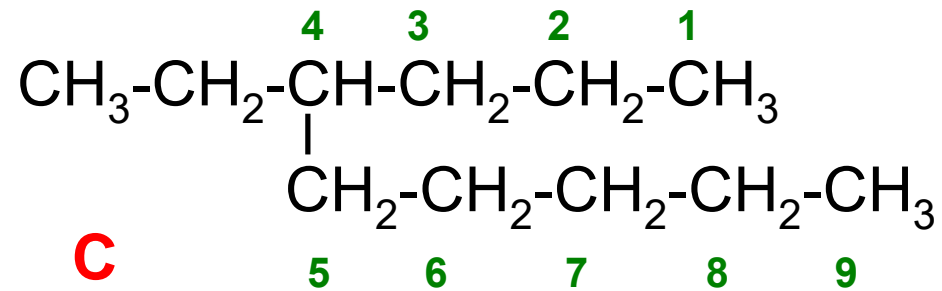
Lokant !



**prawidłowo** dobrany łańcuch główny – **nonan**

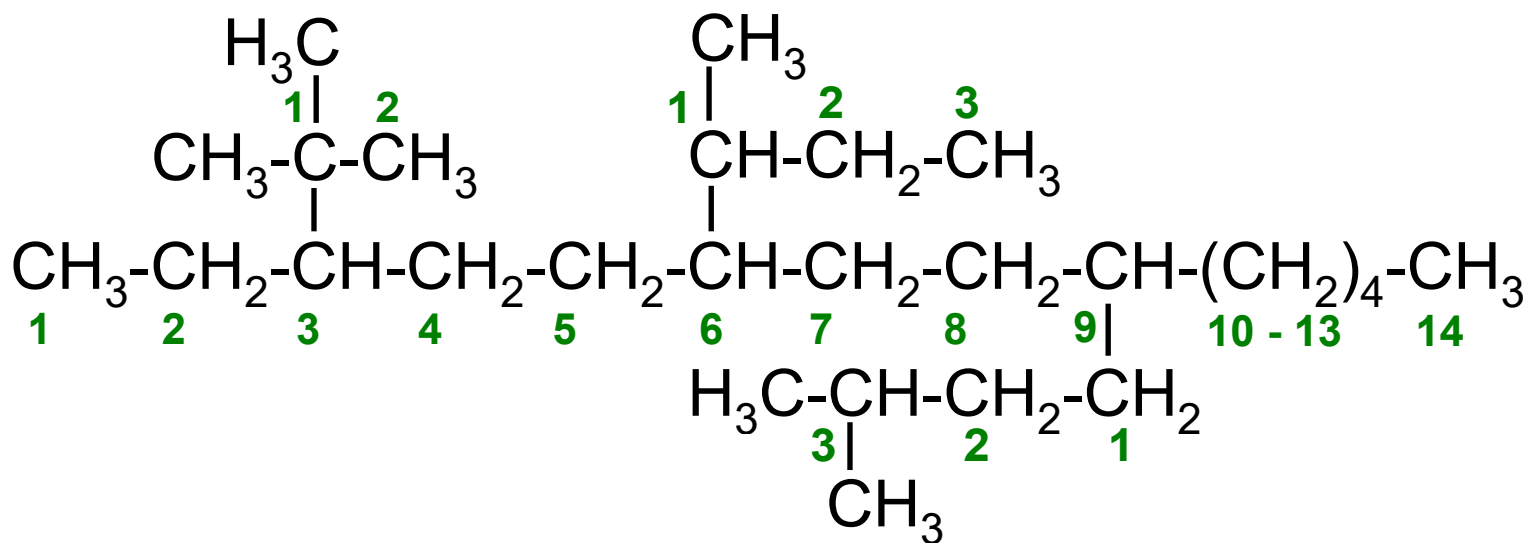
Właściwa nazwa *węglowodoru*: **4-etylononan**

**Lokanty** (liczby określające położenie podstawników w łańcuchu – numery atomów) należy tak przypisywać, żeby podstawnik (grupa funkcyjna) otrzymał możliwie najniższą wartość



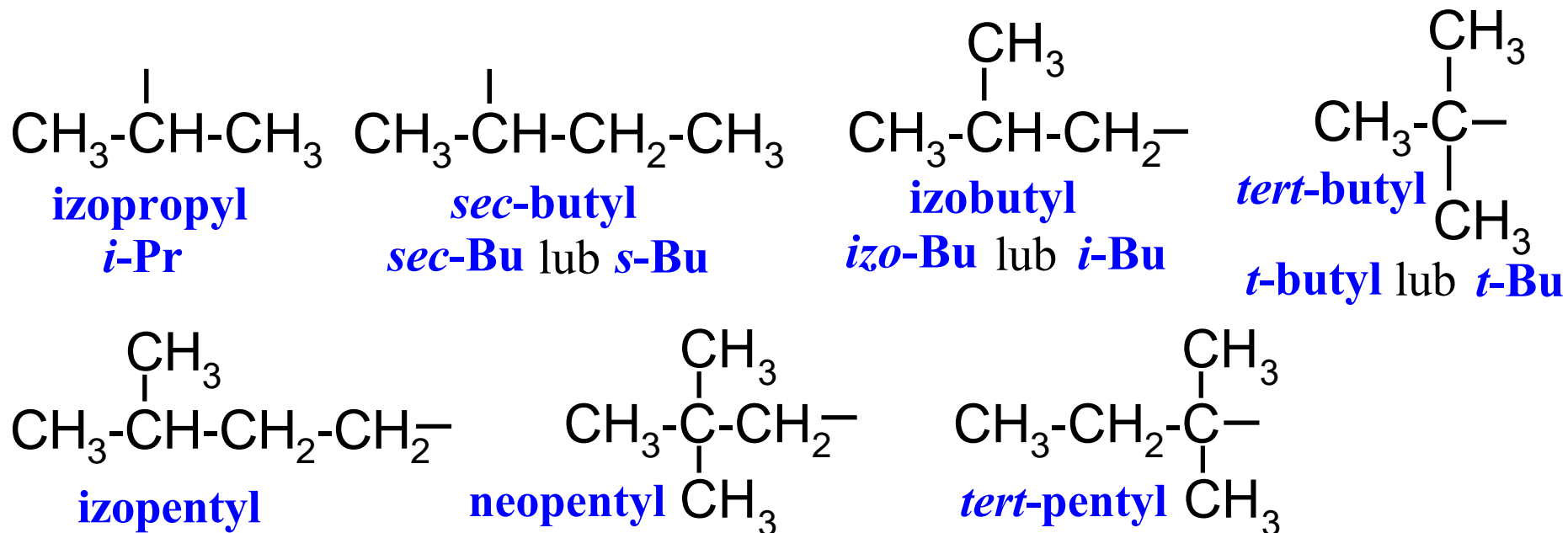
We wzorze **C**, w którym numeracja atomów węgla jest prawidłowa – **etyl** znajduje się przy czwartym atomie węgla, otrzymuje **lokant 4**, wobec czego prawidłowa nazwa tego *węglowodoru* brzmi **4-etylononan**

Gdyby numerację zacząć od drugiego końca, to **etyl** byłby związany z szóstym atomem węgla, a *lokant 6* jest nieprawidłowy, gdyż **6 > 4**



## 9-(3-metylobutylo)- 3-(1,1-dimetyloetylo)- 6-(1-metylopropylo)tetradekan

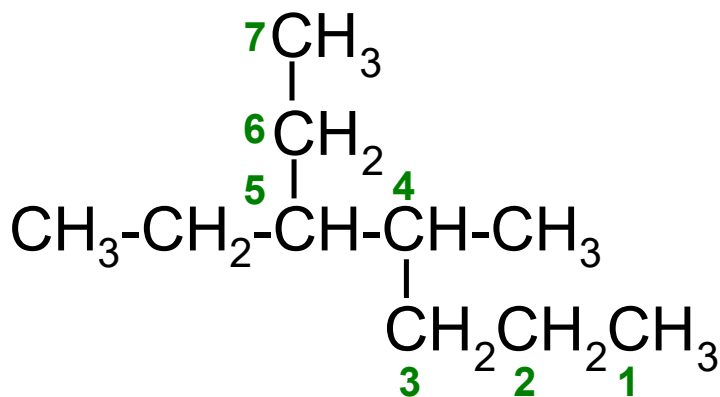
Dla prostszych podstawników przyjęto nazwy bez lokantów





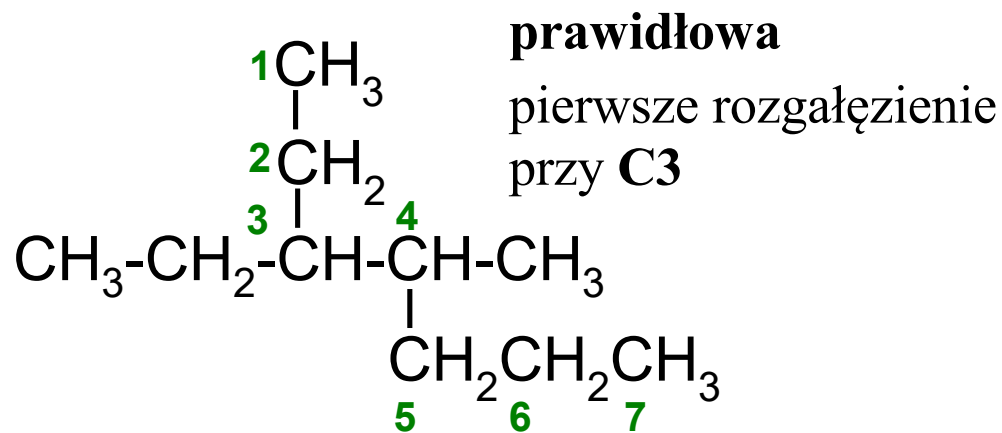
Jeżeli we wzorze *alkanu* znajduje się kilka łańcuchów bocznych, to atomy węgla w łańcuchu należy tak ponumerować, żeby pierwsze rozgałęzienie otrzymało najniższy z możliwych lokantów

przypisanie lokantów (numeracja atomów C)



**nieprawidłowa**

pierwsze rozgałęzienie  
przy C4



**prawidłowa**

pierwsze rozgałęzienie  
przy C3

**3-etylo-4-metyloheptan**



# Źródła alkanów

**ropa naftowa** (duża różnorodność, od gazowych poprzez ciekłe do stałych);

**gaz ziemny** (*gaz suchy* – **metan**,

*gaz mokry* – **metan** + **etan**, **propan** i **butan**);

**hydrat metanu** ( $\text{CH}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ );

**łupki bitumiczne** (zawierają **10-15%** *związków organicznych*, wydobywa się je przez wytłewanie);

**produkty wytłewania węgla** (niskotemperaturowa piroliza węgla kopalnego);

**synteza chemiczna** (dowolne węglowodory, stosowana w przemyśle)

## **Fracje ropy naftowej (tw. °C, zawartość atomów C w cząsteczkach)**

*eter naftowy (30-40, C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>);*

*ligroina lub benzyna lekka (60-100, C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub>);*

*benzyna lub gazolina (40-200, C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>);*

*nafta lub paliwo odrzutowe (175-320, C<sub>11</sub>-C<sub>18</sub>);*

*olej napędowy (paliwo dieslowe), olej lekki (o. opałowy) (>275, C<sub>15</sub>-C<sub>25</sub>)*

*Mazut;*

*oleje smarowe (trudno lotne składniki);*

*wosk parafinowy lub wazelina;*

*asfalt lub gudron (pozostałość po destylacji);*

*koks naftowy (produkt pirolizy pozostałości po destylacji)*

## Wykorzystanie alkanów - przykłady

**Metan** – główny składnik gazu ziemnego stanowi jeden z najważniejszych nośników energii, jest też szeroko wykorzystywany w przemyśle m.i. do produkcji amoniaku (nawozów syntetycznych), wodoru, **etynu** i wielu innych masowych produktów

Mieszanka **propanu** i **butanu** znana jest jako – *gaz płynny*, gdyż pod wpływem podwyższonego ciśnienia łatwo ulega skropleniu i może być w tej postaci transportowana i przechowywana w niskociśnieniowych butlach

**Propan/butan** stosowany jest jako źródło ciepła w gospodarstwach domowych, które nie są podłączone do gazociągów, również jako paliwo samochodowe, ponieważ spaliny silników napędzanych tą mieszanką zawierają mniej szkodliwe składniki

Oba *węglowodory* stanowią cenny surowiec do wytwarzania ważnych półproduktów przemysłu chemicznego, np. **propenu**, **butenów** i **buta-1,3-dienu**

*Pentany do dekanów* są głównymi składnikami **benzyny**, popularnego paliwa samochodowego zasilającego silniki iskrowe; najwięcej znajduje się w niej *heptanów* i *oktanów*

Jakość benzyny jako paliwa silnikowego (odporność przeciwstukową) określa się za pomocą *liczby oktanowej*;  
złe właściwości przeciwstukowe (niską **LO**) mają *n-alkany*, znacznie lepsze *izoalkany* (*alkany* rozgałęzione), *cykloalkany* i *areny*

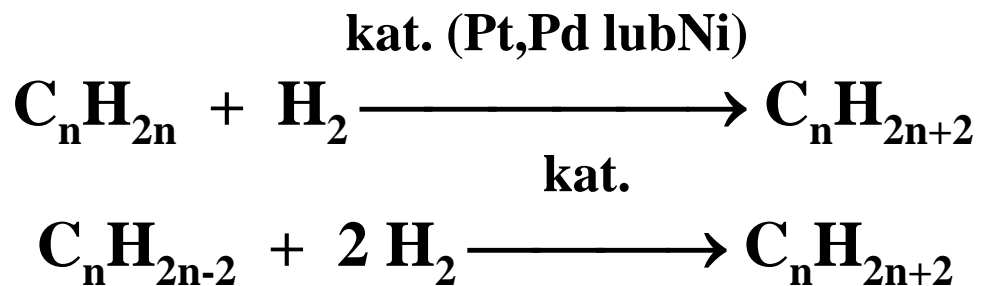
Za wzorzec paliwa niskooktanowego przyjęto *n-heptan* i przypisano mu wartość **0**, a *izooktanowi* – *2,2,4-trimetopentanowi* – wartość **100**;

*Liczba oktanowa* jest to wartość określająca właściwości danej benzyny, zapewniającej podobne właściwości przeciwstukowe, jak odpowiednia mieszanka *n-heptanu* i *izooktanu*,

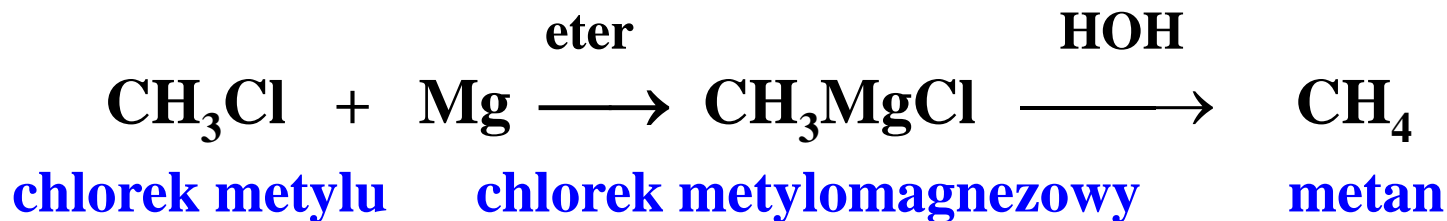
np. silnik zasilany benzyną 90-oktanową pracuje tak, jak na paliwie składającym się z **90%** *izooktanu* i **10%** *n-heptanu*

# Synteza alkanów

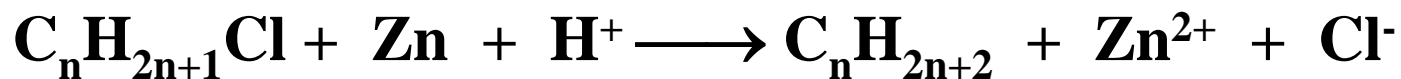
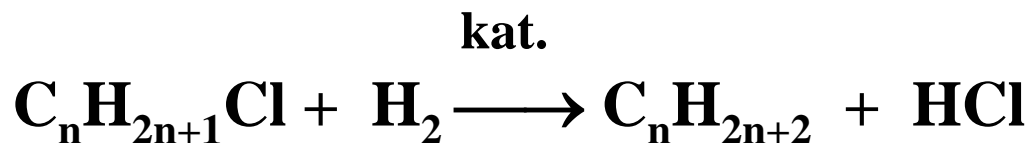
## Uwodornienie alkenów lub alkinów



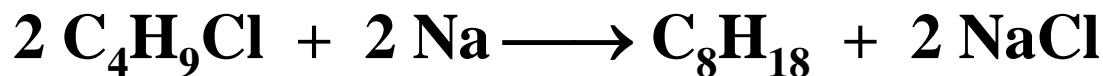
## Hydroliza związków Grignarda



## Redukcja halogenków alkilowych



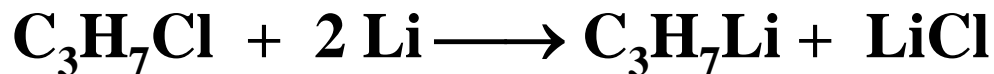
## Reakcja Würtza



chlerek *n*-butylu

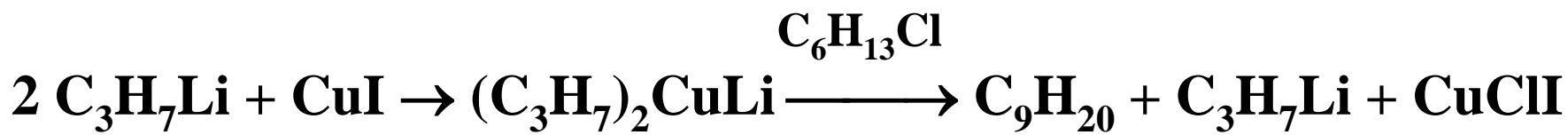
*n*-oktan

## Wykorzystanie odczynników Gilmana



chlerek propylu

propylolit



propylolit

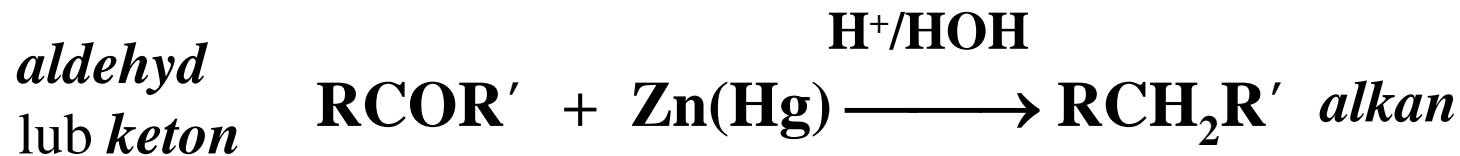
dipropylomiedzian(I) litu

nonan

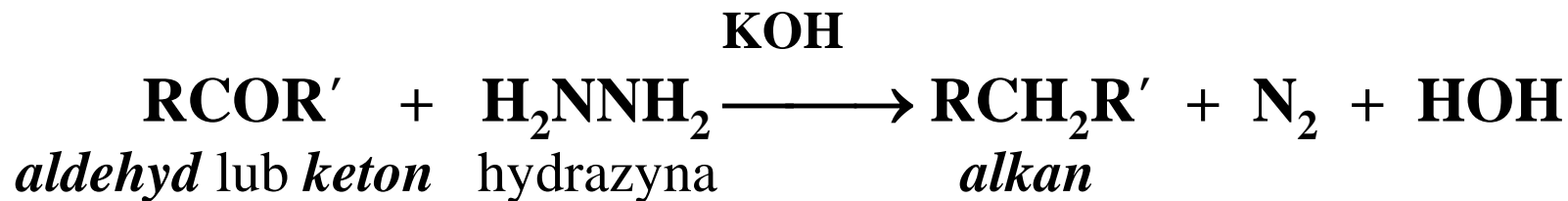
(odczynnik Gilmana)

# Redukcja aldehydów i ketonów

## a/ reakcja Clemmensen



## b/ reakcja Wolffa-Kiznera



# Właściwości fizyczne alkanów

**Temperatura wrzenia (tw.)**

*Alkany* od  $C_1 \div C_4$  i rozgałęziony **neopentan** –  $(CH_3)_4C$  są gazami w t.p.

*Alkany* od *n*-pentanu (tw.  $36^\circ C$ ) i *izopentanu* (tw.  $28^\circ C$ ) do *n*-heptadekanu (tw.  $302^\circ C$ , a tt.  $22^\circ C$ ) są cieczeniami

Rozgałęzienia obniżają temperaturę wrzenia izomerów

Z wyjątkiem kilku niższych *alkanów* tw. *węglowodorów* zwiększają się o około  $20-30^\circ C$  przy wzroście łańcucha o grupę  $CH_2$

Od *n*-oktadekanu (tt.  $28^\circ C$ ) zaczynają się ciała stałe; stałe *węglowodory* to *parafina*, a wyższe ciekłe – *olej parafinowy*

## Rozpuszczalność

*Alkany* są bardzo hydrofobowe, nie mieszają się z wodą, nie są zwilżane przez wodę i nie są w niej rozpuszczalne

Łatwo rozpuszczają się w niepolarnych, niskopolarnych i średnio-polarnych rozpuszczalnikach organicznych

W **metanolu** rozpuszczają się w ograniczonym zakresie; przy większych stężeniach następuje rozdzielenie się warstw

W **etanolu** niższe *alkany* rozpuszczają się łatwo, wyższe słabiej

## Palność

Wszystkie *węglowodory* są łatwopalne;

gazowe *węglowodory* i pary *węglowodorów* tworzą mieszanki wybuchowe z powietrzem

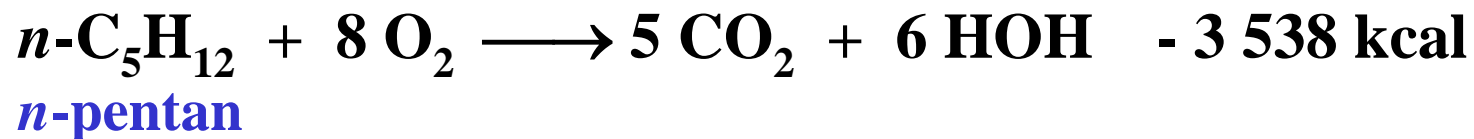
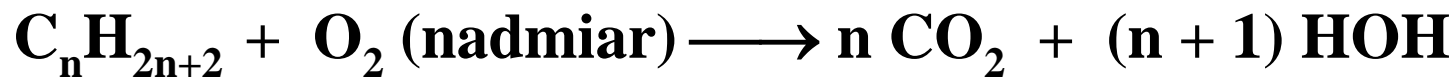
## Właściwości chemiczne alkanów (reaktywność)

*Alkany* są mało reaktywne, ponieważ ich cząsteczki nie zawierają reaktywnych grup funkcyjnych

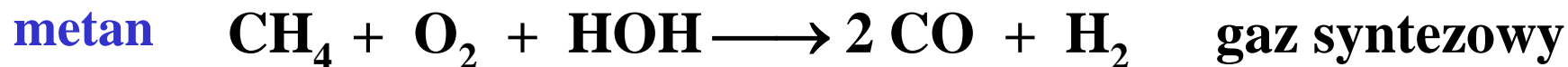
wiązania **C–C** i **C–H** są odporne na rozerwanie, ponieważ energia tych wiązań wynosi odpowiednio **88** i **104** kcal/mol

W pewnych warunkach mogą jednak reagować gwałtownie

## Spalanie

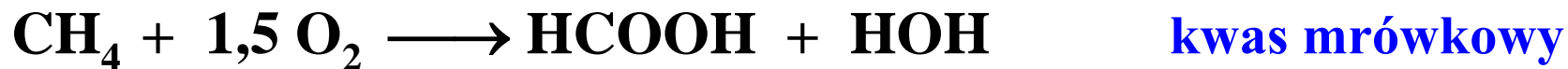


## Półspalanie

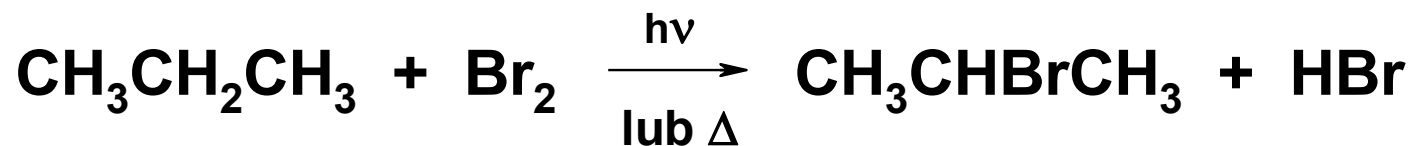


Zamiast *metanu* używa się też olejów odpadowych, wyższych frakcji naftowych, mazutu, asfaltu, a nawet węgla kamiennego czy koksu

## Niepełne spalanie



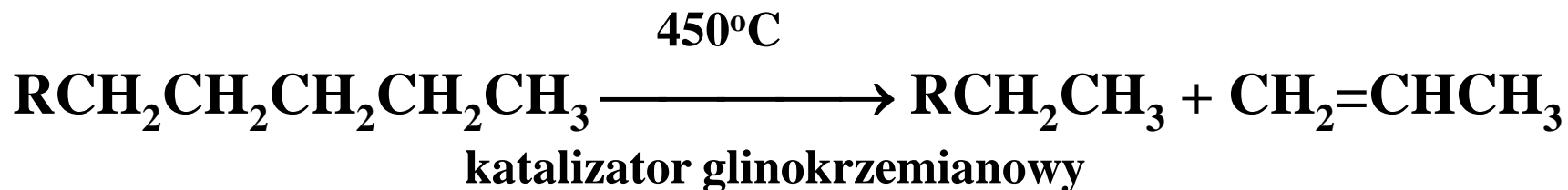
## Bromowanie



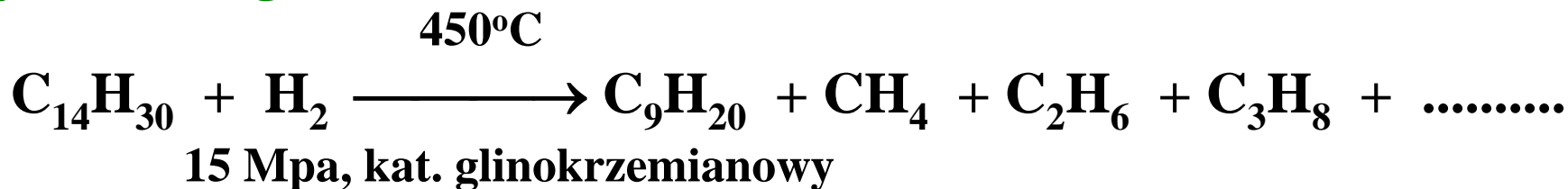
## Piroliza

*Alkany* pod wpływem wysokiej temperatury rozkładają się na mniejsze cząsteczki w procesach nazywanych **pirolizą**, **krakingiem** lub **hydrokrakingiem**; mogą też w tych warunkach ulegać **izomeryzacji**

## Kraking termiczny



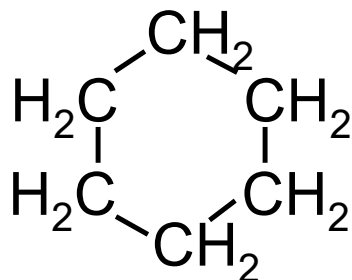
## Hydrokraking





## Cykloalkany (węglowodory alicykliczne)

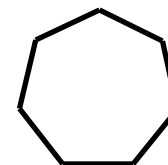
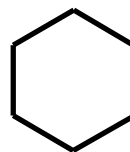
Łańcuchy węglowodorowe mogą zamykać się w pierścieniu tworząc związki cykliczne; *cykloalkany* niepodstawione złożone są z powtarzających się elementów  $-\text{CH}_2-$ ,



wzór sumaryczny  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  lub  $\text{c}(\text{CH}_2)_n$

„c” oznacza związki cykliczne:

Często przedstawiane są one za pomocą wieloboków foremnych



**cyklopropan**

**cyklobutan**

**cyklopentan**

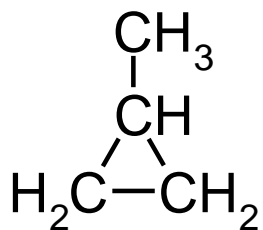
**cykloheksan**

**cykloheptan**

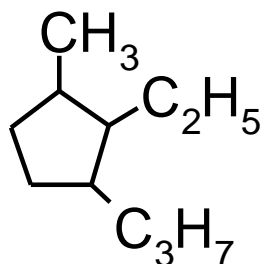
# Nomenklatura

Nazwy *cykloalkanów* tworzy się przez dodanie przedrostku „**cyklo**” do nazw *alkanów* zawierających taką samą liczbę atomów węgla w pierścieniu, np. **cyklopropan**, **cyklobutan**, ... **cyklodekan**, itd.

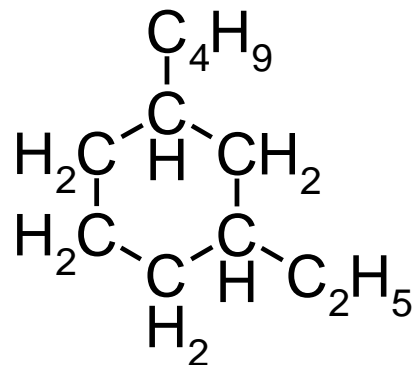
W nazwie wymienia się podstawniki przyłączone do pierścienia oznaczając miejsca przyłączeń możliwie najniższymi lokantami



**metylocyklopropan**

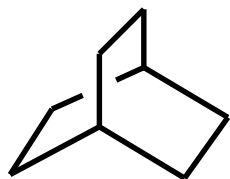


**2-etylo-1-metylo-3-propylocyklopentan**

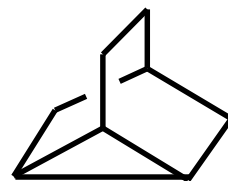


**1-butylo-3-etylocykloheksan**

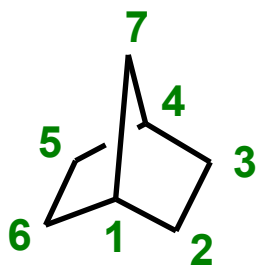
Znane są *cykloalkany dicykliczne* i *policykliczne*. Ich nazwy zaczynają się od podania liczby pierścieni: **bicyklo-**, **tricyklo-**, itd.



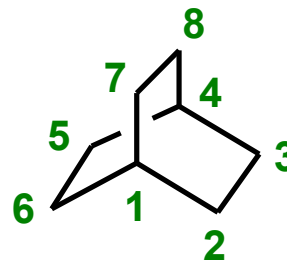
**bicyklooktan**



**tricyklooktan**



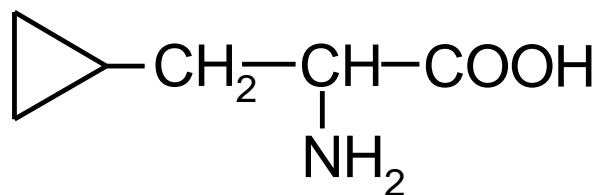
**bicyklo[2.2.1]heptan**  
(*norbornan*)



**bicyklo[2.2.2]oktan**  
(*nortricyklan*)

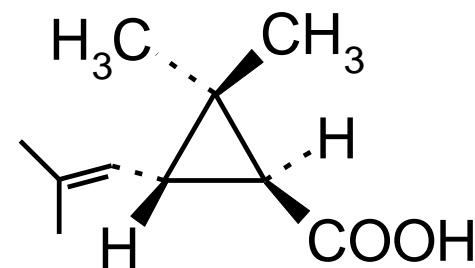
## Występowanie i otrzymywanie

*Cykliczne alkany* nie występują w naturze, natomiast w wielu związkach naturalnych znajdują się alicykliczne ugrupowania



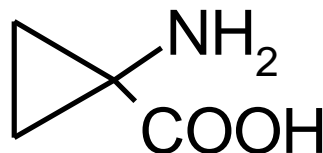
**hipoglicyna A**

występuje w owocach



**kwas chryzantemowy**

naturalny pestycyd

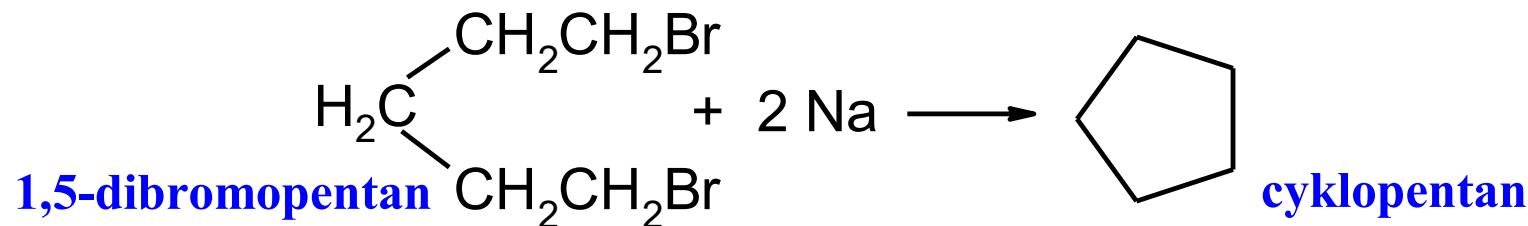
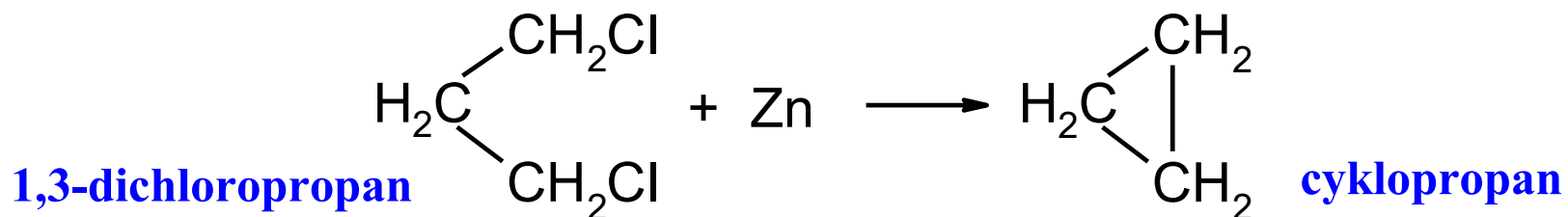


**kwas 1-aminocyklopropanokarboksylowy**

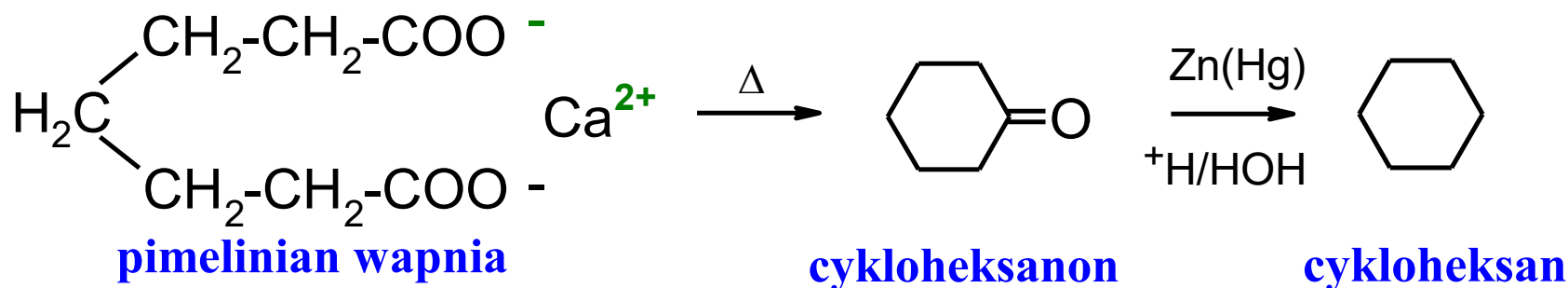
# Otrzymywanie

Najłatwiejsze w syntezie są cykliczne 5-członowe i 6-członowe cykloalkany

zarówno mniejsze (3- i 4-członowe), jak i większe (od 7-członowego w wzwyż)  
powstają z mniejszą wydajnością



Sole wapniowe kwasów 1,6-heksanowego lub 1,7-heptanowego w trakcie dekarboksylacji przekształcają się w odpowiednie *ketony*; *ketony* redukuje się do *alkanów* znanymi metodami, np. metodą Clemmensea)



W ten sposób nie da się otrzymać 3- ani 4-członowych pierścieni

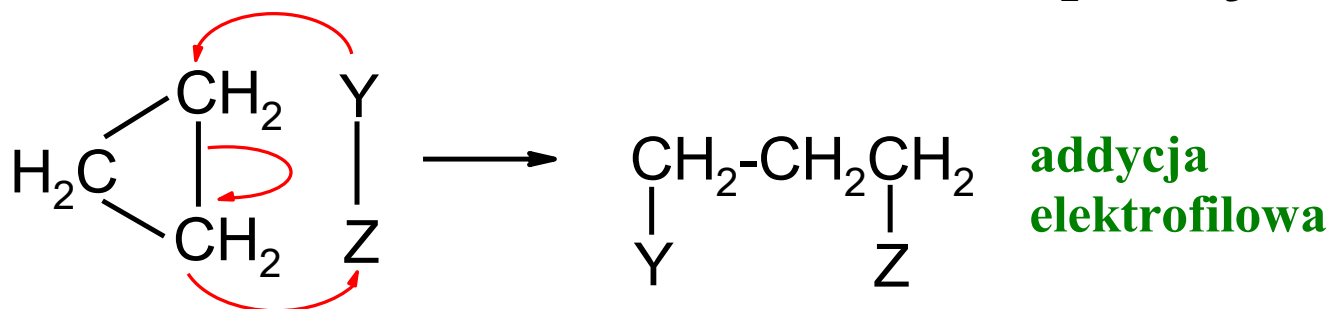
## Właściwości chemiczne

### Cyklopropan

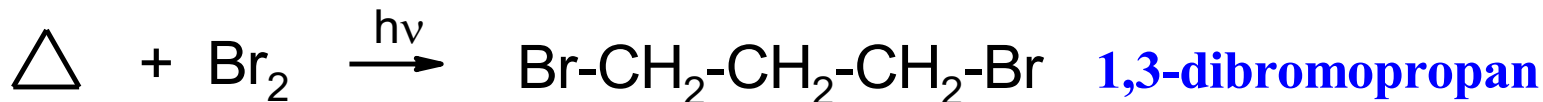
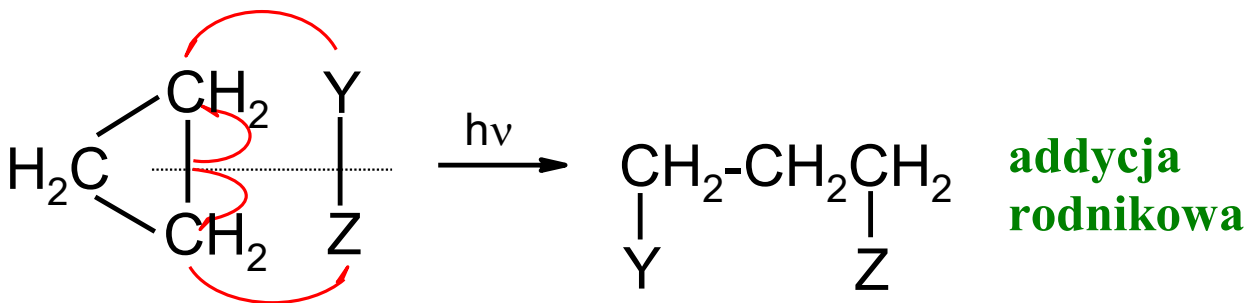
Niższe *cykloalkany* różnią się reaktywnością od ich wyższych homologów. Ich właściwości chemiczne od **cyklopentanu** wzwyż są bardzo zbliżone do *alkanów*

**cyklopropan** i **cyklobutan** zachowują się w niektórych reakcjach jak związki nienasycone, tzn. ulegają reakcjom **addycji** z równoczesnym otwarciem pierścienia

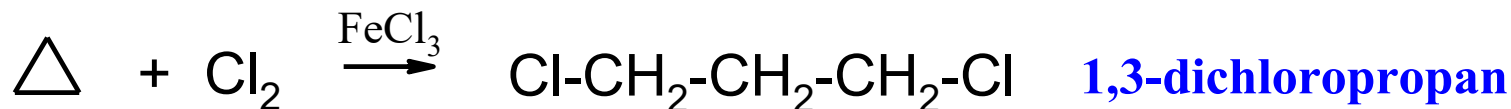
**Addycja** do **cyklopropanu** z równoczesnym rozerwaniem pierścienia może być mechanizmem elektrofilowym, np. z  $\text{Cl}_2/\text{FeCl}_3$



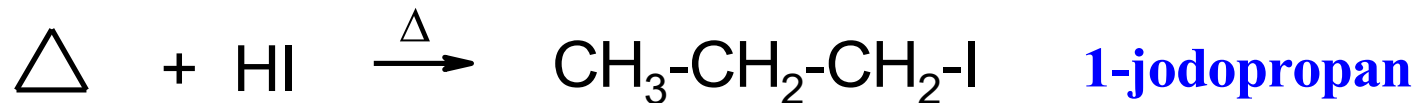
Do **rodnikowego przyłączenia** bromu dochodzi pod wpływem światła



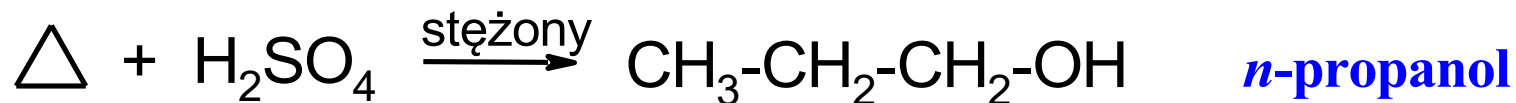
**Elektrofilowe przyłączenie** dokonuje się w obecności chlorku żelaza



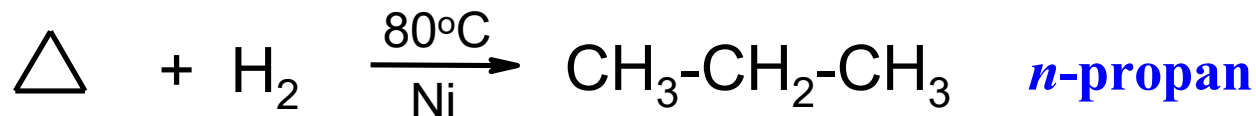
**Addycja** jodowodoru następuje w podwyższonej temperaturze



**Cyklopropan** rozrywa się również pod wpływem kwasu siarkowego



**Uwodornienie cyklopropanu** również otwiera pierścień

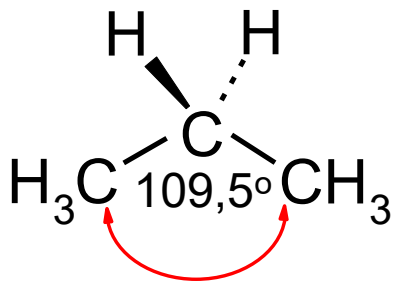


**Cyklobutan** jest mniej aktywny w tego typu reakcjach, nie ulega rozerwaniu pod wpływem chloru, bromu ani halogenowodorów

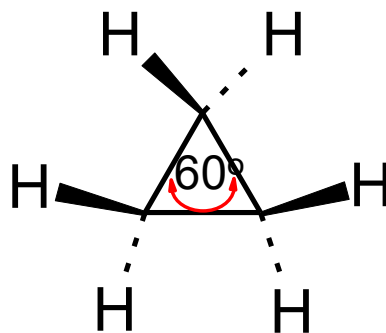
Jego uwodornienie następuje dopiero w temperaturze **120°C**

Jeszcze mniej reaktywne są *wyższe cykloalkany*; **cyklopentan** otwiera się w reakcji z wodorem dopiero powyżej **300 °C**

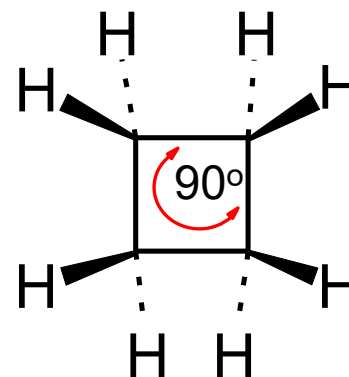
utworzenie pierścieni trój- i czteroczłonowych wymaga zniekształcenia wiązań, wygięcia ich w taki sposób, że kąt tetraedyczny ( $109,5^\circ$ ), typowy dla atomów  $C sp^3$ , zostaje zmniejszony odpowiednio do  $60^\circ$  lub  $90^\circ$



*n*-propan



cyklopropan



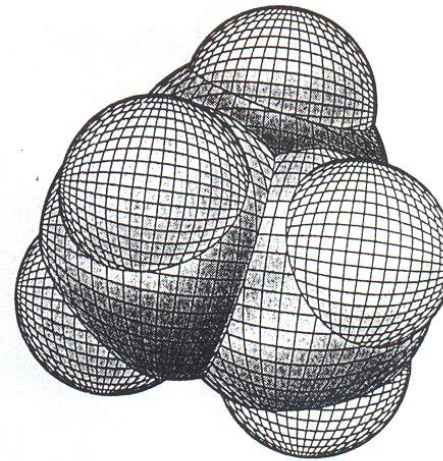
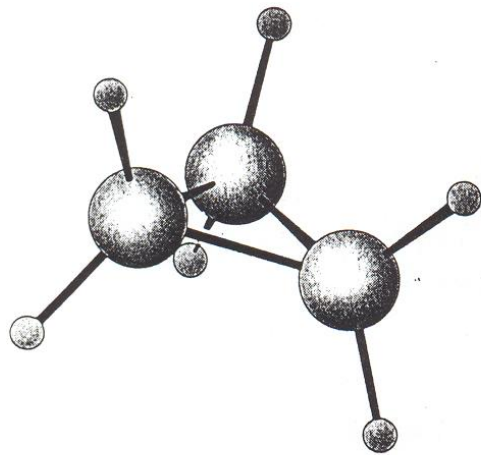
cyklobutan

Zmiana wymaga energii, o wartość której zmniejsza się energia wiązań; takie wiązania nazywane są naprężonymi

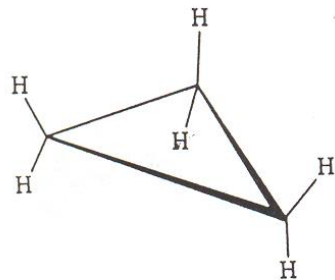
Oslabione wiązania łatwiej ulegają rozerwaniu, a do uwolnionych atomów  $C$  przyłącza się reagent

# Konformacje cykloalkanów

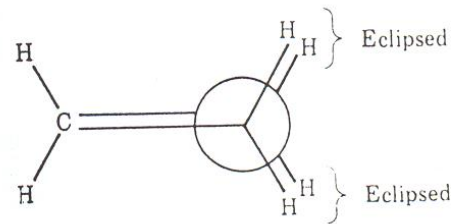
**Konformacja**; jednoznaczna trójwymiarowa struktura ( postać ) cząsteczki w dowolnym momencie, przy założeniu, że rotacja wokół pojedynczego wiązania jest zahamowana



(a)

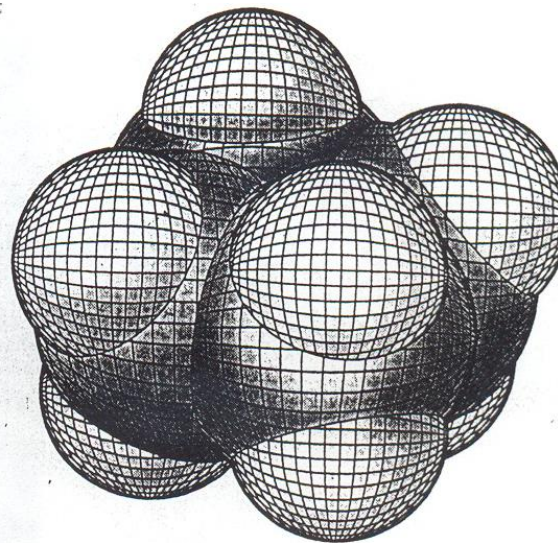
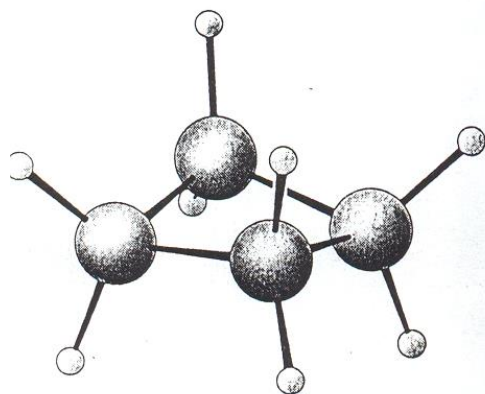


(b)

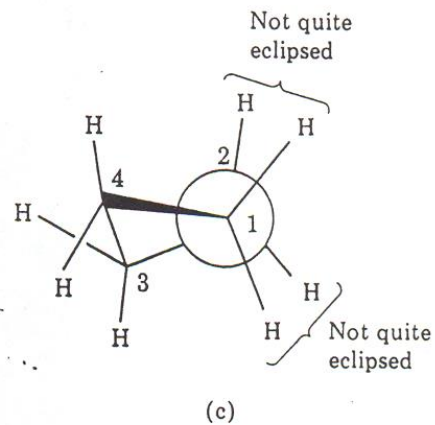
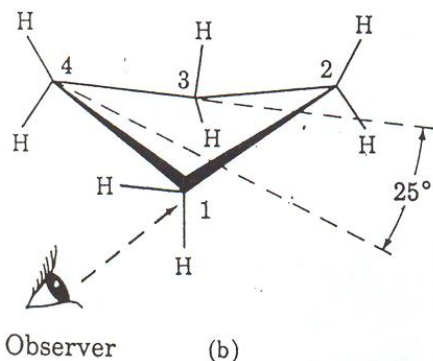


(c)

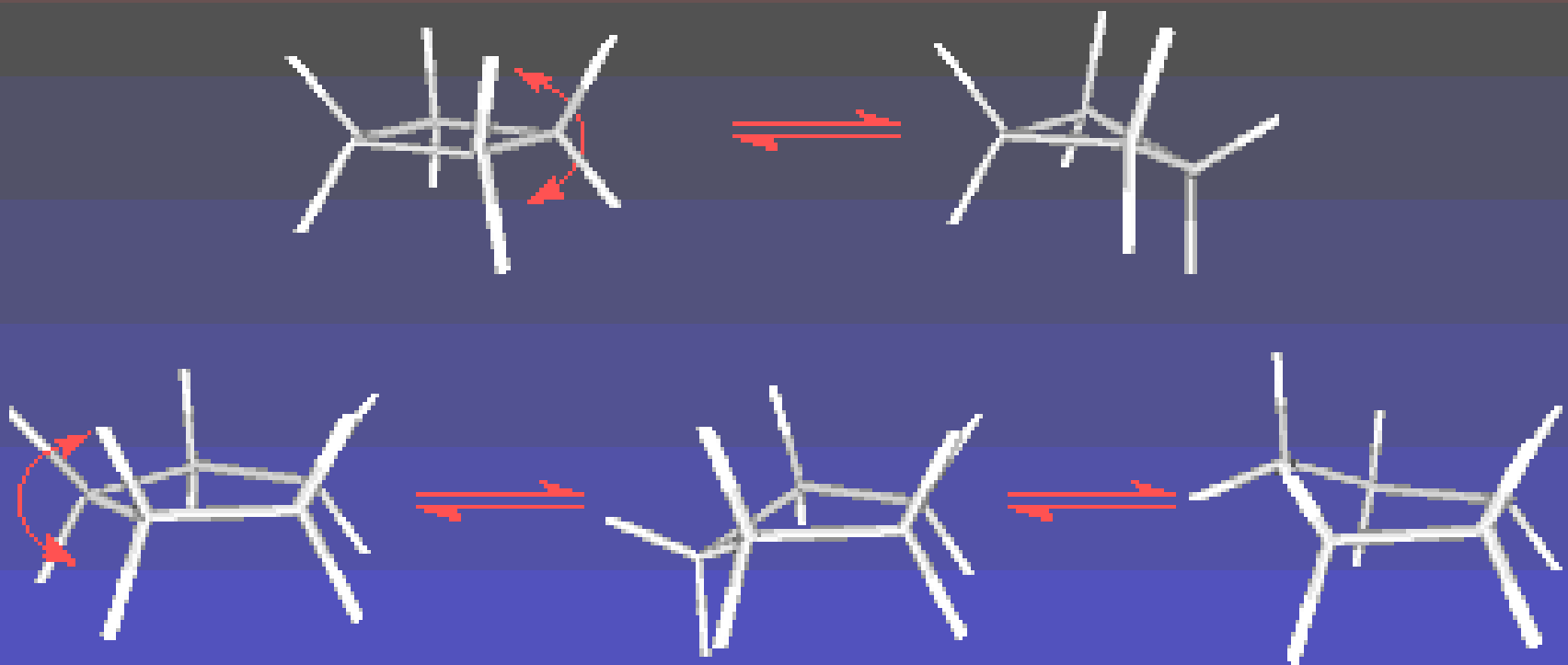
Konformacja **cyklopropanu** jest ustalona i nie ulega podobnym przemianom jak w związkach łańcuchowych, gdzie możliwy jest swobodny obrót wokół pojedynczych wiązań C-C; w **cyklopropanie** obrót wokół wiązania C-C może nastąpić w wyniku jego rozerwania



(a)

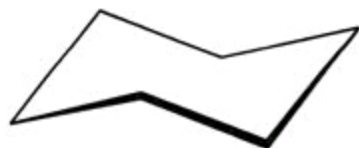


Podobnie konformacja cząsteczki **cyklobutanu** jest ustalona; atomy **H** na sąsiadujących atomach węgla układają się naprzeciwległe



Kąt wewnętrzny pięcioboku foremnego ( $108^\circ$ ) ma wartość zbliżoną do wartości kąta tetraedycznego, tak więc płaska cząsteczka **cyklopentanu** powinna być bez napięciowa. Jednak ciasno upakowane atomy w cząsteczce cyklopentanu odpychają się, deformują ją. Przez to nie jest ona zupełnie płaska i energia wewnętrzna cyklopentanu jest o 1,3 kcal wyższa niż w strukturach całkowicie beznapięciowych

**Cykloheksan** właściwościami chemicznymi przypomina raczej *alkany alifatyczne* niż niższe *cykloalkany*; jego pierścień nie jest płaski



krzesłowa



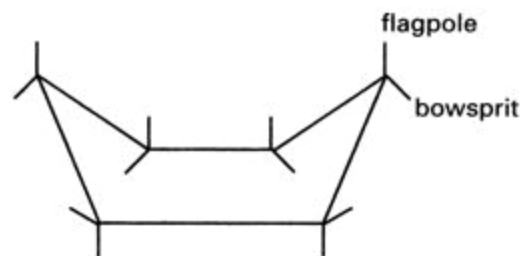
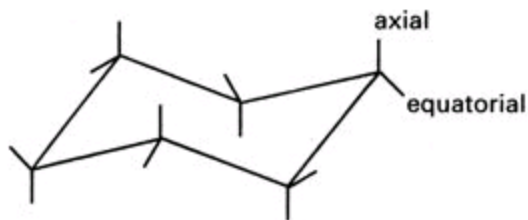
łódkowa



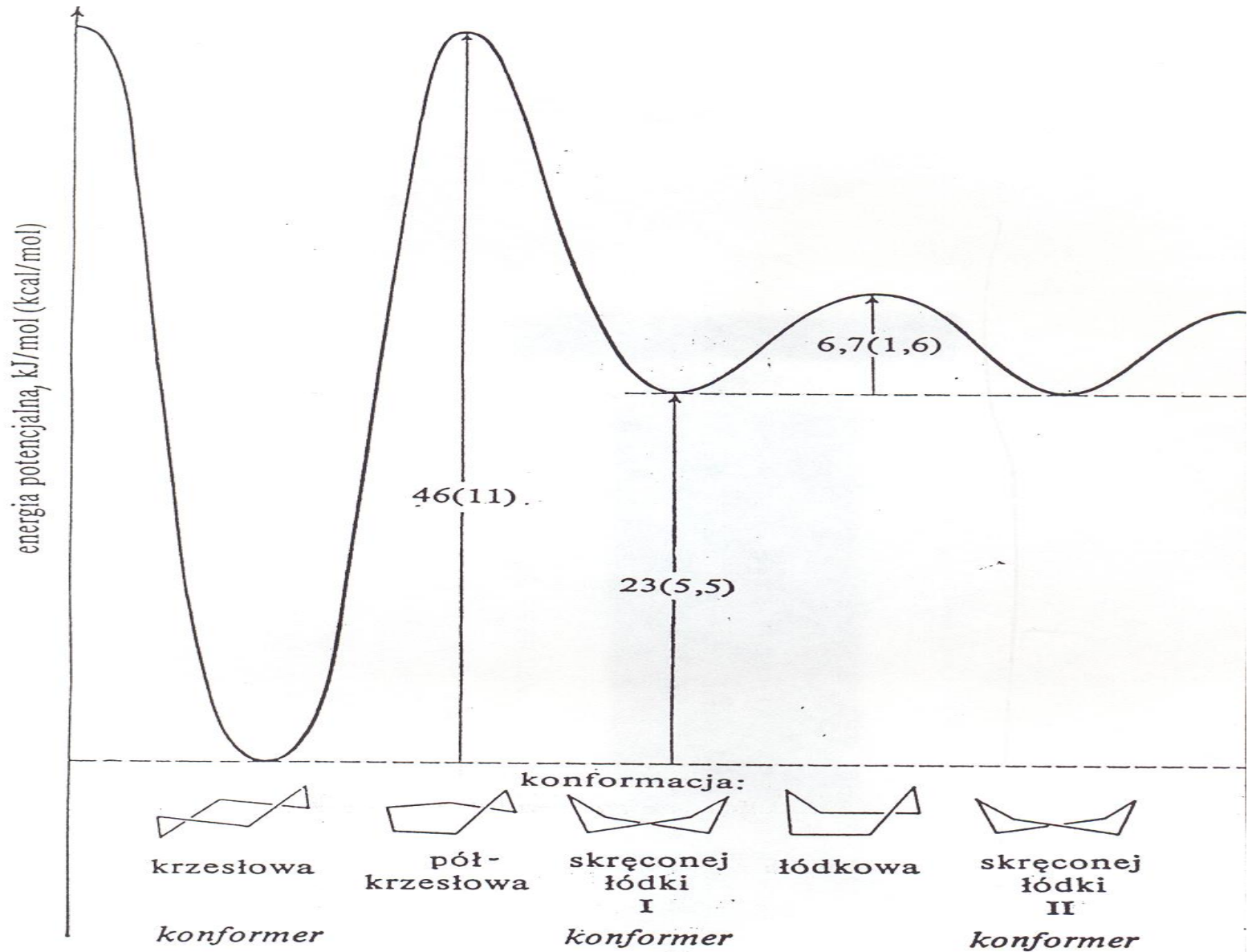
skręconej łódki



półkrzesłowa

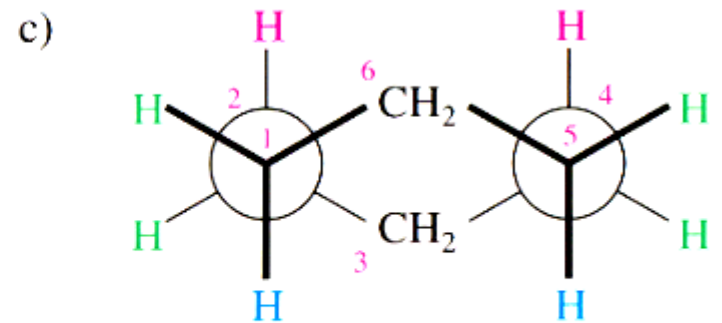
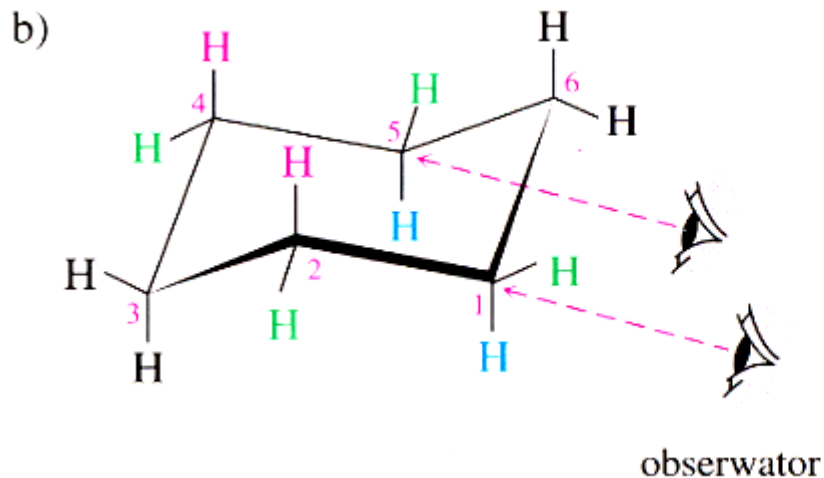


# Najbardziej trwała (o najniższej energii) jest konformacja krzesłowa



Rzeczywista cząsteczka **cykloheksanu** jest **mieszaniną konformerów będących w stanie równowagi dynamicznej**

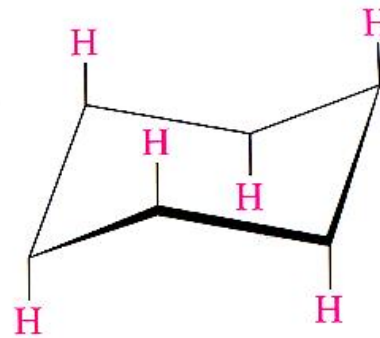
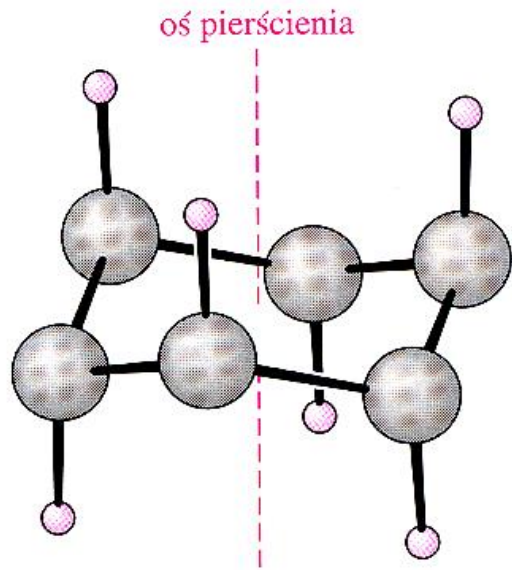
# Projekcja szkieletu węglowego konformeru krzesłowego cykloheksanu



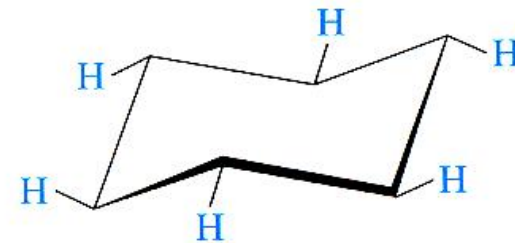
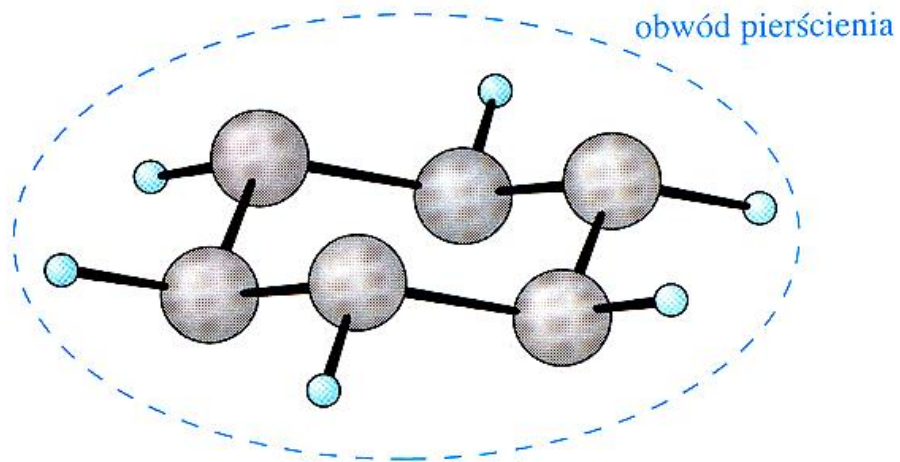
Obie połówki cząsteczki **cykloheksanu** mają taką samą konformację jak konformer synklinalny **n-butanu**

**Rys. 4.14** Wolna od naprężeń krzesłowa konformacja cykloheksanu. Wszystkie kąty między wiązaniami C—C—C wynoszą  $111,5^\circ$  (wartość bliska idealnej wartości  $109,5^\circ$  kąta tetraedycznego) i wszystkie sąsiadujące ze sobą wiązania C—H są naprzemianległe

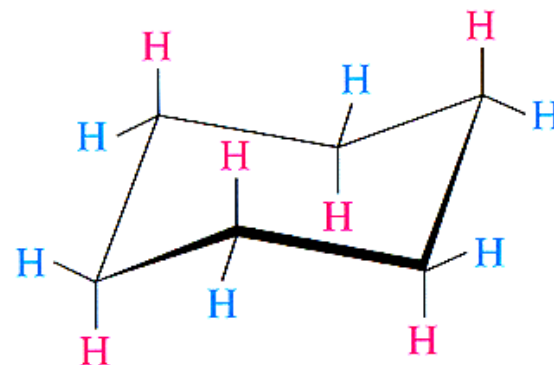
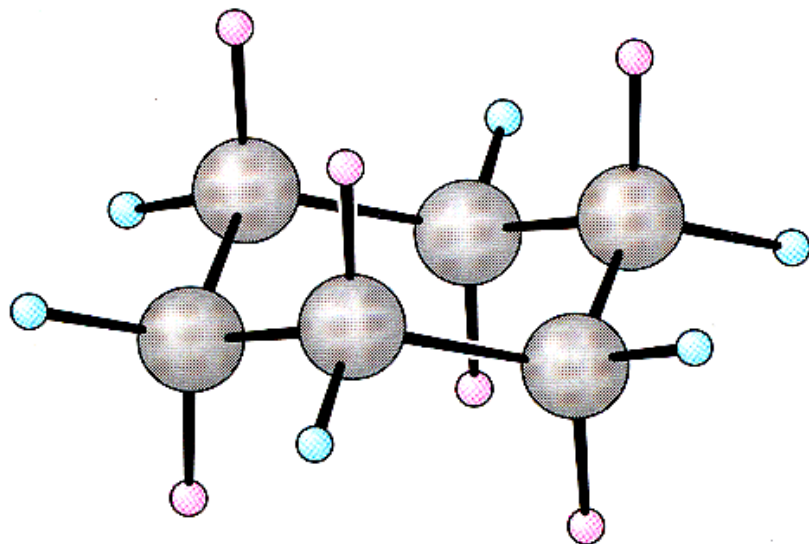
a) sześć *aksjalnych* atomów wodoru (równoległych do osi pierścienia)



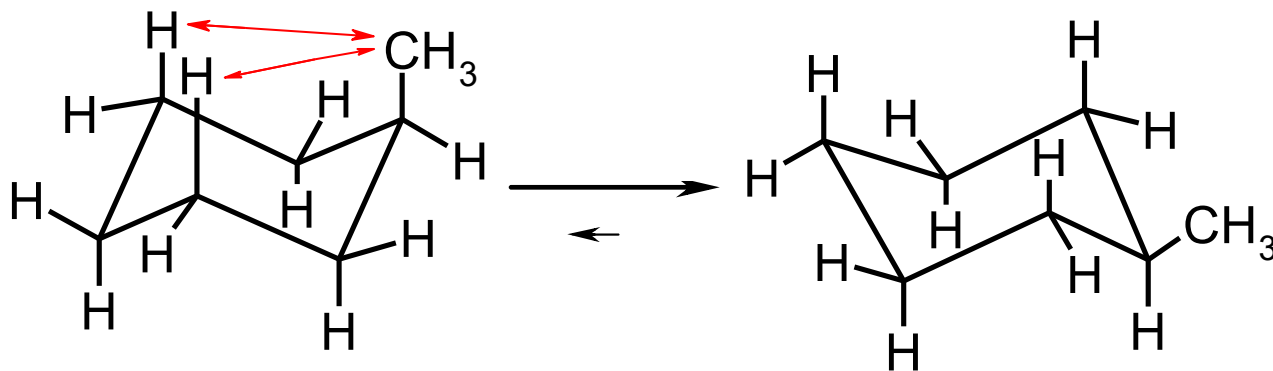
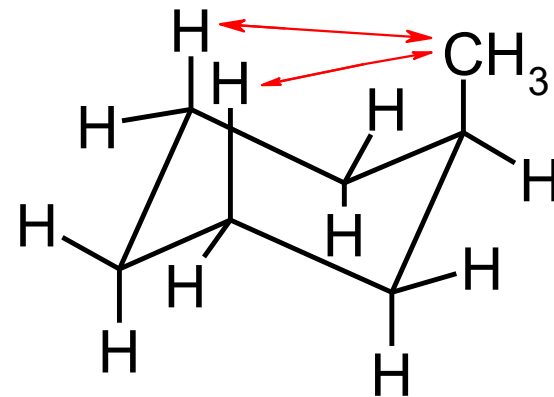
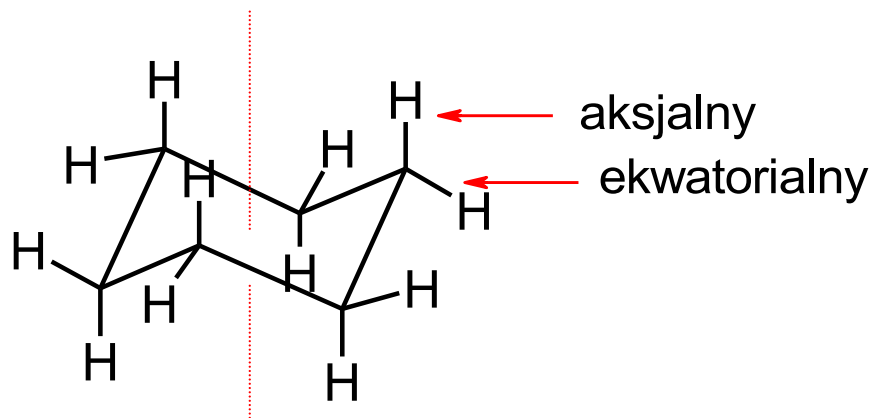
b) sześć *ekwatorialnych* atomów wodoru (wokół obwodu pierścienia)



c) cykloheksan krzesłowy ze wszystkimi atomami wodoru



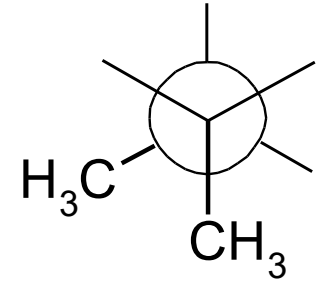
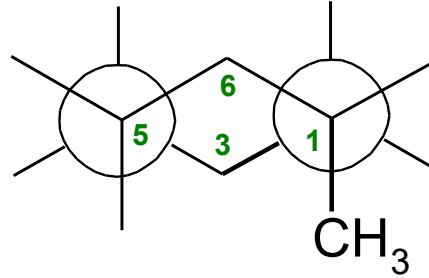
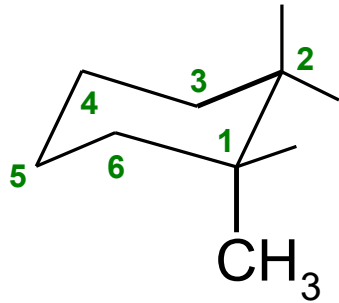
**Rys. 4.16** Aksjalne i ekwatorialne atomy wodoru w konformacji krzesłowej cykloheksanu. Sześć aksjalnych atomów wodoru ma wiązania równoległe do osi pierścienia, natomiast sześć ekwatorialnych atomów wodoru ma wiązania ułożone płasko w pasie otaczającym obwód pierścienia



Oba konformery znajdują się w równowadze dynamicznej

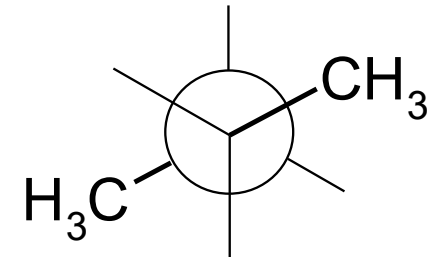
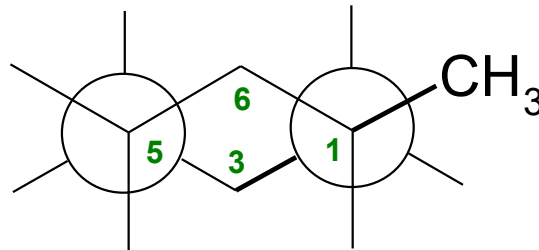
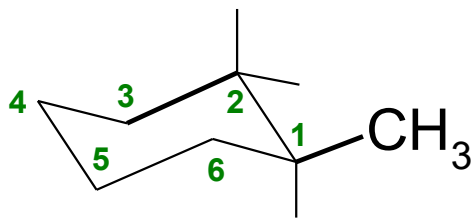
konformer, w którym większy podstawnik zajmuje pozycję aksjalną jest mniej trwały od tego z dużym podstawnikiem w pozycji ekwatorialnej

Duży podstawnik w pozycji akcyjalnej odpycha się również z grupą  $-\text{CH}_2-$  przy **C3**. Jest to podobny destabilizujący układ jak w synklinalnej konformacji *n*-butanu



grupa metylowa aksjalnie  
związana z **cykloheksanem**

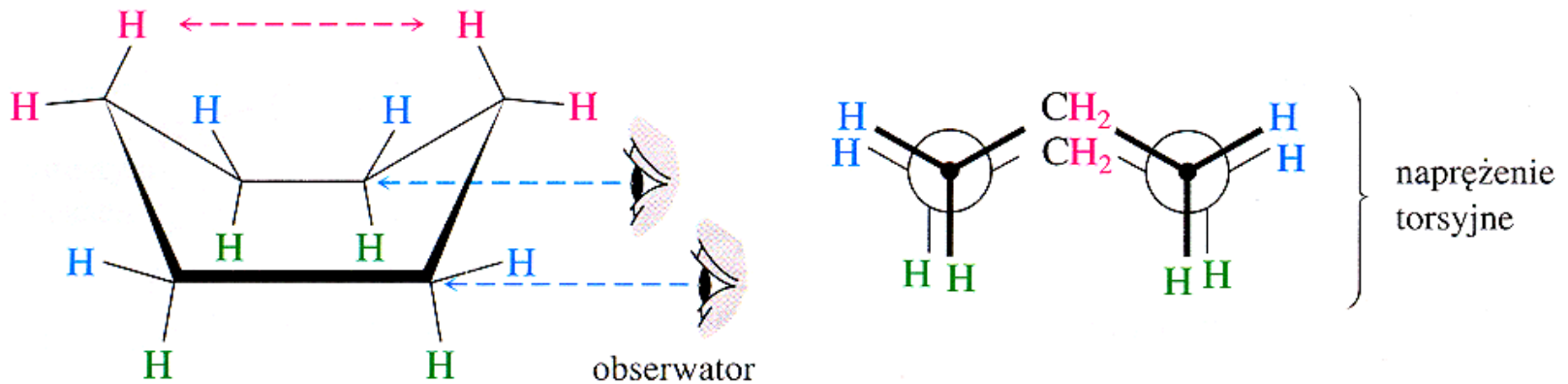
*n*-butan w konformacji  
synklinalnej



grupa metylowa ekwatorialnie  
związana z **cykloheksanem**

*n*-butan w konformacji  
naprzemianległej

napężenie steryczne atomów  
wodoru przy C1 i C4



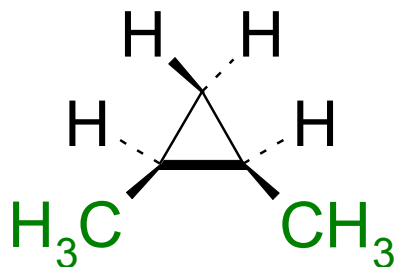
**Rys. 4.24** Konformacja łodziowa cząsteczki cykloheksanu. Obserwuje się w tej konformacji napężenie steryczne oraz napężenie torsyjne, natomiast nie obserwuje się napężenia kąowego

**Napężenie kąowe**; napężenie w cząsteczce spowodowane odchyleniem od kąta  $109^\circ$

**Napężenia steryczne**, napężenia powstające w cząsteczce gdy dwie grupy znajdują się zbyt blisko siebie i starają się zająć tę samą przestrzeń

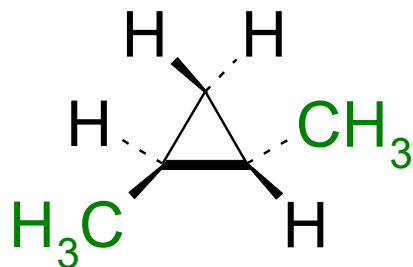
**Napężenia torsyjne**, rodzaj naprężeń w cząsteczce wywołanych oddziaływaniem (odpychaniem się) elektronów wiązań w konformacji naprzeciwległej

# Izomeria cis-trans dipodstawionych cykloalkanów

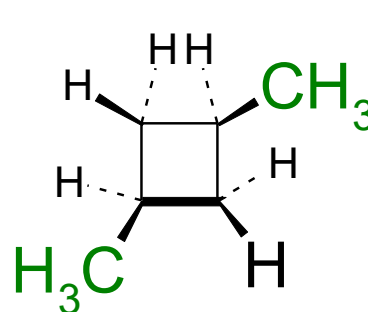


*cis*

**1,2-dimetylocyklopropan**

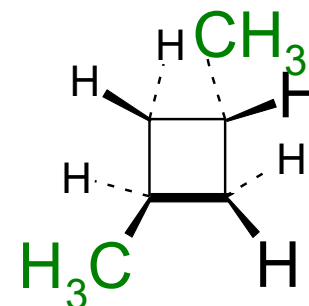


*trans*

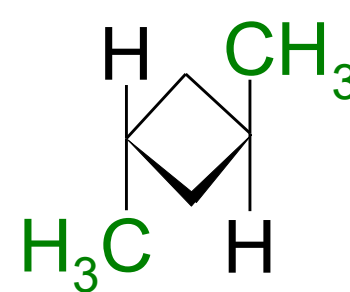
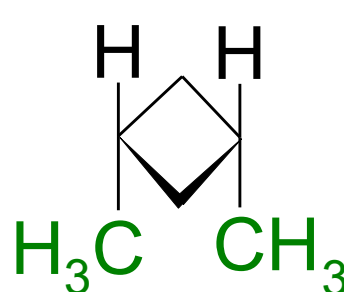
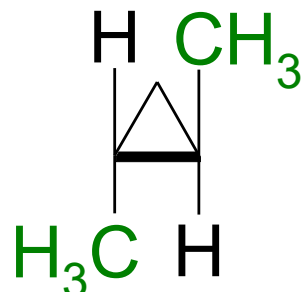
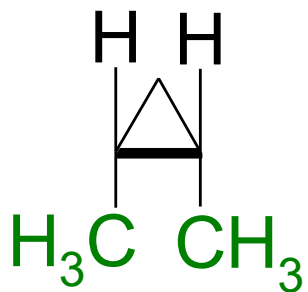


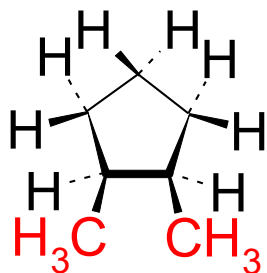
*cis*

**1,3-dimetylocyklobutan**



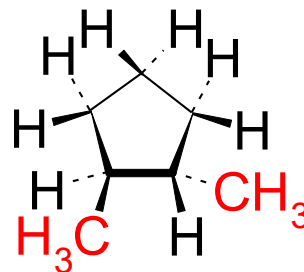
*trans*





*cis*-1,2-dimetylocyklopentan

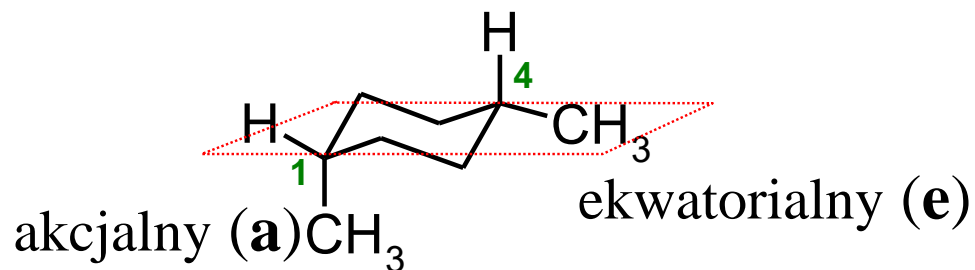
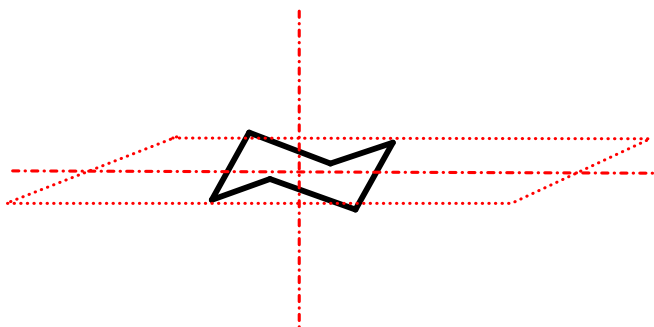
tw. [°C]      **99,5**



*trans*-1,2-dimetylocyklopentan

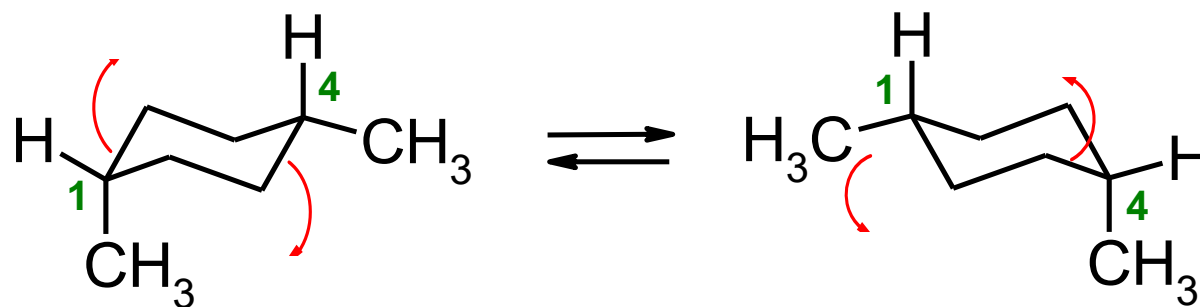
**91,9**

Stereoizomery *cis/trans* są różnymi związkami, różnią się właściwościami fizycznymi i chemicznymi



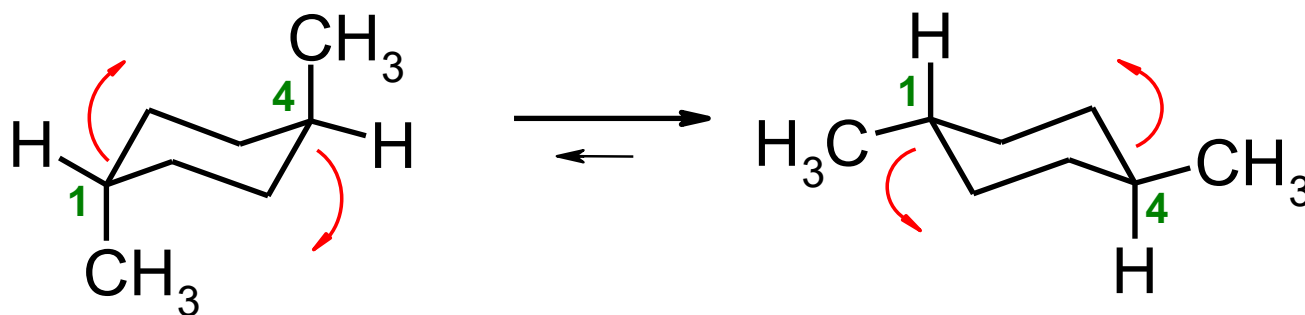
W pochodnych **cykloheksanu** rozróżnia się dwa rodzaje podstawników –  
takie, w których podstawnik przyłączony jest akcjalnie (**a**) lub  
ekwatorialnie (**e**)

Izomery **a,a** i **e,e** są z sobą w stanie równowagi dynamicznej, podobnie jak izomery **a,e** i **e,a**



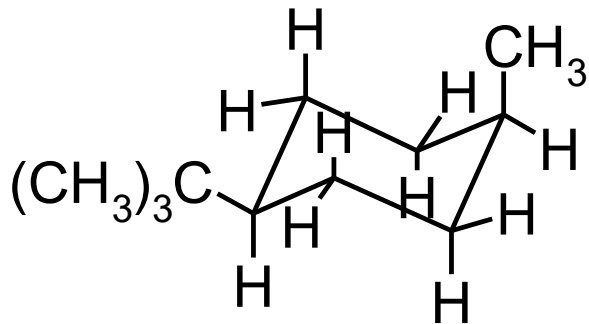
***cis-1,4-dimetylocykloheksan***

konformer **a,e** (aksjalno-ekwatorialny) **e,a** (ekwatorialno-aksjalny)

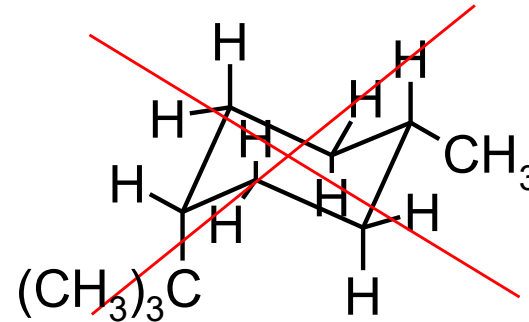
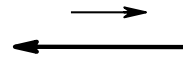


***trans-1,4-dimetylocykloheksan***

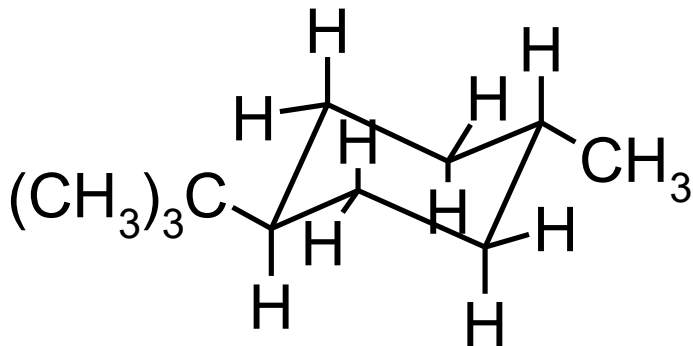
konformer **a,a** (diaksjalny) **e,e** (diekwatorialny)



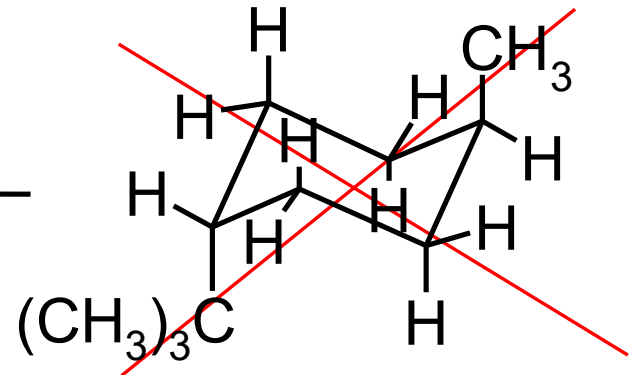
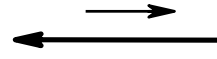
*cis*: ekwatorialno-aksjalny



nie aksjalno-ekwatorialny



*trans* ekwatorialno-ekwatorialny



nie aksjalno-aksjalny

Stabilne konformacje **1-*tert*-butylo-4-metylocykloheksanu**