



Jak zbudowana jest cząsteczka benzenu?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Audiobook](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jak zbudowana jest cząsteczka benzenu?

Czy wyobrażałeś sobie, jak to jest stanąć „oko w oko” z cyklonem?

Źródło: dostępny w internecie: pixabay.com, domena publiczna.

Cyklon to rodzaj cyrkulacji atmosferycznej, który jest ściśle związany ze zmianą pogody i występuje zazwyczaj w strefie międzyzwrotnikowej. Oko cyklonu to jego centralny obszar, który może mieć średnicę od 20 do 50 kilometrów. W tym miejscu niebo jest bezchmurne, nie ma opadów, a wiatr traci na swojej sile. Natomiast dookoła oka cyklonu znajdują się kłębiaste chmury, i dlatego w tej strefie występują burze i gwałtowne ulewę. Czy wiesz, że benzen to węglowodór cykliczny, który pod pewnymi względami podobny jest do cyklonu? Przekonasz się o tym, kiedy poznasz jego budowę.

Twoje cele

- Omówisz rozwój poglądów na temat ogólnej budowy cząsteczki benzenu.
- Scharakteryzujesz budowę cząsteczki benzenu z uwzględnieniem delokalizacji elektronów.
- Wymienisz nazwy węglowodorów będących homologami benzenu.

Przypomnienie wiadomości o węglowodorach

Aby dobrze zrozumieć tematy dotyczące węglowodorów, należy znać podstawowy zestaw ogólnych informacji na ich temat.

Jeżeli nie jesteś pewny/pewna swojej wiedzy – kliknij w poniższą listę i zapoznaj się z jej treścią. Po przypomnieniu sobie potrzebnych informacji, przejdź do pracy z materiałem.

Definicja

Węglowodory to najprostsze organiczne związki chemiczne. Szkielet związków organicznych zbudowany jest z atomów węgla, połączonych ze sobą lub z innymi pierwiastkami wiązaniem kowalencyjnym. Cząsteczki węglowodorów tworzą wyłącznie czterowartościowe atomy węgla, wysyczone atomami wodoru. Jednak mimo prostej budowy (tylko atomy dwóch pierwiastków chemicznych) mogą tworzyć tysiące różnych związków chemicznych. Węglowodory tworzą szeregi homologiczne.

Budowa szkieletu

- Topologia łańcucha

Atomy węgla w węglowodorach mogą łączyć się bezpośrednio ze sobą, tworząc łańcuchy. Łańcuchy te mogą być proste (bez rozgałęzień), rozgałęzione lub mogą zamykać się w pierścienie. Dlatego też istnieje wiele różnych grup (rodzin) węglowodorów. Węglowodory łańcuchowe nazywamy alifatycznymi, a węglowodory pierścieniowe – cyklicznymi.

Węglowodory **alifatyczne** (węglowodory łańcuchowe), węglowodory o atomach węgla połączonych w otwarte łańcuchy (proste lub rozgałęzione).

Węglowodory **cykliczne** (węglowodory pierścieniowe), węglowodory o atomach węgla połączonych w pierścienie (jeden lub więcej).

- Typ i liczba wiązań między atomami węgla – krotność wiązań.

Wśród węglowodorów łańcuchowych wyróżniamy węglowodory **nasycone** (alkany) i **nienasycone** (alkeny, alkiny).

Wśród węglowodorów pierścieniowych możemy wyróżnić węglowodory **cykloalifatyczne** (cykloalkany, cykloalkeny) oraz **aromatyczne** (pierścieniowe z układem aromatycznym).

Węglowodory nasycone to takie, które posiadają w swoich cząsteczkach jedynie wiązania pojedyncze.

Węglowodory nienasycone to takie, które posiadają w swoich cząsteczkach wiązania wielokrotne. Może być ono jedno lub kilka.

Węglowodory cykloalifatyczne to węglowodory pierścieniowe, nasycone lub nienasycone (cykloalkany, cykloalkeny).

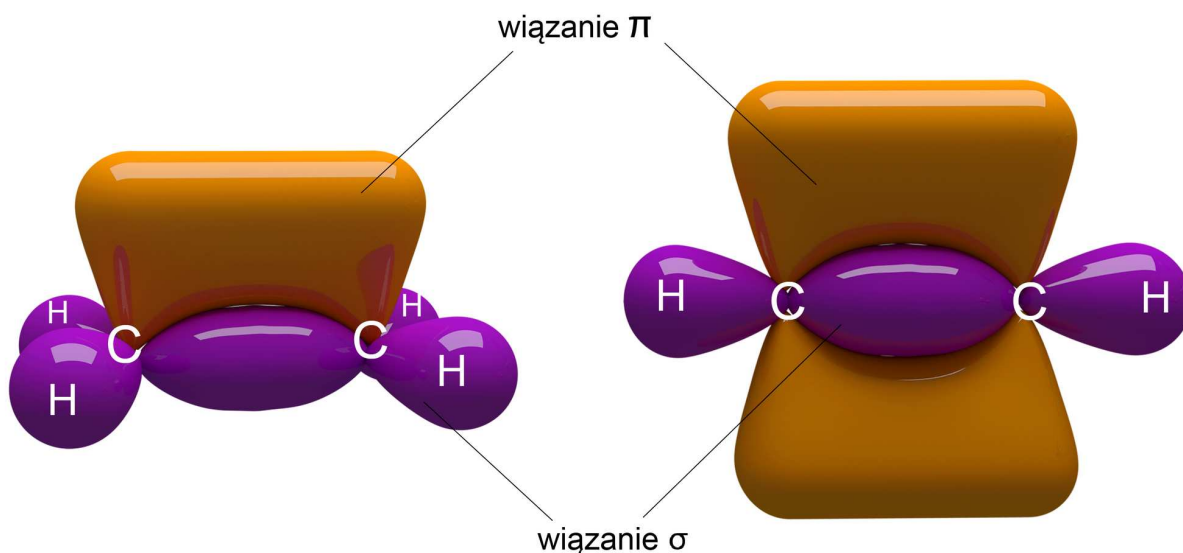
Węglowodory aromatyczne (areny), węglowodory cykliczne (pierścieniowe - jedno lub wielopierścieniowe) z układem aromatycznym. W węglowodorach tych obecne są sprzężone wiązania wielokrotne (naprzemiennie pojedyncze i podwójne), np. benzen, homologi benzenu.

Ogólny podział

Podział ogólny węglowodorów przedstawia mapa myśli znajdująca się poniżej.

Wiązania

- Krotność wiązań: **pojedyncze**, **podwójne**, **potrójne** i wielokrotność wiązań.
W węglowodorach mogą występować wiązania pojedyncze (alkany), wiązania podwójne (alkeny) oraz wiązania potrójne (alkiny). Wiązania wielokrotne mogą występować w liczbie większej niż jedno pomiędzy atomami węgla, np. dwa wiązania podwójne w dienach.
- Typ wiązań **sigma (σ)**, **pi (π)** to wiązania występujące w węglowodorach. Wiązanie pojedyncze jest wiązaniem typu sigma, natomiast wiązanie podwójne i potrójne są wiązaniami typu sigma i pi (1 sigma 1 pi (podwójne), 1 sigma 2 pi (potrójne)).

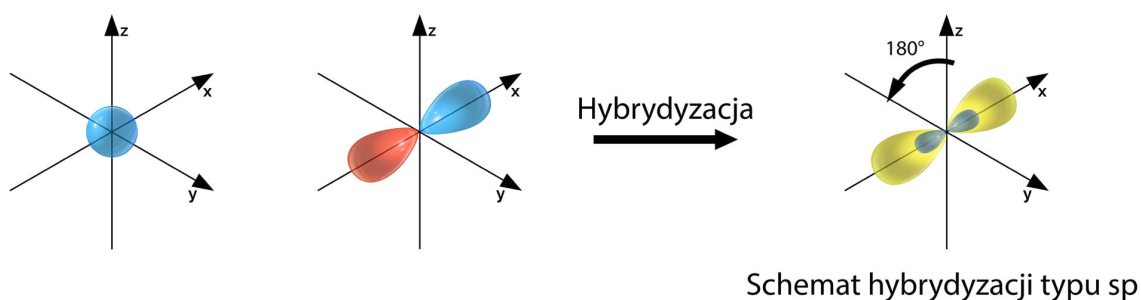


Źródło: GroMar Sp. z o.o., Licencja: CC BY-SA 3.0

Hybrydyzacja

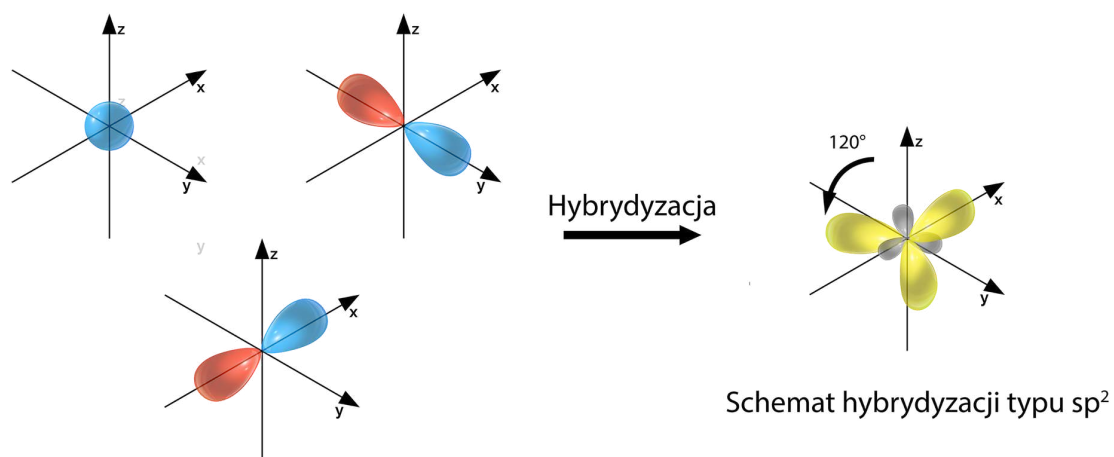
Mieszanie się orbitali atomowych, które doprowadza do powstania orbitali zhybrydowanych. Operacja ta umożliwia przewidzenie kształtu danej cząsteczki. Wyróżniamy następujące typy hybrydyzacji w węglowodorach: sp , sp^2 , sp^3 :

- sp - atom węgla tworzy z atomami sąsiednimi dwa wiązania sigma i dwa wiązania pi (z jednym lub dwoma sąsiadami): etyn;



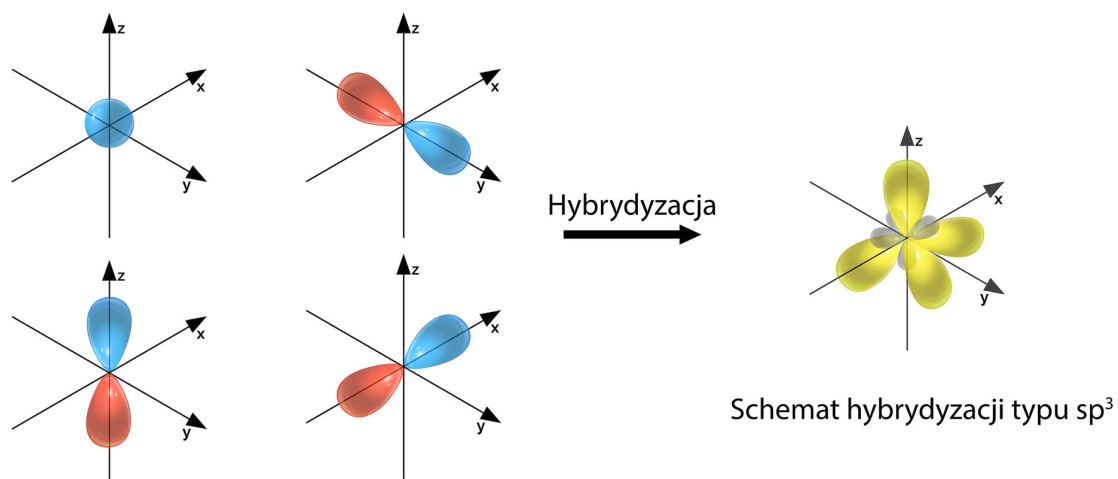
Źródło: GroMar Sp. z o.o., Licencja: CC BY-SA 3.0

- sp^2 - atom węgla tworzy z atomami sąsiednimi trzy wiązania sigma i jedno wiązanie pi: eten, benzen;

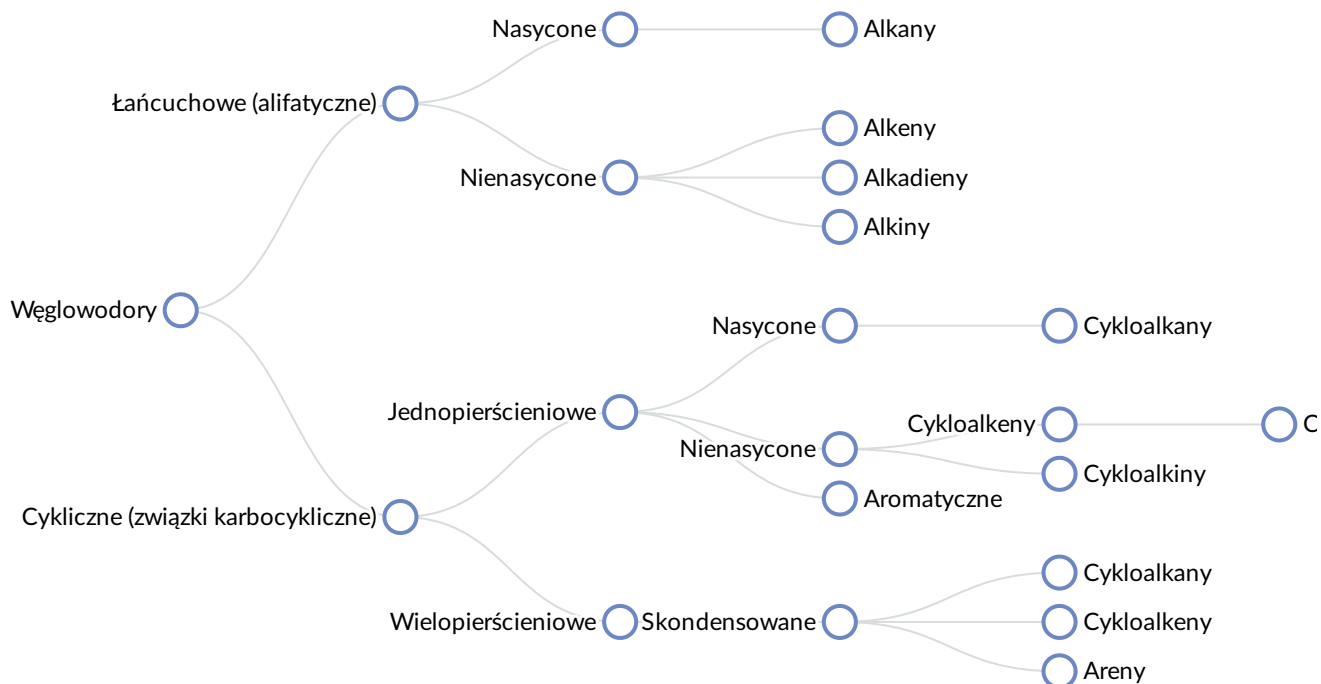


Źródło: GroMar Sp. z o.o., Licencja: CC BY-SA 3.0

- sp^3 - atom węgla tworzy z atomami sąsiednimi cztery wiązania sigma: metan, etan.



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



Ogólny podział węglowodorów

Budowa cząsteczki benzenu

Definicja i ogólny podział

Benzen - przedstawiciel pewnej rodziny węglowodorów. Zbudowany jest wyłącznie z 6 atomów węgla oraz 6 atomów wodoru. Został on wyodrębniony na początku XIX wieku przez Michaela Faradaya.

Ćwiczenie 1

Na podstawie już zdobytej wiedzy z e-materiału, napisz do jakiej rodziny węglowodorów należy benzen?

Benzen tworzy szereg homologiczny. Kolejne elementy szeregu to: naftalen, ksyleny (i inne z tego szeregu) antracen, naftacen, pentacen, heksacen itd.

Budowa szkieletu

Topologia łańcucha

Atomy węgla łącząc się między sobą w węglowodorach, mogą tworzyć formy otwarte - łańcuchowe (proste lub rozgałęzione) lub zamknięte- pierścieniowe. Benzen to węglowódor pierścieniowy. Jego cząsteczka ma kształt sześciokąta foremnego i jest płaska.

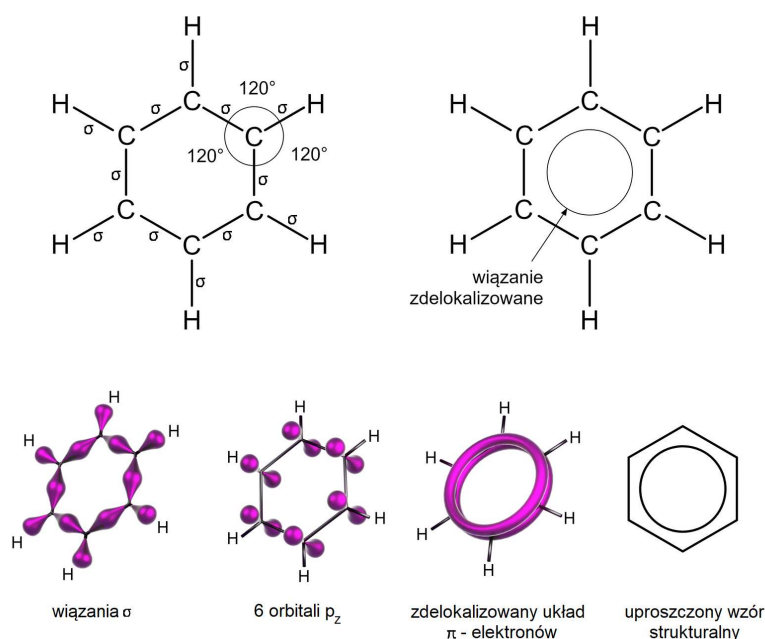
Typ i liczby wiązań między atomami węgla - krotność wiązań

Ze względu na typ i liczbę wiązań między atomami węgla w cząsteczce benzen posiada sprzężone wiązania wielokrotne (naprzemiennie pojedyncze i podwójne).

Wiązania i hybrydyzacja

Atomy węgla w cząsteczce benzenu ulegają **hybrydyzacji** sp^2 , kąty pomiędzy wiązaniami wynoszą 120° . Odległości między atomami węgla wynoszą 139 pm. Benzen posiada wspomniane sprzężone wiązania wielokrotne- pojedyncze i podwójne. Każdy z atomów węgla związany jest z sąsiednimi dwoma atomami węgla wiązaniem sigma. Powstają one przez nałożenie się s-hybrydowanych orbitali sp^2 od każdego atomu węgla. Dodatkowo każdy atom węgla połączony jest również z atomem wodoru, również wiązaniem typu sigma. Powstaje ono przez nałożenie s-hybrydowanego orbitalu sp^2 od atomu węgla i orbitalu s z atomu wodoru. W sumie jest ich 3 przy każdym atomie węgla.

Atomy węgla w pierścieniu połączone są wspomnianymi wiązaniami pojedynczymi oraz wiązaniem, które swym zasięgiem obejmuje 6 atomów węgla. Jest to 6 niezhybrydowanych orbitali p_z , które nakładają się wzajemnie na siebie tworząc sekstet elektronowy. Wiązanie takie nazywane **zdelokalizowanym**. Dlaczego? W wyniku bocznego nakładania się orbitali p_z nie dochodzi do utworzenia wiązań podwójnych, ponieważ każdy orbital p_z może w równym stopniu oddziaływać na inne orbitale p_z .



Struktura i hybrydyzacja sp^2 atomów węgla w cząsteczce benzenu.

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

Słownik

związki cykliczne

związki, w których występują atomy związane ze sobą tak, że tworzą jeden lub więcej zamkniętych pierścieni

aromatyczność

charakterystyczna cecha niektórych cyklicznych związków org. (polienów) o sprzężonym układzie wiązań podwójnych i płaskiej budowie cząsteczki, przejawiająca się w ograniczeniu skłonności wiązań podwójnych do ulegania reakcjom przyłączenia (addycji), przy jednoczesnym zwiększeniu skłonności cząsteczek do reakcji podstawienia

hybrydyzacja

(łac. *hybrida* „mieszaniec”) tworzenie bardziej korzystnych energetycznie orbitali poprzez wymieszanie się orbitali atomowych, na skutek oddziaływania innych atomów podczas tworzenia cząsteczki (tylko w niektórych cząsteczkach)

delokalizacja elektronów

stan, w którym pojedynczy elektron bierze udział w tworzeniu więcej niż 1 wiązania

Bibliografia

Atkins P., Jones L., *Chemia ogólna. Cząsteczki, materia, reakcje*, Warszawa 2004..

Mastalerz P., *Podręcznik chemii organicznej*, Warszawa 1998.

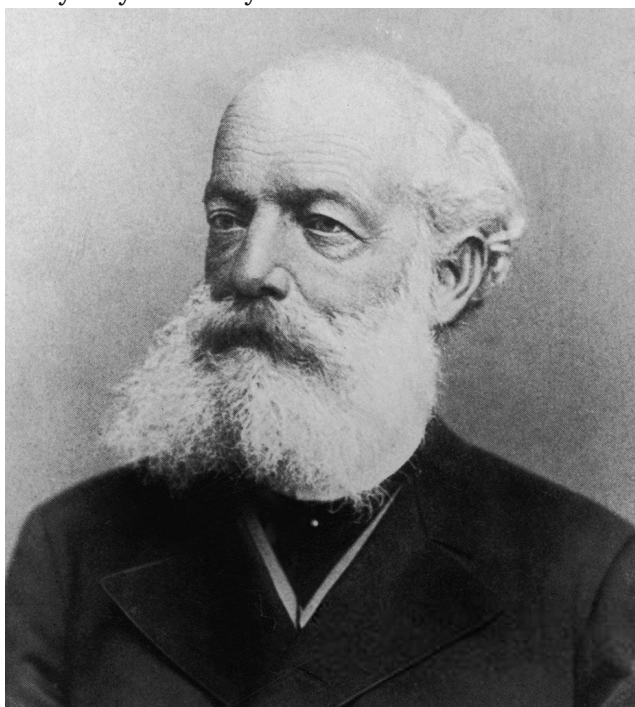
McMurry J., *Chemia organiczna*, t. 1-2, Warszawa 2000.

Morrison R. T., Boyd R. N., *Chemia organiczna*, t. 1-2, Warszawa 1997.

Friedrich August Kekulé von Stradonitz [czyt. kekule fon sztra:donic]

Urodził się 7 września 1829 r. Zmarł 13 lipca 1896 r. w Bonn. Był to niemiecki chemik, który pracował na stanowisku profesora na uniwersytecie w Gandawie w Heidelbergu i Bonn. Nazywany jest współtwórcą teorii budowy związków organicznych.

Na podstawie prowadzonych badań dowiódł, że węgiel jest czterowartościowy, a jego atomy, występujące w związkach organicznych, mogą brać udział w tworzeniu łańcuchów. Określany jest mianem odkrywcy budowy benzenu.



Friedrich August Kekulé von Stradonitz

Źródło: Domena Publiczna, dostępny w internecie: pl.wikipedia.org.

Polecenie 1

Zapoznaj się z treścią audiobooka dotyczącego odkrycia budowy cząsteczki benzenu. Dowiesz się, jaki udział w rozwoju chemii organicznej miał Friedrich Kekulé. Następnie rozwiąż poniższe zadania.

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/PkDm36mep>

Jak zbudowana jest cząsteczka benzenu?

Był ciepły, wrześnieowy wieczór. Friedrich Kekule wracał zmęczony po całym dniu pracy. Na szczęście udało mu się zdążyć na ostatni odjazd omnibusa. Zajął jedyne wolne miejsce na końcu. Wiedział, że nareszcie może odpocząć po ciężkim pełnym zajęć dniu. Przez okno przyglądał się wyjątkowo pustym o tej porze ulicom Londynu. Mimo że jeździł tą trasą codziennie, zawsze dostrzegał coś niezwykłego.

Często wracał wspomnieniami do życia, jakie prowadził w Gandawie. Architektura była tym, co go fascynowało – te niesamowite kształty budynków, zdobione fasady, kolumny. We wszystkim widział pewnego rodzaju harmonię. Zaczął jednak myślami podążać w innym kierunku. Marzenia pochłoneły go bez reszty aż przymknął powieki... Nagle, przed oczami zobaczył krążące atomy. Twory te były w nieustannym ruchu, widział wyraźnie, jak dwa mniejsze łączą się ze sobą w pary, jak większe otaczają dwa mniejsze, a jeszcze większe utrzymywały to wszystko w zawrotnym tańcu. Większe atomy tworzyły łańcuch, wciągając mniejsze, ale tylko na końcach łańcucha (...).

Nagle Friedrich obudził się, a w omnibusie nie było ani jednego pasażera. Dojeżdżał już na ostatni przystanek, na którym powinien wysiąść. Zebrał torbę z rzeczami, wysiadł i powolnym krokiem ruszył w stronę swojego domu. Wiedział, że to, co zobaczył, mogło mieć coś wspólnego ze strukturami związków.

Nadeszła wolna niedziela, Kekule spędzał czas na spacerze, korzystając z ostatnich promieni słońca. W powietrzu wyczuwalny był już jesienny chłód. Spacerował po parku, znajdującym się dwie ulice od jego domu. Półmrok, który zaczął wylewać się na ulice Londynu, sugerował aby wracać. Friedrich skierował więc kroki na swoją ulubioną trasę.

Będąc już w domu rozpałił ogień w piecu. Wieczory były już naprawdę zimne. Odwrócił fotel w stronę kominka, rozsiadł się i pogrążył w półśnie. Atomy znowu zaczęły harcować przed jego oczami. Tym razem mniejsze grupy trzymały się skromnie z tyłu. Jego czujność, wyostrzona przez powtarzające się podobne wizje, rozróżniała teraz większe twory o różnorodnym kształcie. Długie szeregi, kilkakrotnie ściśle ze sobą złączone, wiły się i skręcały niczym węże. W pewnym momencie zdziwił się. Jeden z tych węży chwycił swój własny ogon i szyderczo kręcił się przed jego oczami.

Kekule ocknął się, zerwał się z krzesła i od razu pobiegł do swojego biurka. Chciał jak najszybciej zapisać wszystko to, co zobaczył w swoim śnie. Resztę nocy spędził na rozpracowywaniu wniosków z tej wizji.

Od czasu, kiedy Kekule ujrzał oczami wyobraźni tańczące węże, prawie w ogóle nie sypiał. Każdą wolną chwilę pochłaniało mu przeglądanie materiałów naukowych czy

rysowanie na kartce układów, które wówczas zobaczył. Kreślił bezładnie po wielu kartkach, szukając odpowiedzi na nurtujące go pytania.

Po kilku tak pracowitych dniach i nieprzespanych nocach, poszukującemu rozwiązania zagadkowej struktury chemikowi przyśniło się sześć małych rozrabiających na drzewie. Nagle, w jednej chwili małpki wyskoczyły w powietrze i utworzyły trudny do rozerwania wirujący, sześciokątny krąg. Każda z nich w jednej łapce trzymała banana. Porażony odkryciem Kekulé, obudził się i natychmiast naszkicował wysnioną strukturę – sześciokąt. W każdym narożu figury wpisał atom węgla. Naprzemiennie ułożone pojedyncze i podwójne chwytaki łapek małych określił jako wiązania pojedyncze i podwójne, a trzymane banany jako wiązania pojedyncze pomiędzy atomami węgla i atomami wodoru. To tworzyło spójną całość – pomyślał. Dumny ze swojego odkrycia – struktury benzenu – odetchnął z ulgą i w końcu położył się spokojnie spać.

Źródło: Kamila Piec, opracowano na podstawie:

<https://wiedza.alkahest.umcs.pl/co-wysnil-kekule/> [dostęp 17.02.2020r.]

https://pl.wikipedia.org/wiki/Friedrich_August_Kekulé_von_Stradonitz [dostęp 17.02.2020], licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 1

Co według legendy pomogło Friedrichowi Kekulé w określeniu budowy benzenu?

- ☐ Reakcje przeprowadzone w laboratorium Profesora.
- ☐ Notatki, które znalazł w starych książkach.
- ☐ Badania spektroskopowe przeprowadzone na uczelni.
- ☐ Wizje, które pojawiały się w snach profesora.

Ćwiczenie 2

Reguła Hückla to prosta metoda, pozwalająca na sprawdzenie, czy płaski pierścień badanego związku wykazuje aromatyczność. Oparta jest na wzorze wyznaczającym liczbę zdelokalizowanych elektronów π , czyli $4n+2$, gdzie n to liczba naturalna. Obowiązuje dla n w granicach 0–6. Czy benzen spełnia tę regułę?

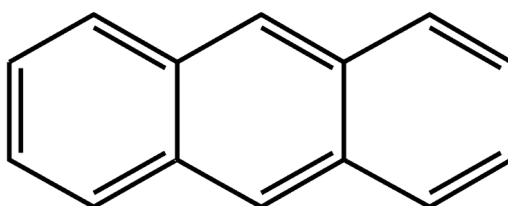
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Poniżej przedstawiono trzy sposoby podziału węglowodorów. Przedstawicielem, której grupy związków jest antracen, którego wzór przedstawiono poniżej? Na końcu którego szeregu można go umieścić?



Wzór antracenu

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

- ☐ węglowodory - łańcuchowe - nienasycone - alkiny -
- ☐ węglowodory - cykliczne - wielopierścieniowe - aromatyczne -
- ☐ węglowodory - cykliczne - jednopierścieniowe - nienasycone - cykloalkiny -

Ćwiczenie 2



Zaznacz poprawne odpowiedzi.

Jakie zwierzęta pomogły Kekulemu „odkryć” strukturę benzenu?

☐ węże

☐ jaszczurki

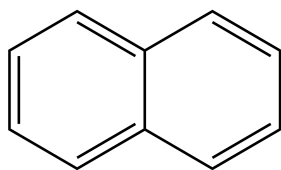
☐ koty

☐ małpy

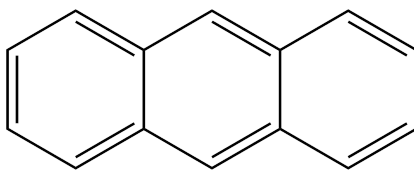
Ćwiczenie 3



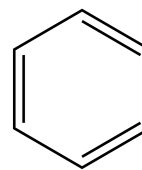
Dopasuj wzory sumaryczne i ich nazwy do wzorów strukturalnych.



benzen C_6H_6



naftalen $C_{10}H_8$

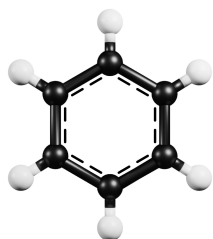


antracen $C_{14}H_{10}$

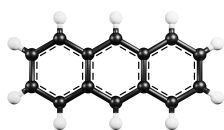
Źródło: GroMar Sp.z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 4

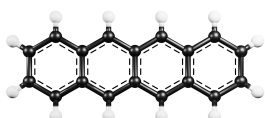
Do podanych struktur podaj ich nazwy.



naftacen



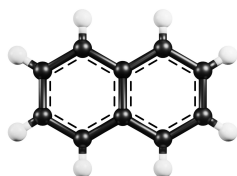
heksacen



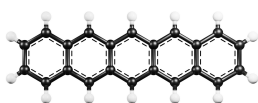
antracen



naftalen



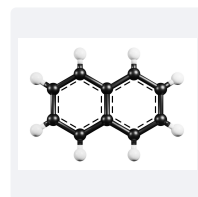
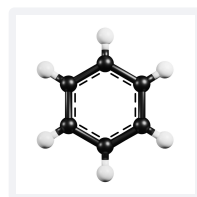
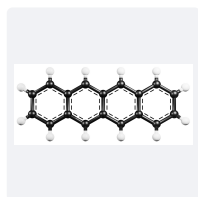
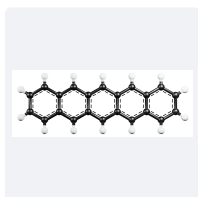
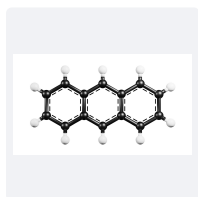
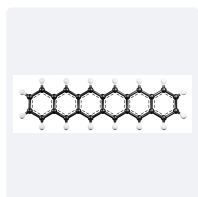
benzen



pentacen

Ćwiczenie 5

Ułóż poniższe węglowodory aromatyczne według kolejności występowania w szeregu homologicznym?



Źródło: GroMar Sp.z o.o. opracowano na podstawie pl.wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 6



W podanym tekście wkradły się błędy. Wskaż je i popraw.

Atomy węgla w cząsteczce benzeny ulegają hybrydyzacji sp^3 , a kąty pomiędzy wiązaniami wynoszą 139° . Odległości między atomami węgla wynoszą 120 pm. Benzen posiada wspomniane sprzężone wiązania wielokrotne - pojedyncze i podwójne. Każdy z atomów węgla związany jest z sąsiednimi trzema atomami węgla wiązaniem pi. Powstają one przez nałożenie się zhybrydowanych orbitali sp od każdego atomu wodoru. Dodatkowo każdy atom węgla połączony jest również z atomem wodoru wiązaniem typu sigma. Powstaje ono przez nałożenie zhybrydowanego orbitalu sp^2 od atomu węglowodoru i orbitalu p_z z atomu wodoru.

Ćwiczenie 7



Jaki węglowodór aromatyczny możesz zbudować, mając 6 atomów węgla oraz 3 atomy wodoru? Odpowiedź uzasadnij.

Ćwiczenie 8



Zapoznaj się z tekstem, a następnie rozwiąż zadanie.

Przed rozpoczęciem II wojny światowej benzen otrzymywano głównie na skalę przemysłową przez ekstrakcję ze smoły pogazowej. Po zakończeniu wojny wzrosło zapotrzebowanie na ten surowiec, zwłaszcza w rozwijającym się wówczas przemyśle tworzyw sztucznych. Zapisz równanie reakcji chemicznej, które obrazuje proces otrzymywania benzenu za pomocą trimeryzacji acetylenu przez ogrzewanie go w obecności węgla aktywnego.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je we wskazanym miejscu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Temat: Jak zbudowana jest cząsteczka benzenu?

Autor: Wioleta Kopek-Putała

Przedmiot: chemia

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym (podstawowym/rozszerzonym)

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

XIII. Węglowodory Uczeń:

7) opisuje budowę cząsteczki benzenu z uwzględnieniem delokalizacji elektronów; wyjaśnia, dlaczego benzen, w przeciwieństwie do alkenów i alkinów, nie odbarwia wody bromowej ani wodnego roztworu manganianu(VII) potasu.

Zakres rozszerzony

XIII. Węglowodory Uczeń:

9) opisuje budowę cząsteczki benzenu z uwzględnieniem delokalizacji elektronów; wyjaśnia, dlaczego benzen, w przeciwieństwie do alkenów i alkinów, nie odbarwia wody bromowej ani wodnego roztworu manganianu(VII) potasu.

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:

- przedstawia rozwój poglądów na temat ogólnej budowy cząsteczki benzenu;

- opisuje budowę cząsteczki benzenu z uwzględnieniem delokalizacji elektronów;
- wymienia nazwy węglowodorów będących homologami benzenu.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- IBSE.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja;
- burza mózgów;
- praca z e-materiałem;
- praca z modelami.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- karty z nazwą lub wzorem sumarycznym;
- modele atomów i wiązań węglowodorów.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Nauczyciel stawia na stół pierścionelek oraz odczynnik benzen (lub jego zdjęcie) jako inspirację do dyskusji na temat węglowodorów aromatycznych. Następnie zadaje pytanie: dlaczego pierścionelek (obraczka) chemikowi kojarzy się z benzenem?
2. Prowadzący przedstawia temat oraz wspólnie z uczniami formułuje cele lekcji.
3. Nauczyciel sprawdza wiedzę wyjściową uczniów na temat hybrydyzacji i węglowodorów. Uczniowie losują z zestawu dwie karty, na których są umieszczone odpowiedzi. Zadaniem uczniów jest ułożyć pytania do tych odpowiedzi.

Przykładowe zdania:

- Węglowodory nasycone ulegają reakcji polimeryzacji.
- Cykloalkany posiadają wzór ogólny C_nH_{2n} .
- Hybrydyzacja jest to tworzenie bardziej korzystnych energetycznie orbitali, poprzez wymieszanie się orbitali atomowych.

- W węglowodorach mogą występować wiązanie pojedyncze (alkany), wiązanie podwójne (alkeny), wiązanie potrójne (alkiny).
- Atomy węgla w węglowodorach mogą łączyć się bezpośrednio ze sobą, tworząc łańcuchy.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel, przy pomocy uczniów, przypomina charakterystykę i podział węglowodorów z uwzględnieniem benzenu.
2. Następnie poleca uczniom zbudować model benzenu z przygotowanych pomocy (zestaw modeli atomów węgla wodoru i wiązań).
3. Uczniowie otrzymują lub losują polecenie zbudowania innego modelu określonego węglowodoru. Każdy uczeń buduje swoje modele kulkowe, a następnie kontroluje poprawność konstrukcji ucznia siedzącego w najbliższym sąsiedztwie.
4. Uczniowie w parach wymyślają, jak można przedstawić zdelokalizowane elektrony na modelach. O swoich rozwiązaniach dyskutują na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. Następnie nauczyciel wspólnie z uczniami podsumowuje budowę benzenu.
2. Uczniowie z wykonanych modeli układają szereg homologiczny i tworzą e-poster obrazujący szereg homologiczny węglowodorów aromatycznych.
3. Uczniowie samodzielnie sprawdzają zdobytą wiedzę, wykonując cztery ćwiczenia załączone do e-materiału.

Praca domowa:

Uczniowie mają napisać, jakie są kolejne człony omawianego szeregu homologicznego.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Medium można zastosować podczas lekcji powtórzeniowej oraz do innych tematów dotyczących benzenu.

Materiały pomocnicze:

- kartki papieru;
- długopisy;
- ołówki;
- gumki;
- aparat fotograficzny.