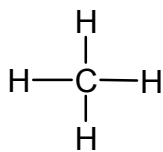


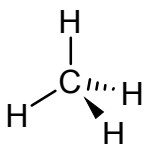
Alkany - węglowodory nasycone, parafiny. Związki węgla z wodorem, w których cząsteczkach występują wyłącznie wiązania pojedyncze. Szczególną klasę związków tego typu stanowią cykloalkany - węglowodory nasycone pierścieniowe.

Najprostszym alkanem jest metan, o wzorze sumarycznym  $\text{CH}_4$ .

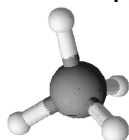
Wzór "płaskostrukuralny":



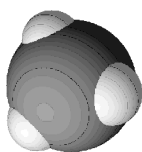
Wzór klinowy:



Model kulkowy cząsteczki:  
(obrazuje długości wiązań,  
kąty między wiązaniami)

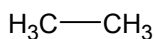


Model czaszowy:  
(obrazuje rzeczywiste  
proporcje średnic atomów)

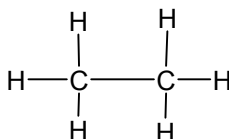


Kolejny alkan, to etan,  $\text{C}_2\text{H}_6$ :

Wzór półstrukuralny (grupowy):

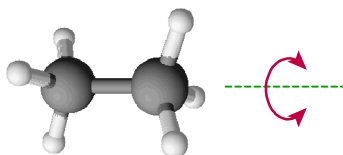


Wzór "płaskostrukuralny":



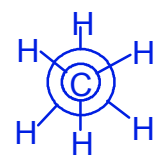
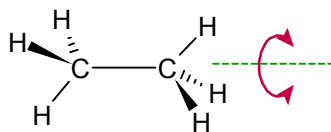
Wzór klinowy:

Uwaga 1. *Możliwy jest obrót grup  $-\text{CH}_3$  względem siebie, wokół osi pojedynczego wiązania C-C.*



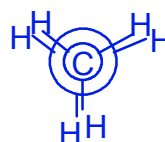
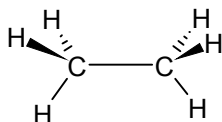
Uwaga 2. Wynikiem istnienia takiego obrotu są różne ułożenia atomów, tzw. *konformacje*, z których dwie skrajne to:

- naprzemianległa (trwalsza):



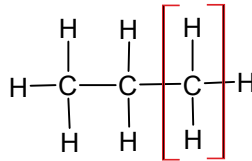
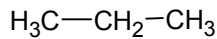
- schematyczne przedstawienie położenia atomów względem siebie, "widziane" od strony osi wiązania

- naprzeciwległa:



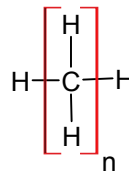
Kolejny alkan to propan,  $C_3H_8$ :

Cząsteczkę propanu można potraktować jako wynik "dodania" grupy  $-CH_2-$  do cząsteczki etanu:

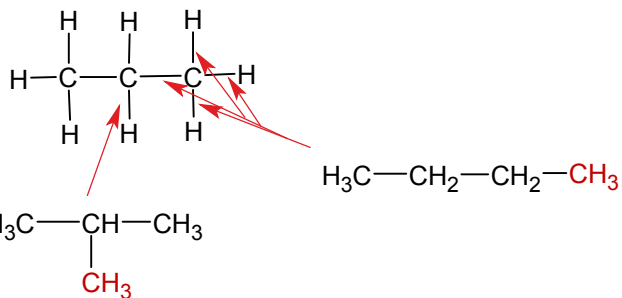


Związki, których cząsteczki różnią się o kolejne grupy  $-CH_2-$  określa się jako tzw. szereg homologiczny.

Ogólnie, cząsteczki alkanów o  $n$  atomach węgla można przedstawić jako łańcuch  $n$  grup  $-CH_2-$ , zakończony dwoma atomami wodoru. Stąd wzór ogólny alkanów:  $C_nH_{2n+2}$ :



Stosując analogiczne "dodawanie" kolejnych grup  $-CH_2-$ , można zauważyć, że - począwszy od cząsteczki o 4 atomach węgla - jest to możliwe na, najpierw dwa, a ze wzrostem liczby atomów węgla, coraz więcej sposobów.



Zatem butan,  $C_4H_{10}$ , posiada dwa izomery, różniące się wzajemnym powiązaniem atomów węgla. Taki rodzaj izomerii nazywa się *izomerią łańcuchową*.

Istnienie dwóch związków o identycznym wzorze sumarycznym wymaga istnienia dwóch odpowiednich nazw. Co prawda, można tworzyć nazwy zwyczajowe, w tym przypadku n-butan ("normalny") i izobutan, ale ze wzrostem liczby atomów węgla w cząsteczce liczba izomerów łańcuchowych (w tabelce określonych jako tzw. konstytucyjne) gwałtownie wzrasta:

pentan:  $C_5H_{12}$  - 3

heksan:  $C_6H_{14}$  - 5

heptan:  $C_7H_{16}$  - 9

oktan:  $C_8H_{18}$  - 18

nonan:  $C_9H_{20}$  - 35

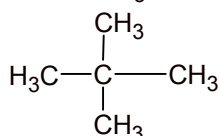
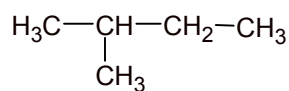
dekan:  $C_{10}H_{22}$  - 75

Liczba atomów węgla	Liczba izomerów konstytucyjnych
11	159
12	355
13	802
14	1 858
15	4 347
20	366 319
25	36 797 588
30	4 111 846 763
40	62 491 178 805 831

Izomery pentanu to, odpowiednio,  
n-pentan

izopentan

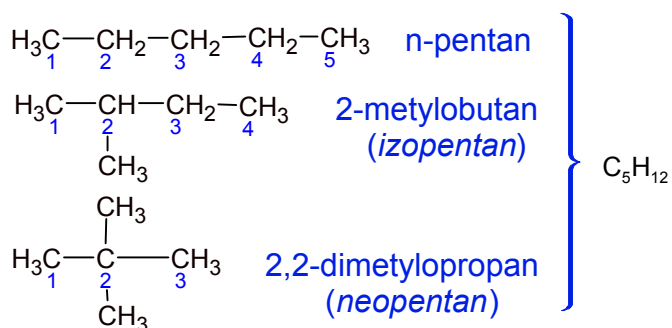
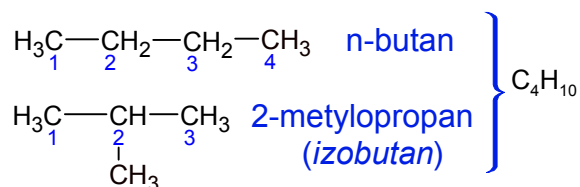
neopentan



Aby utworzyć systematyczne nazwy węglowodorów nasyconych, stosuje się takie same zasady, jak przy tworzeniu nazw chlorowcopochodnych etanu, propanu itd. W tym celu cząsteczkę danego związku "dzieli się" logicznie na "główny łańcuch węglowy", czyli najdłuższy możliwy układ powiązanych ze sobą kolejno, w jeden łańcuch, atomów węgla oraz na połączone z nim grupy z mniejszą liczbą atomów węgla. Nazwy tych grup, tzw. rodników, tworzy się od nazw odpowiednich alkanów, zmieniając końcówkę z "-an", na "-yl":

$\text{CH}_4$	metan	$-\text{CH}_3$	metyl
$\text{C}_2\text{H}_6$	etan	$-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	etyl
$\text{C}_3\text{H}_8$	propan	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	propyl
.....			
$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	alkan	$-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$	alkil

Położenie tych grup zaznacza się w nazwie odpowiednimi lokantami, kolejność grup w nazwie - alfabetyczna, liczby grup danego rodzaju oznacza się odpowiednimi przedrostkami (*di-*, *tri-*, *tetra-*, *penta-*,...). Zatem, systematyczne nazwy izomerów butanu i pentanu to:



## Przykład ustalania nazwy węglowodoru nasyconego

1. Ustalamy najdłuższy łańcuch atomów węgla w cząsteczce. W tym wypadku 7 atomów węgla, stąd rdzeń nazwy związku, to *heptan*.

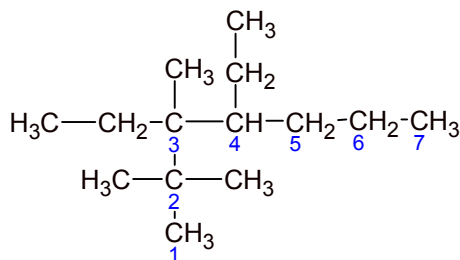
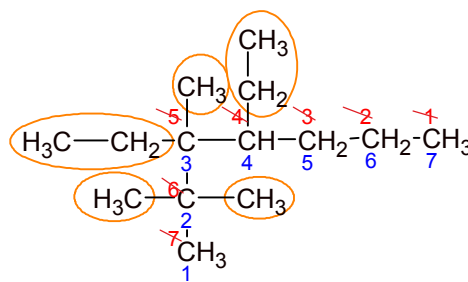
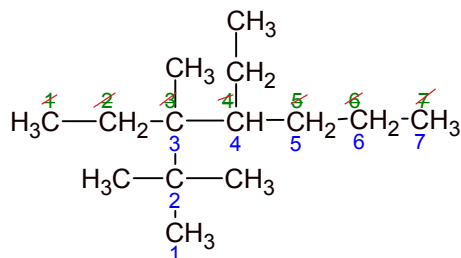
- Jeżeli są różne możliwości ustalenia takiego łańcucha, wybieramy taki, który połączony jest z większą liczbą podstawników (grup alkilowych). To logiczne - cała cząsteczka w przykładzie liczy 14 atomów węgla, wybór łańcucha z numeracją zieloną daje 7 atomów węgla w 3 podstawnikach, z których jeden ma złożoną budowę, opcja z numeracją niebieską daje 7 atomów w 5, prostszych podstawnikach.

2. Numerację atomów w łańcuchu głównym zaczynamy od tej strony, przy której wyborze uzyskamy zbiór mniejszych lokantów (numerów atomów węgla połączonych z podstawnikami).

W przykładzie: numeracja czerwona daje zbiór lokantów: {4, 5, 5, 6, 6}. Numeracja niebieska: {2, 2, 3, 3, 4} - a więc wybieramy tę.

3. Ustalamy i porządkujemy alfabetycznie nazwy podstawników: etyl (2 grupy) < metyl (3 grupy).

4. Ustalamy odpowiednie przedrostki i lokanty, kompletujemy nazwę.



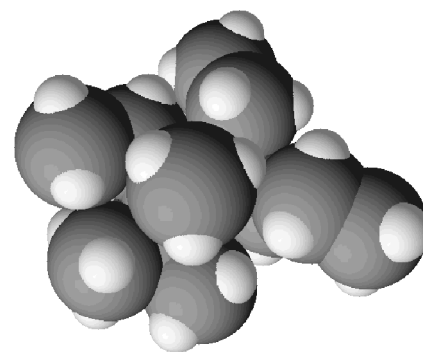
### 3,4-dietylo-2,2,3-trimetyloheptan

wzór sumaryczny związku: C<sub>14</sub>H<sub>30</sub> - jest to więc izomer tetradekanu

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na to, że w przykładowej cząsteczce atomy węgla o numerach 3 i 4 są asymetryczne, związek ten posiada więc 4 izomery przestrzenne. Rodzi się zatem pytanie, dlaczego zdecydowana większość podręczników chemii organicznej "nie zauważa" obecności izomerii optycznej w przypadku alkanów. Otóż izomeria ta jest wykrywalna w praktyce tylko wtedy, gdy podstawniki połączone z asymetrycznym atomem węgla różnią się znacząco tzw. polaryzowalnością. W przypadku grup alkilowych różnice te są tak małe, że izomerów optycznych nie można w praktyce odróżnić. Ich uwzględnienie zwiększa znacząco liczbę wszystkich, możliwych teoretycznie, izomerów poszczególnych alkanów:

Nazwa węglowodoru	Liczba izomerów konstytucyjnych	Liczba izomerów konstytucyjnych i strukturalnych
metan	1	1
etan	1	1
propan	1	1
butan	2	2
pentan	3	3
heksan	5	5
heptan	9	11
oktan	18	24
nonan	35	55
dekan	75	136
wg:	<a href="http://de.wikipedia.org/wiki/Alkane">http://de.wikipedia.org/wiki/Alkane</a>	

Obok przedstawiono modele:  
kulkowy i czaszowy, cząsteczki  
z podanego przykładu,  
wygenerowane w programie:



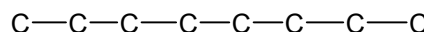
w którym przygotowano całą,  
niniejszą prezentację.

Zadaniem "odwrotnym" do ustalania nazwy alkanu jest  
określanie wzoru półstrukturalnego na podstawie  
podanej nazwy systematycznej.

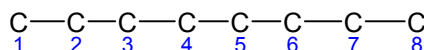
Przykład:

3,3-dietylo-2,5,5-trimetylooktan

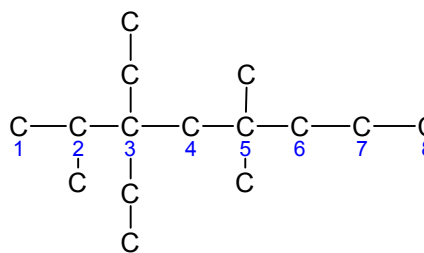
1. Rysujemy najdłuższy łańcuch węglowy - oktan, czyli  
8 atomów węgla.



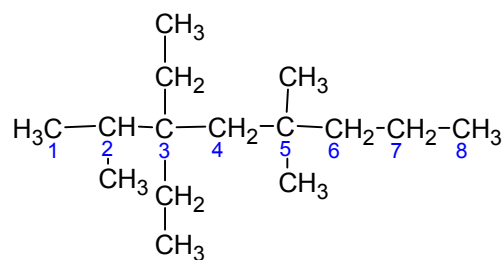
2. Wprowadzamy numerację atomów.



3. Dopisujemy w odpowiednich miejscach wzory  
podstawników: dwie grupy etylowe ( $-\text{C}_2\text{H}_5$ ) i trzy  
metylowe ( $-\text{CH}_3$ ).



4. Uzupełniamy brakujące symbole atomów wodoru,  
pamiętając że atom węgla tworzy cztery wiązania.



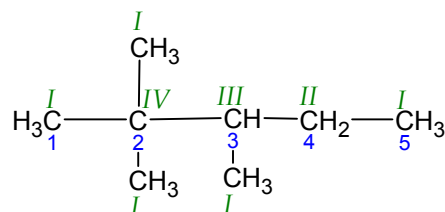
Jako dodatkowe zadanie możemy sprawdzić obecność  
asymetrycznych atomów węgla (w podanym  
przykładzie - brak) oraz ustalić wzór sumaryczny  
danego alkanu ( $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$ ). Możemy też określić  
rzędowość poszczególnych atomów węgla.

Rzędowość atomu węgla jest wyznaczona przez liczbę  
innych atomów węgla z nim połączonych. Jest to  
pojęcie istotne o tyle, że od rzędowości atomu węgla,  
zarówno w cząsteczkach alkanów, jak i ich różnych  
pochodnych, zależą możliwość lub  
prawdopodobieństwo zachodzenia różnych reakcji.  
Rzędowość zaznacza się, tradycyjnie, cyframi  
rzymskimi.

Tak więc, atom węgla może być: pierwszo-, drugo-, trzecio- i czwartorzędowy. Warto znać również angielskie odpowiedniki tych określeń: *primary*, *secondary*, *tertiary*, *quaternary*.

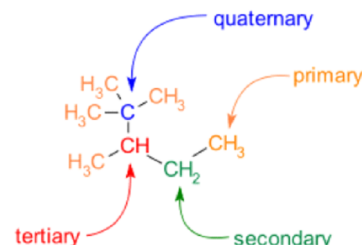
Przykład:

Oznaczmy rzędowość atomów węgla w cząsteczce 2,2,3-trimetylopentanu.



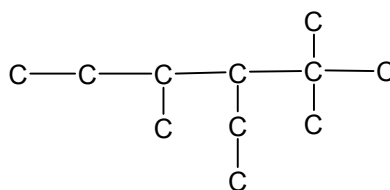
Ten sam przykład po angielsku:

(źródło: [http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon%E2%80%93carbon\\_bond](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon%E2%80%93carbon_bond) )



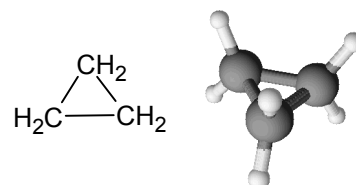
Proponowane ćwiczenia utrwalające:

1. Narysować wzory półstrukturalne i określić nazwy wszystkich (9) izomerów heptanu.
2. Narysować wzór półstrukturalny i podać nazwę najprostszego alkanu, w którego cząsteczce występuje asymetryczny atom węgla.
3. Uzupełnić symbole atomu wodoru, podać nazwę, zaznaczyć rzędowości atomów węgla, ustalić asymetryczne atomy węgla i podać wzór sumaryczny węglowodoru o następującym "szkieletie węglowym":



Cykloalkany, to węglowodory nasycone, w których cząsteczkach atomy węgla połączone są w zamkniętą figurę, tzw. pierścień (jeden lub więcej, nawet w trzech wymiarach!).

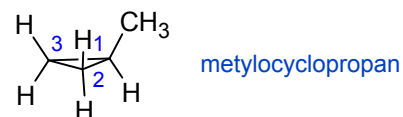
Najprostszym cykloalkanem jest cyklopropan, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> - zwróćmy uwagę na brak dwóch atomów wodoru, w porównaniu ze "zwykłym" propanem.



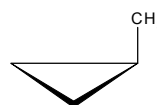
Rysując wzory cykloalkanów używa się często konwencji w maksymalnym stopniu upraszczającej: wzór zawiera jedynie schemat wiązań C-C - same symbole atomów węgla, symbole atomów wodoru i wiązania C-H pozostają "w domyśle":



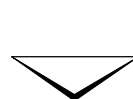
Jeżeli zależy nam na przedstawieniu "przestrzennym", np. obecności podstawników przy atomach węgla, stosuje się wzór w postaci swego rodzaju "rzutu", zwykle zakładając, że pierścień węglowy jest figurą płaską (przy okazji pominięto symbole atomów węgla w pierścieniu):



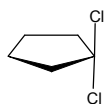
Można i tak:



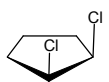
... albo tak:



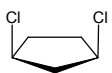
W przypadku pochodnych cykloalkanów, oprócz izomerii konstytucyjnej (np. cyklopentan - metylocyklobutan - dimetylocyklopropan - etylocyklopropan), wystąpić może izomeria podstawienia, izomeria optyczna, a także inny rodzaj izomerii przestrzennej, *izomeria geometryczna (cis - trans)*, związana z wzajemnym położeniem dwóch lub więcej podstawników względem siebie i "płaszczyzny" pierścienia atomów węgla.  
Przykłady:



1,1-dichlorocyklopentan

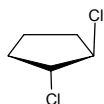


(1R,2S)-1,2-dichlorocyklopentan

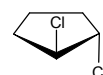


(1R,3S)-1,3-dichlorocyklopentan

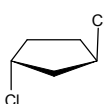
izomery *cis*-, niewykazujące aktywności optycznej - płaszczyzna symetrii "w cząsteczce"



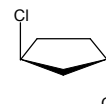
(1R,2R)-1,2-dichlorocyklopentan



(1S,2S)-1,2-dichlorocyklopentan

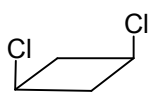


(1R,3R)-1,3-dichlorocyklopentan

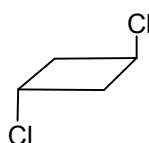


(1S,3S)-1,3-dichlorocyklopentan

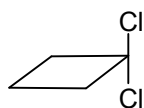
izomery *trans*-, wykazujące czynność optyczną



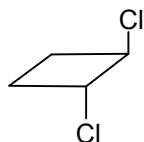
*cis*-1,3-dichlorocyklobutan



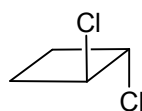
*trans*-1,3-dichlorocyklobutan



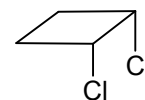
1,1-dichlorocyklobutan



(1R,2R)-1,2-dichlorocyklobutan



(1S,2S)-1,2-dichlorocyklobutan

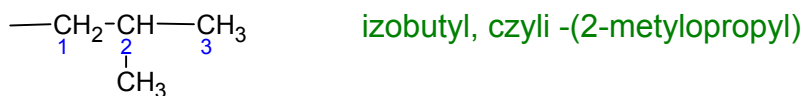
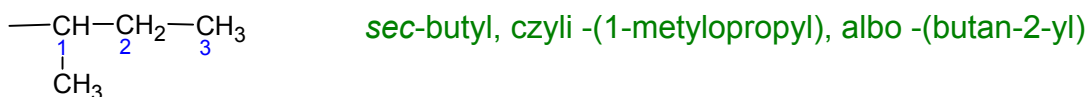
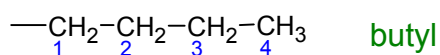
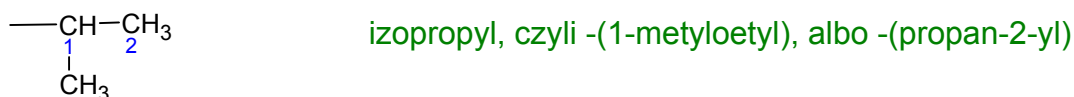
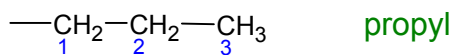


(1R,2S)-1,2-dichlorocyklobutan

izomery *trans*-, wykazujące aktywność optyczną

izomer *cis*-, niewykazujący aktywności optycznej

Na zakończenie, warto wspomnieć o sposobach nazywania złożonych rodników alkilowych, tym bardziej że z elementami takich nazw możemy się spotkać w praktyce. Np. popularny dodatek przeciwstukowy do benzyn bezołowiowych, to *eter metylo-tertbutyowy*, MTBE, w którego nazwie pojawia się określenie "tert-butyl", od *tertiary* - trzeciorzędowy. Numerację atomów węgla w takich rodnikach zaczyna się od atomu połączonego z głównym łańcuchem lub pierścieniem węglowym (albo inną grupą atomów, jak w MTBE: CH<sub>3</sub>-O-). Poniżej kilka przykładów.

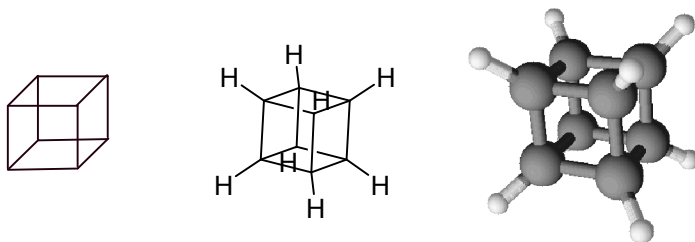


Podjęmowano próby syntezy związków, których cząsteczka (cząsteczki?) składa się z dwóch pierścieni, połączonych ze sobą jak ogniwa łańcucha, a więc tylko "mechanicznie". To tzw. katenany. Połączenie między pierścieniami bywa nazywane *wiązaniem topologicznym*. Pierścienie muszą zawierać ponad trzydzieści atomów węgla.

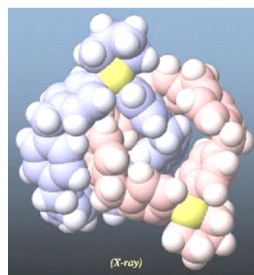
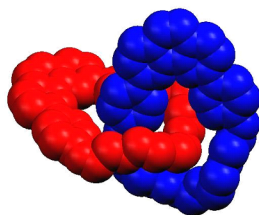
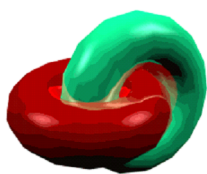


Ciekawostki:

Przykład wielopierścieniowego alkanu o trójwymiarowym układzie pierścieni, to kuban,  $C_8H_8$ , czyli *pentacyklo[4.2.0.0<sup>2,5</sup>.0<sup>3,8</sup>.0<sup>4,7</sup>]oktan* - proszę nie pytać, jakie dokładnie informacje zawiera ta nazwa.



Syntezuje się związki, których cząsteczka (cząsteczki?) składa się z dwóch pierścieni, połączonych ze sobą jak ogniwa łańcucha, a więc tylko "mechanicznie". To tzw. katenany. Połączenie między pierścieniami bywa nazywane *wiązaniem topologicznym*. Pierścienie muszą zawierać ponad trzydzieści atomów węgla, aby łańcuch węglowy jednego pierścienia mieścił się w otworze drugiego pierścienia. W praktyce katenany syntezuje się z bardziej skomplikowanych węglowodorów i ich pochodnych.



Źródła ilustracji:

[http://rodgers.org.uk/oldsite/research/CREST\\_full.htm](http://rodgers.org.uk/oldsite/research/CREST_full.htm)

<http://www-chimie.u-strasbg.fr/~lcom/Recherche/topochimie1.html>

<http://fujitalab.t.u-tokyo.ac.jp/static/html/res4a-e.html>

Oczywiście, chemicy nie poprzestali na takich "prostych" strukturach. Więcej informacji można znaleźć, m. in., na stronie:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Catenane>