Izomeria geometryczna w związkach organicznych

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Animacja
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Izomeria geometryczna w związkach organicznych

Cennym składnikiem oliwy z oliwek jest kwas elaidynowy, czyli izomer *trans* kwasu oleinowego.
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

O tłuszczach *trans*, czyli tłuszczach zawierających jedynie nienasycone kwasy tłuszczowe, słyszał każdy zwolennik zdrowego stylu życia. Najbardziej popularny kwas tłuszczowy – kwas oleinowy (kwas (9Z)-oktadec-9-enowy) – jest *cis* izomerem kwasu elaidynowego. Z kolei o kwasie elaidynowym mówi się, że jest *trans* izomerem kwasu oleinowego. Który z kwasów, *cis* czy *trans*, jest korzystny dla naszego zdrowia? Czy wiesz, co oznaczają skróty *cis* i *trans*? Jakie związki organiczne mogą tworzyć tego rodzaju izomery?

Twoje cele

- Wyjaśnisz, na podstawie budowy cząsteczek, czym są izomery *cis-trans* oraz izomery *E-Z*.
- Poznasz i zastosujesz reguły pierwszeństwa podstawników, zgodnie z metodą Cahna, Ingolda i Preloga, do określenia, czy cząsteczka jest izomerem *E*, czy *Z*.
- Narysujesz wzory cząsteczek w oparciu o podane ich nazwy, zgodnie z konwencją nazewnictwa *cis-trans* oraz *E-Z*.
- Zaklasyfikujesz izomery do izomerów *cis-trans* lub *E-Z*.

Przeczytaj

Izomeria geometryczna znajduje zastosowanie w następujących przypadkach:

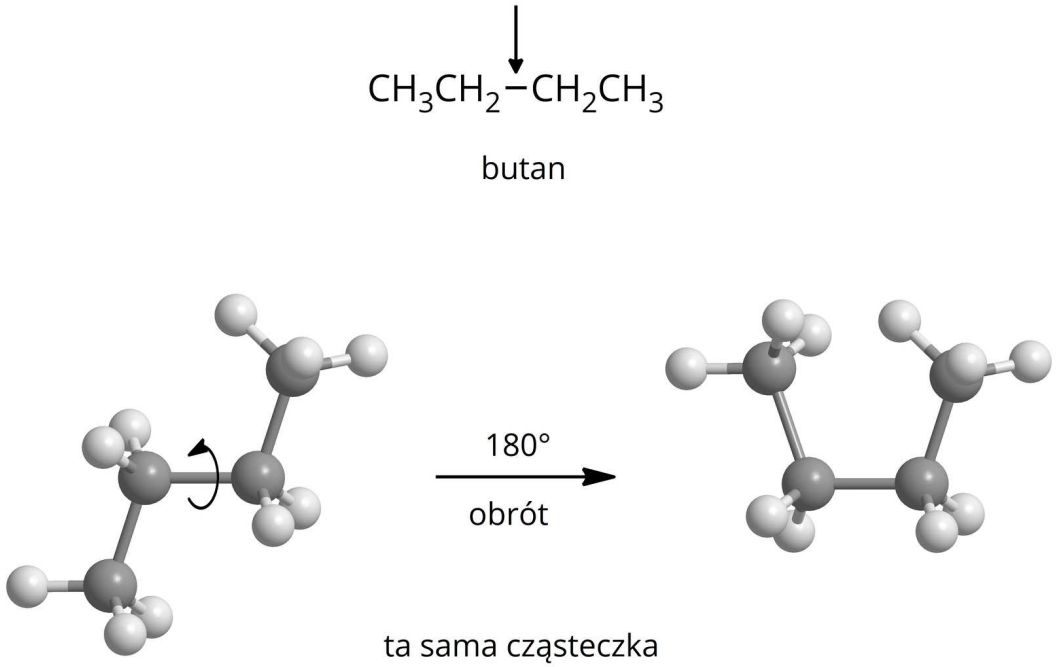
- gdy cząsteczka posiada wiązanie podwójne lub jest związkiem cyklicznym (pierścieniowym);
- gdy w cząsteczce występują min. dwa różne podstawniki wokół atomów węgla (połączonych wiązaniem podwójnym) lub przy atomach węgla w związku cyklicznym.

Izomeria *cis-trans*

W przypadku dwupodstawionych pochodnych, aby określić położenie podstawników, używane są przedrostki *cis*- lub *trans*-, które umieszcza się na początku nazwy związku. Aby cząsteczka mogła być nazwana izomerem typu *cis-trans*, musi spełnić poniższe warunki.

1. Rotacja w cząsteczce musi być ograniczona.

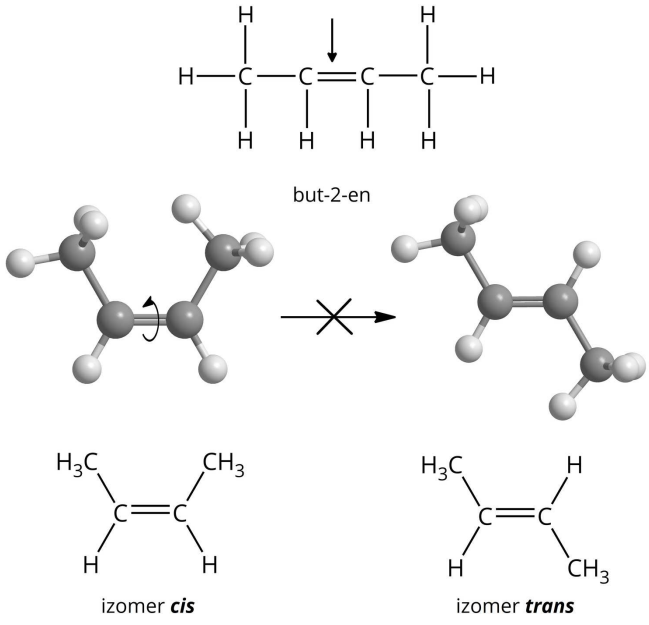
W przypadku związków łańcuchowych z wiązaniami pojedynczymi (np. w cząsteczce butanu) przestrzenny układ atomów (konformacja) zmienia się przez obrót wokół wiązania, ale obie konformacje reprezentują tę samą cząsteczkę. W tej sytuacji **nie można** mówić o izomerii *cis-trans*.



Rotacja wiązania w cząsteczce butanu
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

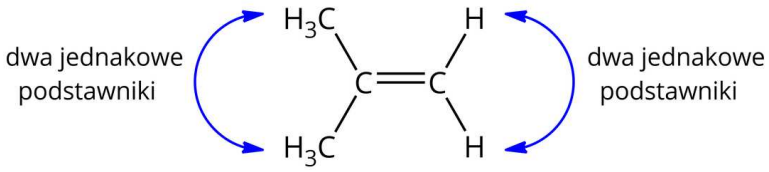
W przypadku alkenów (oraz innych związków zawierających wiązanie podwójne typu C=C, C=N, N=N) wokół wiązania podwójnego rotacja jest ograniczona. Cząsteczki nie ulegają konwersji przez obrót. Są to dwa różne związki.

2. Na każdym atomie węgla, tworzącym wiązanie podwójne, muszą znajdować się dwie nieidentyczne grupy.



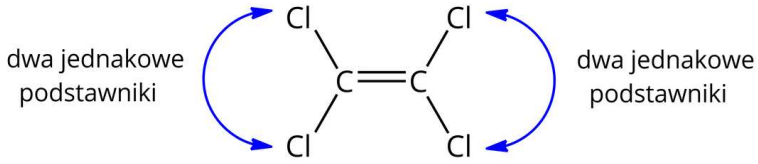
Izomery *cis* i *trans* cząsteczki but-2-enu
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

- Cząsteczki typu *R*C=CH nie występują w postaci izomerów *cis-trans*, np.:



Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

- Cząsteczki z jednostką *R*C=C*R*, w których dwie grupy *R* są takie same, nie istnieją jako izomery *cis-trans*, np.:

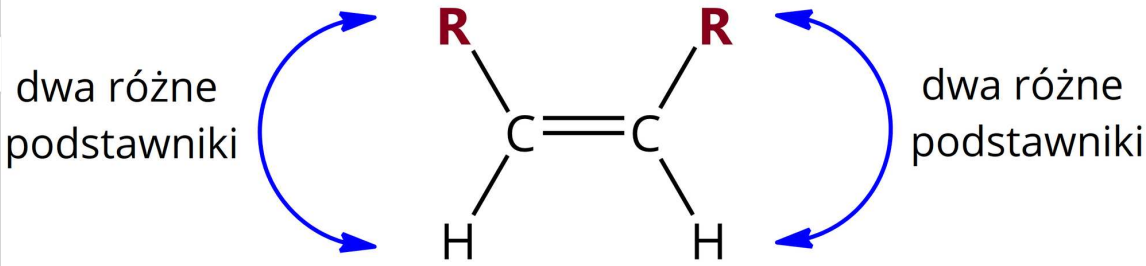


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

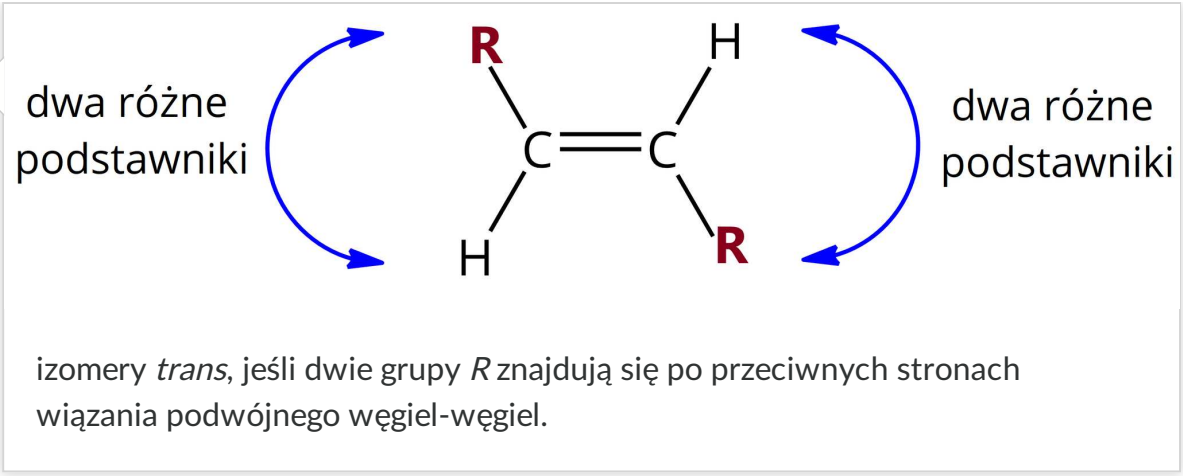
- Cząsteczki typu *R*–CH=CH–*R* mogą istnieć jako:

izomery *cis*

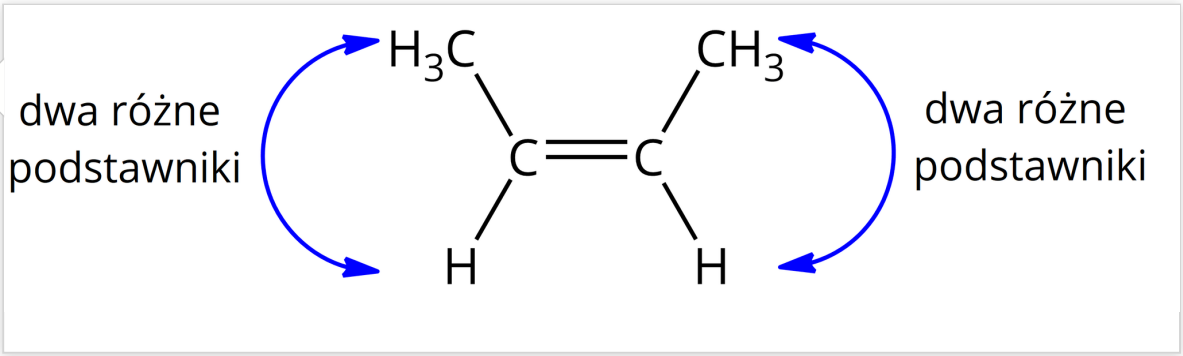
izomery *trans*

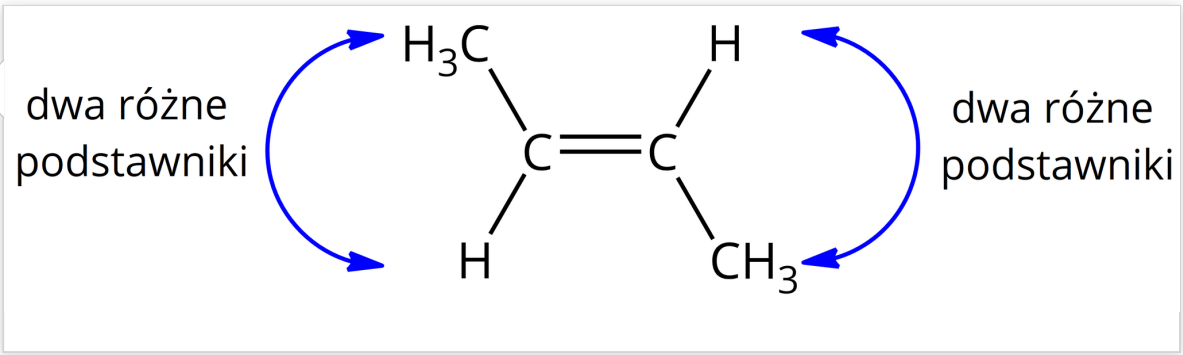


izomery *cis*, jeśli dwie grupy *R* znajdują się po tej samej stronie podwójnego wiązania węgiel-węgiel.



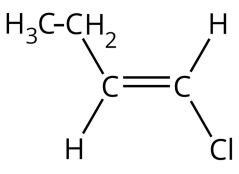
izomery *trans*, jeśli dwie grupy *R* znajdują się po przeciwnych stronach wiązania podwójnego węgiel-węgiel.





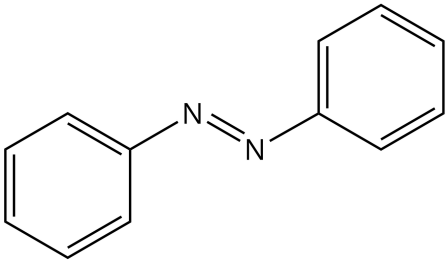
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Poniżej zestawione zostały przykłady grup związków, które tworzą izomery geometryczne typu *cis-trans*.

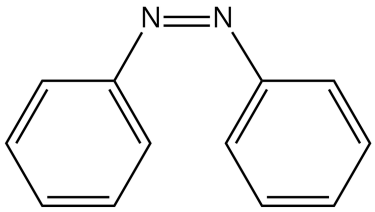


trans-1-chlorobut-1-en

2



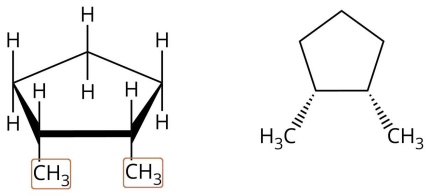
trans-azobenzen



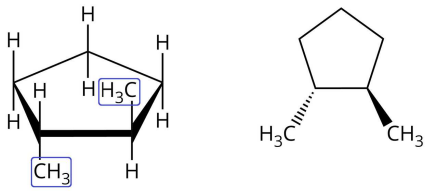
cis-azobenzen

Związki zawierające wiązanie N=N, tzw. związki azowe

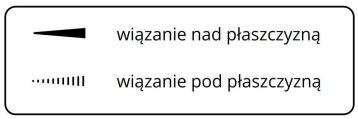
3



cis-1,2-dimetylocyklopentan



trans-1,2-dimetylocyklopentan

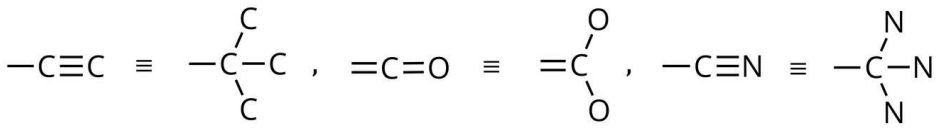


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Metoda Cahna, Ingolda i Preloga

Jeżeli wokół wiązania podwójnego alkenów znajdują się cztery różne podstawniki, izomeria *cis-trans* zawodzi. Wówczas stosowana jest metoda bezwzględna, tzw. **metoda Cahna-Ingolda-Preloga**. Posługując się tą metodą, najpierw ustala się pierwszeństwo par podstawników przy każdym atomie węgla wiązania podwójnego, a następnie położenie względem siebie podstawników ważniejszych (o wyższym priorytecie). Sposób postępowania opisany jest przez następujące reguły pierwszeństwa:

1. Atomy o wyższych liczbach atomowych (Z) mają pierwszeństwo przed atomami, których liczby atomowe są niższe. Gdy mamy do czynienia z izotopami pierwiastków, o pierwszeństwie decyduje wyższa liczba masowa.
2. Jeżeli zastosowanie pierwszej reguły nie pozwala na uporządkowanie podstawników, wówczas rozpatruje się sumę liczba atomowych drugich, trzecich lub dalszych atomów (przyłączonych do atomu węgla wiązania podwójnego), aż do zróżnicowania wartości sumy liczb atomowych.
3. Atomy, które przyłączone są do atomu węgla wiązaniem wielokrotnym, są równoważne z odpowiednią liczbą atomów połączonych wiązaniami pojedynczymi. Wówczas krotność wiązania należy pomnożyć przez liczbę atomową rozpatrywanego atomu.



Atomy przyłączone do atomu węgla wiązaniem wielokrotnym i równoważna im liczba atomów połączona wiązaniami pojedynczymi.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Po ustaleniu hierarchii ważności podstawników wokół każdego z atomów węgla wiązania podwójnego, izomer określamy jako *Z* lub *E*.

E (niem. „entgegen”) – grupy o wyższym priorytecie znajdują się po przeciwnych stronach płaszczyzny, wyznaczonej przez wiązanie podwójne.

Z (niem. „zusammen”) – grupy o wyższym priorytecie znajdują się po tej samej stronie płaszczyzny, wyznaczonej przez wiązanie podwójne.

Przykład 1

Podstawniki o wyższym priorytecie leżą po tej samej stronie wiązania podwójnego, więc jest to izomer *Z*.

Słownik

izomeria geometryczna

rodzaj stereoizomerii, w której izomery różnią się rozmieszczeniem podstawników wokół wiązania podwójnego (podstawniki przy atomach węgla sp^2) bądź pierścienia (podstawniki przy atomach węgla sp^3); wiąże się z zahamowaniem rotacji wokół wiązania węgiel-węgiel

izomeria geometryczna cis/trans

izomeria obecna m.in. w alkenach; występuje, gdy przy dwóch atomach węgla, uczestniczących w tworzeniu wiązania podwójnego lub atomach węgla wyznaczających płaszczyznę pierścienia, znajdują się po dwa różne od siebie podstawniki

izomeria geometryczna Z/E

typ izomerii geometrycznej obserwowanej w alkenach posiadających więcej niż dwa różne podstawniki przy atomach węgla sp^2; izomery E/Z różnią się wzajemnym położeniem „ważniejszych” podstawników przy obydwu końcach wiązania podwójnego: w izomerze *Z.* Podstawniki te leżą „obok” siebie, natomiast w izomerze *E* – podstawniki leżą „po przeciwległych stronach” wiązania podwójnego

izomer *cis*

cząsteczka, której dwa podstawniki umieszczone są po tej samej stronie płaszczyzny wyznaczonej przez wiązanie podwójne lub pierścień

izomer *trans*

> cząsteczka, której dwa podstawniki umieszczone są po przeciwnej stronie płaszczyzny wyznaczonej przez wiązanie podwójne lub pierścień

Bibliografia:

Encyklopedia PWN

Gorzynski Smith J., *Organic Chemistry*, wyd. 3, New York 2011.

Hejwowska S., Marcinkowski R., Staluszka J., *Chemia 2. Zakres rozszerzony*, Gdynia 2011.

Kołodziejczyk A., *Naturalne związki organiczne*, Warszawa 2013.

Litwin M., Styka-Wlazło Sz., Szmońska J., *Chemia organiczna 2*, Warszawa 2005.

Majewski W., *Mechanizmy reakcji organicznych*, Lublin 2012.

McMurry J., *Chemia organiczna*, cz. 2, Warszawa 2010.

Saunders N., Saunders A., Clinton S., Parsonage M., Poole E., *AS Chemistry for AQA*, Oxford 2007.

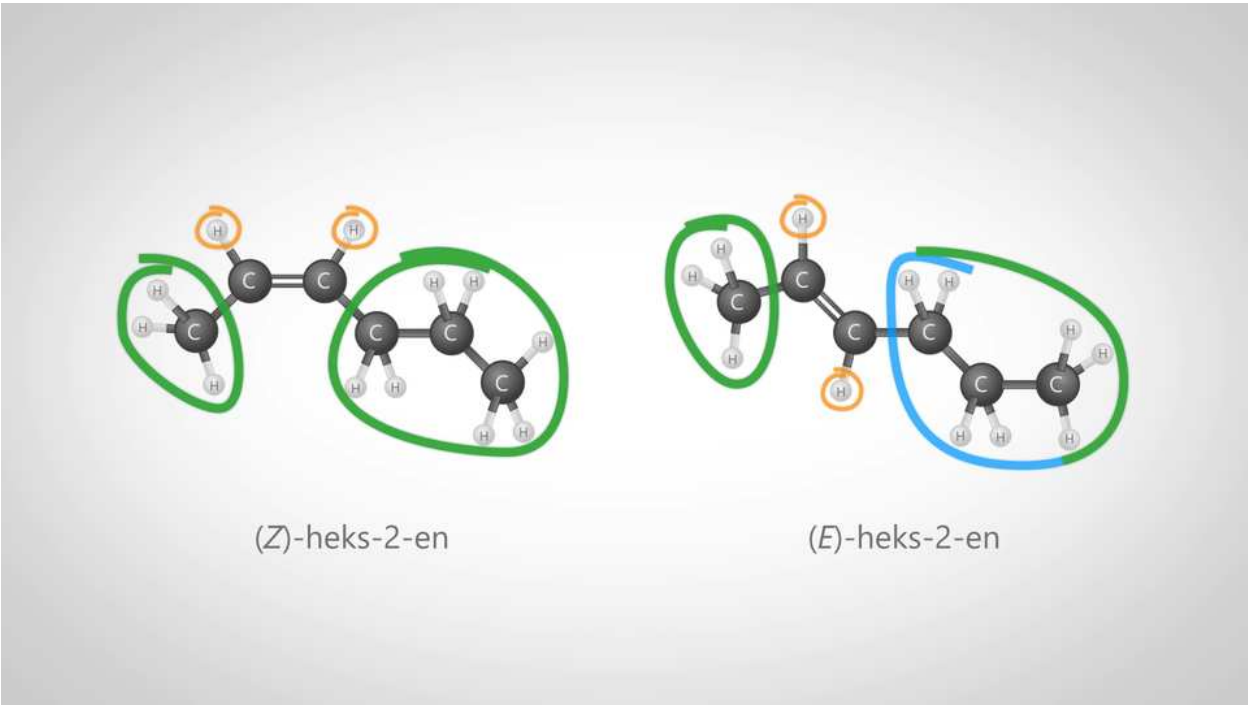
Świerkocka B., Świerkocki J., *Projekt: Matura Chemia*, Warszawa 2012.

Animacja

Polecenie 1

Czy wiesz, na czym polega izomeria geometryczna w związkach organicznych? Czy potrafisz nazwać dwa izomery geometryczne 1,2-dibromoetenu? Zapoznaj się z animacją, a następnie sprawdź swoją wiedzę i rozwiąż poniższe zadania.

Trwa wczytywanie danych ..



Film dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D1BYSDlZt

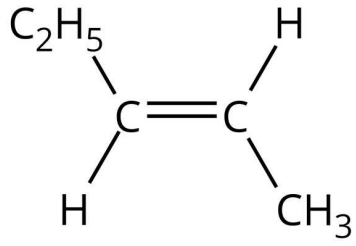
Animacja pt. „Izomeria geometryczna w związkach organicznych”

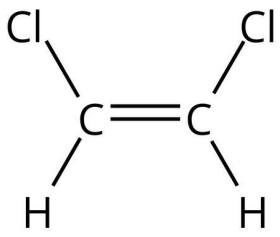
Źródło: GroMar Sp. z o.o., Dominika Kruszewska, licencja: CC BY-SA 3.0.

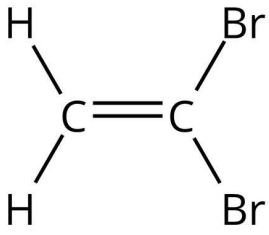
W filmie omawiane są różne rodzaje izomerii geometrycznych.

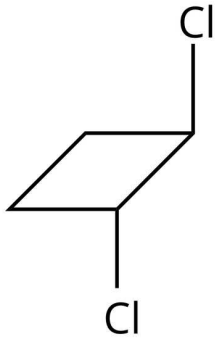
Ćwiczenie 1

Nazwij poniższe związki, uwzględniając izomerię geometryczną.

a) 

b) 

c) 

d) 

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2

Narysuj wzory półstrukturalne związków odpowiadających podanym nazwom.

a) *cis*-3-metyloheks-3-en

b) *trans*-1,6-dijodoheks-3-en

c) *cis*-4,4,-dimetylopent-2-en

Ćwiczenie 3

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 2

Uzupełnij tekst, przeciągając odpowiednie słowa w puste pola.

W wyniku reakcji eliminacji cząsteczki HCl z 2-chlorobutanu powstają dwa [ ]. Związek nr 1 to *trans*-but-1-en, z kolei związek nr 2 jest izomerem [ ], ponieważ podstawniki umieszczone są po tej samej stronie [ ], wyznaczonej przez [ ]. Związek nr 2 jest jednocześnie izomerem typu [ ].

trans | *E* | grupę CH_3 | płaszczyzny | *cis* | *Z* | wiązanie podwójne | izomery

Ćwiczenie 3

Zaznacz prawidłowe stwierdzenie. Może być więcej niż jedna poprawna odpowiedź.

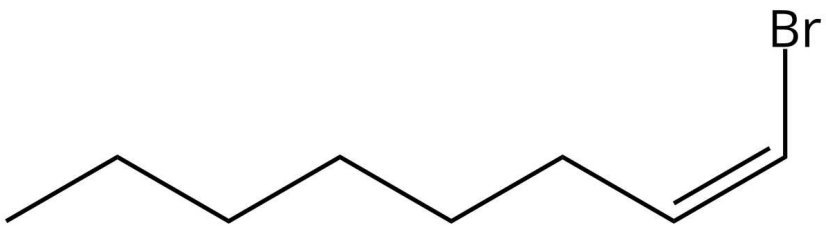
- [ ] Określenie izomeru jak Z świadczy o tym, że zawiera grupy o wyższym priorytecie które znajdują się po tych samych stronach płaszczyzny, wyznaczonej przez wiązanie potrójne
- [ ] Izomer cis jest to cząsteczka której dwa podstawniki umieszczone są po przeciwnych płaszczyznach wyznaczonej przez wiązanie podwójne lub pierścień
- [ ] Izomer trans jest to cząsteczka której dwa podstawniki umieszczone są po przeciwnych płaszczyznach wyznaczonej przez wiązanie podwójne lub pierścień
- [ ] Określenie izomeru jak E świadczy o tym, że zawiera grupy o wyższym priorytecie które znajdują się po przeciwnych stronach płaszczyzny, wyznaczonej przez wiązanie podwójne

Ćwiczenie 4

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 5

Czy związek przedstawiony na rysunku tworzy izomery geometryczne? Odpowiedz i uzasadnij.



Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 6

Dekalina to związek organiczny, stosowany jako rozpuszczalnik żywic.

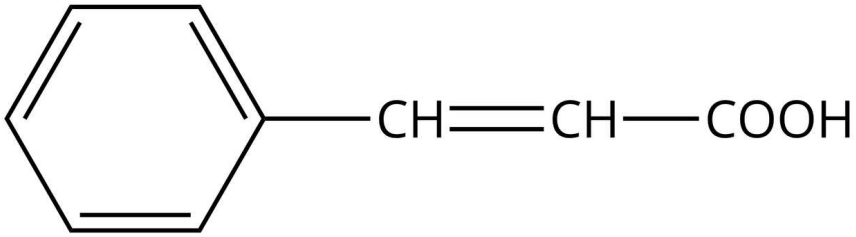
Zaznaczone atomy wodoru mogą być ułożone w różny sposób w przestrzeni. Z tego względu wyróżnia się izomery *cis* i *trans*.

Używając klinów umieszczonych poniżej, przedstaw wzory *trans*- i *cis*- dekaliny.

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 7

Kwas cynamonowy to związek o wzorze:



Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Kwas ten stosowany jest w kosmetyce. Istnieje zarówno jako izomer *E*, jak i *Z*.

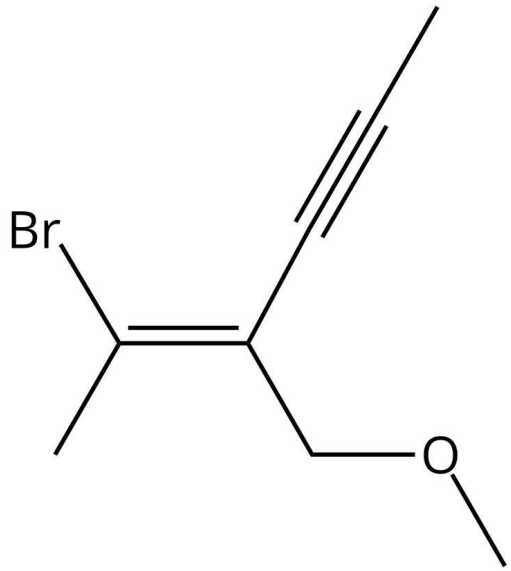
Narysuj wzór izomeru *E* kwasu cynamonowego.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8

Poniżej przedstawiono wzór pewnego związku. Określ, czy jest to izomer *E*, czy *Z*. Odpowiedź uzasadnij.

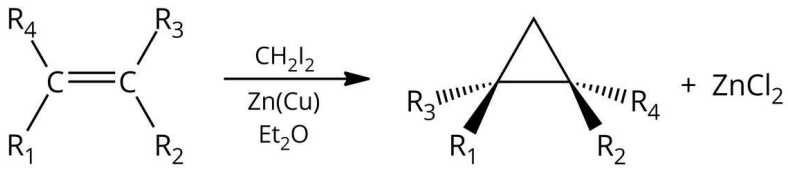


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

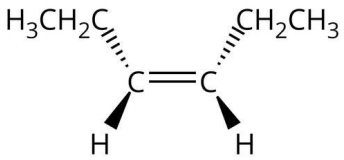
Odpowiedź:

Ćwiczenie 9

Reakcja Simmonsa-Smitha jest to reakcja alkenu, prowadząca do otrzymania cyklopropanu. Reakcja jest stereospecyficzna, co oznacza że pozycja podstawników w cząsteczce alkenu jest zachowana w produkcie cyklicznym. Poniżej przedstawiono ogólny schemat reakcji (gdzie *R* to H, grupa alkilowa);



Zapisz równanie reakcji oraz podaj wzór produktu oraz typ (izomer *cis* lub *trans*), jeżeli związkiem startowym będzie cząsteczka o wzorze:



Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Izomeria geometryczna w związkach organicznych

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum, zakres rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym.

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

XII. Wstęp do chemii organicznej. Uczeń:

5) wyjaśnia zjawisko izomerii geometrycznej (cis–trans); uzasadnia warunki wystąpienia izomerii geometrycznej w cząsteczce związku o podanej nazwie lub o podanym wzorze strukturalnym (lub półstrukturalnym); rysuje wzory izomerów geometrycznych.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- wyjaśnia pod kątem budowy czym są izomery cis-trans oraz izomery E-Z;
- stosuje reguły pierwszeństwa podstawników zgodnie z metodą Cahna, Ingolda i Preloga do określenia, czy cząsteczka jest izomerem *E* czy *Z*;
- rysuje izomery cząsteczek w oparciu o podane ich nazwy zgodnie z konwencją nazewnictwa *cis-trans* oraz *E-Z*;
- klasyfikuje izomery do izomerów cis-trans lub E-Z.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- analiza materiału źródłowego;
- dyskusja dydaktyczna;
- ćwiczenia uczniowskie;
- technika bateria;
- animacja;
- modelowanie.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca zbiorowa.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- rzutnik multimedialny;
- tablica interaktywna/tablica, kreda/mazak;
- modele kulkowo-pręcikowe.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej okładkę e-materiału, na którym przedstawiona jest oliwa z oliwek. Komunikuje uczniom, że tłuszcze trans są zawarte w oliwie z oliwek. Po czym wykorzystuje pytania zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, np.: Czy wiesz co oznaczają oznaczenia cis i trans? Jakie związki organiczne mogą tworzyć tego rodzaju izomery?
2. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.
3. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się zdefiniować izomerię geometryczną.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie samodzielnie analizują w e-materiale treści. Nauczyciel rozdaje uczniom modele kulkowo-pręcikowe. Podczas omawiania tekstu nauczyciel poleca uczniom aby w parach skonstruowali modele kolejnych cząsteczek pokazanych w części przeczytaj. Następnie weryfikuje poprawność wykonania zadania przez każdą parę. Na podstawie tekstu oraz wykonanych modeli uczniowie formułują definicję pojęć: izomer cis, izomer trans, izomer E oraz izomer Z.

2. Nauczyciel poleca uczniom samodzielną pracę z medium bazowym – animacją dotyczącą izomerii geometrycznej. Uczniowie analizują medium, a następnie sprawdzają swoją wiedzę, wykonując zadania załączone do medium bazowego.
3. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się". Uczniowie wykonują zadania. Nauczyciel może wyświetlić treść poleceń na tablicy multimedialnej. Po każdym przeczytanym poleceniu nauczyciel daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętny uczeń z danej pary udziela odpowiedzi/prezentuje rozwiązanie na tablicy. Pozostali uczniowie ustosunkowują się do niej, proponując ewentualnie swoje pomysły. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej. Ćwiczenia, których uczniowie nie zdążą wykonać podczas lekcji mogą być zlecone do wykonania w ramach pracy domowej.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% zaznaczają karteczkami samoprzylepnymi w jakim stopniu opanowali zagadnienia wynikające z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji. W przypadku, gdy bateria nie jest naładowana w 100%, zastanawiają się w jaki sposób podnieść swój poziom posiadanej wiedzy?

Praca domowa:

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia w e-materiale w sekcji „Sprawdź się", których nie zdążyli wykonać na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Animacja może być użyta jako forma wprowadzająca przed przystąpieniem do wykonywanych zadań lub może zostać wykorzystana podczas rozwiązywania ćwiczeń zadanych w ramach pracy domowej.

Materiały pomocnicze:

Nauczyciel przygotowuje planszę z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% do oceny stopnia opanowania zagadnień oraz karteczki samoprzylepne dla uczniów.