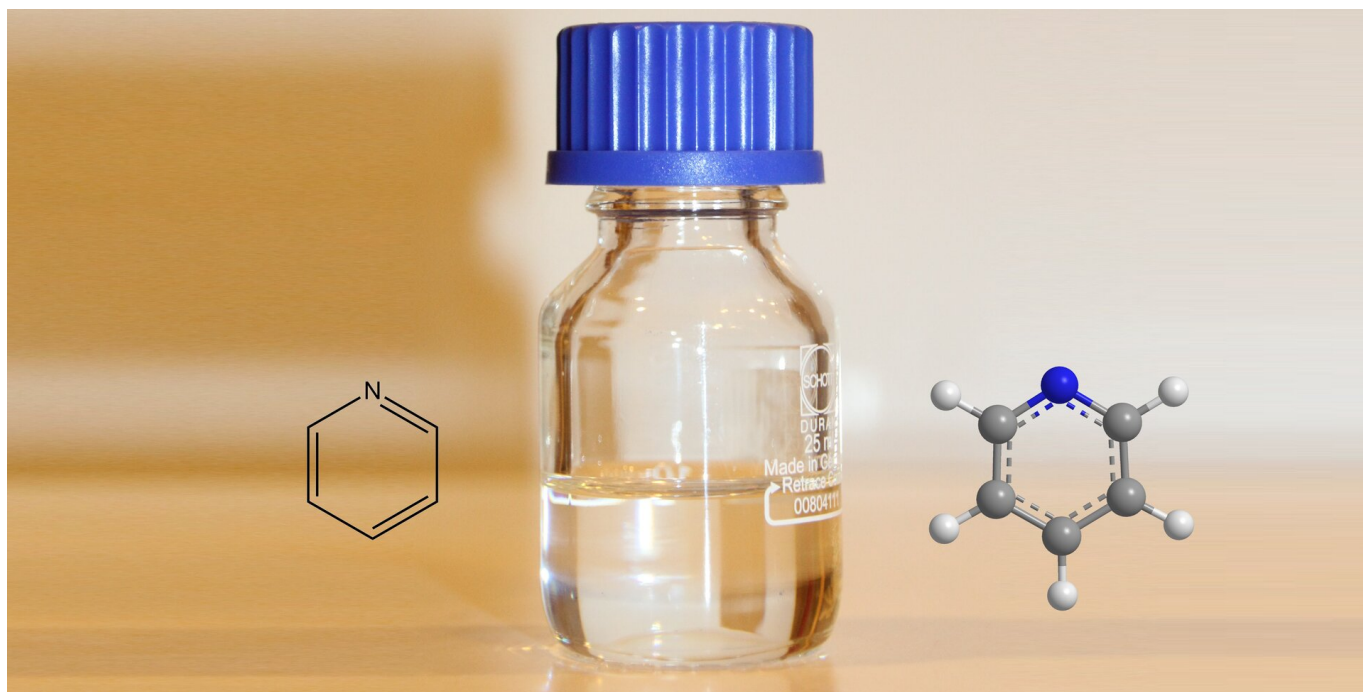




Co to jest nukleofil?

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



Pirydyna występuje w postaci bezbarwnej i higroskopijnej cieczy, o nieprzyjemnym zapachu i bardzo silnych właściwościach nukleofilowych.

Źródło: LHcheM, zmienione, dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Reakcje zachodzące w chemii organicznej mogą być klasyfikowane ze względu na mechanizm. Pozwala to na szybką ocenę warunków przeprowadzania reakcji, nawet w przypadku skomplikowanych procesów. Jedną z metod, która umożliwia kwalifikowanie mechanizmów reakcji jest rozpoznawanie czynnika atakującego, prowadzącego do utworzenia nietrwałego stanu pośredniego.

Twoje cele

- Wywnioskujesz, jakie kryteria musi spełnić cząsteczka lub jon, aby mogła pełnić rolę nukleofila.
- Preanalizujesz przykłady reakcji zachodzących według mechanizmu nukleofilowego.
- Wskażesz nukleofil w równaniach reakcji.

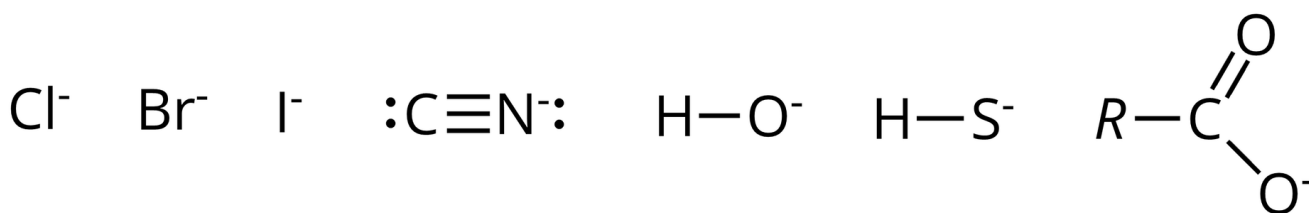
Przeczytaj

Podział reakcji chemicznych w chemii organicznej opiera się na mechanizmie, wg którego dana reakcja zachodzi. W przypadku reakcji wieloetapowych, o mechanizmie decyduje ten zachodzący najwolniej. Z tego powodu istotne jest rozpoznawanie czynników, które atakują substraty z wytworzeniem nietrwałego stanu przejściowego.

Reakcje w chemii organicznej są klasyfikowane na podstawie czynnika atakującego substrat. Można wyróżnić rodniki (posiadają niesparowany elektron). Mogą one atakować niepolarne fragmenty cząsteczki.

Spośród czynników, działających na polarne fragmenty cząsteczki, można wyróżnić:

- nukleofile – atakują dodatnio spolaryzowane fragmenty;
- elektrofile – atakują ujemnie spolaryzowane fragmenty.



Na schemacie zostały przedstawione przykłady nukleofilów. Posiadają one co najmniej jedną wolną parę elektronową oraz ładunek ujemny lub zerowy.

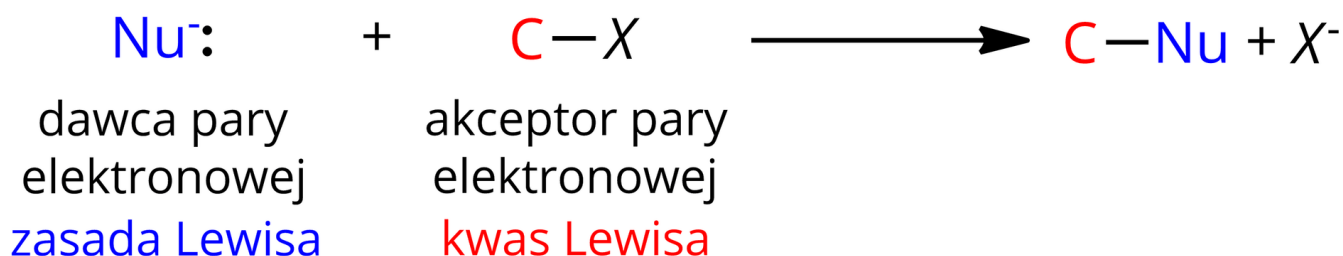
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Nukleofile jako czynniki powodujące zachodzenie reakcji chemicznych

Oprócz reaktywnych rodników, czyli atomów bądź fragmentów cząsteczek, które posiadają niesparowany elektron i mogą inicjować reakcje chemiczne w wielu miejscach cząsteczki substratu, w chemii organicznej występują także czynniki inicjujące reakcje o charakterze jonowym – nukleofile i elektrofile.

Jeśli atom węgla tworzy wiązanie z atomem o większej elektroujemności, wówczas pojawiający się na atomie węgla cząstkowy ładunek dodatni powoduje podatność na atak [nukleofila](#).

Określenie „**nukleofil**” dotyczy cząsteczki lub jonu, dysponującego wolną parą elektronową, która może atakować dodatnio spolaryzowany atom węgla (określany jako centrum elektrofilowe), tworząc tym samym z nią wiązanie. Ze względu na fakt, że w tym procesie następuje przekazanie wolnej pary elektronowej od nukleofila do elektrofilowego atomu węgla, można określić taki proces jako **reakcja kwasowo-zasadowa w ujęciu teorii Lewisa**.



Uprozczone przedstawienie reakcji substytucji wraz ze wskazaniem kwasu i zasady Lewisa

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

W przypadku fragmentów, które zawierają dużą gęstość elektronową – np. wiązania wielokrotne lub pierścienie aromatyczne – czynnikami powodującymi zachodzenie reakcji chemicznych są **elektrofile**.

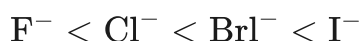
Charakter nukleofilowy

Charakter nukleofilowy określa się jako nukleofilowość. W ujęciu teorii Lewisa jest to wielkość związana z mocą zasady.

Dla cząsteczek/jonów, o analogicznej budowie, rośnie wraz ze wzrostem ładunku ujemnego.



Nukleofilowość rośnie wraz ze wzrostem charakteru zasadowego.



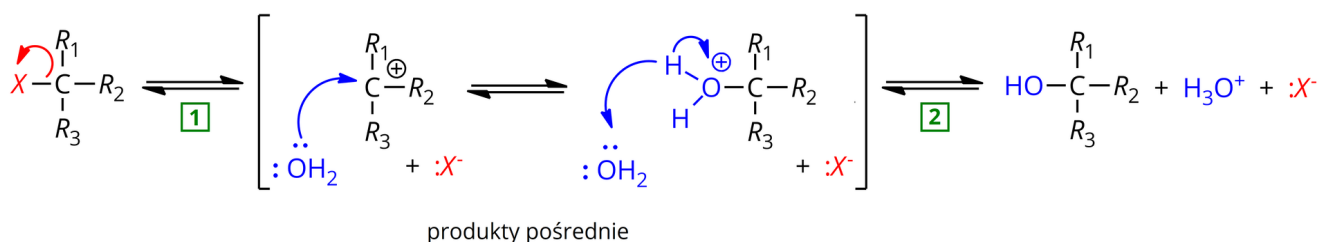
Słownik

nukleofil

(łac. *nucleus* „jądro”, gr. *philia* „lubić”), drobina (cząsteczka lub anion), dysponująca co najmniej jedną wolną parą elektronową; nukleofil – ze względu na posiadanie dużej gęstości elektronowej na jednym z atomów – będzie atakował centra spolaryzowane dodatnio

substytucja nukleofilowa S_N1

reakcja substytucji, zachodząca z udziałem nukleofila; w trakcie tej reakcji następuje najpierw odłączenie wymienianej grupy i utworzenie przejściowego karbokationu, który zawiera trójwiązalny atom węgla, obdarzony ładunkiem dodatnim, a kolejnym etapem jest przyłączenie nukleofila, prowadzące do utworzenia końcowego produktu

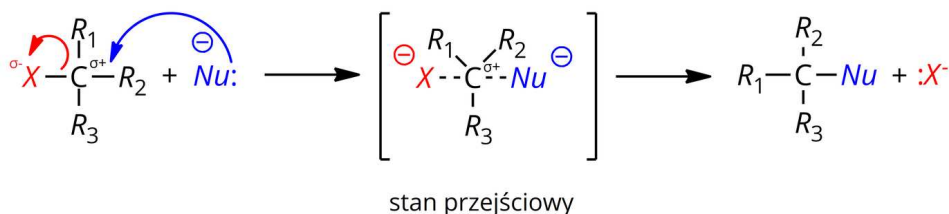


Schemat mechanizmu substytucji nukleofilowej S_N1, gdzie R₁, R₂, R₃ oznaczają grupy węglowodorowe lub atomy wodoru; X oznacza atom halogenu.

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

substytucja nukleofilowa S_N2

reakcja substytucji zachodząca z udziałem nukleofila; w trakcie tej reakcji pojawia się oddziaływanie elektrofilowego atomu węgla z przychodzącym nukleofilem, połączone z osłabianiem wiązania węgiel-grupa opuszczająca; w odróżnieniu od reakcji S_N1, stan przejściowy jest charakteryzowany przez obecność atomu węgla, otoczonego przez pięć atomów sąsiadujących z nim: trzy, do których tworzy wiązania, oraz dwa częściowo związane; kolejnym etapem jest osłabienie wiązania między elektrofilowym atomem węgla a grupą opuszczającą, połączone ze stabilizacją wiązania pomiędzy elektrofilowym atomem węgla a przychodzącym nukleofilem



Schemat mechanizmu substytucji nukleofilowej S_N2, gdzie R₁, R₂, R₃ oznaczają grupy węglowodorowe lub atomy wodoru; X oznacza atom halogenu, a Nu – nukleofil.

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

rozpuszczalnik protyczny

rozpuszczalnik, który może wymieniać protony ze względu na obecność wiązań kowalencyjnych spolaryzowanych pomiędzy atomami wodoru a innymi atomami; w przypadku obecności wiązań O—H lub N—H, taki rozpuszczalnik może tworzyć wiązania wodorowe między swoimi cząsteczkami, a także z cząsteczkami innych substancji posiadających odpowiedni fragment molekularny; przykładami rozpuszczalników protycznych są m.in. woda, alkohole, aminy pierwszo- i drugorzędowe, kwasy karboksylowe

rozpuszczalnik aprotyczny

rozpuszczalnik, który nie może wymieniać protonów ze względu na brak wiązań kowalencyjnych spolaryzowanych pomiędzy atomami wodoru a innymi atomami; zazwyczaj cząsteczki takich związków posiadają wiązania C—H; przykładami rozpuszczalników aprotycznych są m.in. węglowodory, aminy trzeciorzędowe, nitryle (związki zawierające grupę —CN połączoną z atomem węgla)

Bibliografia

Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Węglowodory. Repetytorium i zadania*, Kraków 2020.

Dudek-Różycki K., Płotek M., Wichur T., *Kompendium terminologii oraz nazewnictwa związków organicznych. Poradnik dla nauczycieli i uczniów*, Kraków 2020.

McMurry J., *Chemia Organiczna*, Warszawa 2003.

Film samouczek

Polecenie 1

Obejrzyj film samouczek i dowiedz się więcej na temat tego, czym jest nukleofil. Sprawdź swoją wiedzę, rozwiązując poniższe ćwiczenia.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Db7b3hRk>

Film samouczek pt. „Co to jest nukleofil?”

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

Film samouczek wyjaśnia czym jest nukleofil. Omawia czynniki atakujące w chemii organicznej, budowę nukleofila, jego cechy oraz sposób, w jaki reaguje, a następnie podaje przykłady nukleofili.

Ćwiczenie 1

Zaznacz, który zestaw zawiera wyłącznie nukleofile.

☐ HCl, CH_3^- , I^- , HS^- , H_3O^+ , $\text{CH}_3\text{CH}_2^\bullet$, NH_3

☐ CH_4 , H_2O , H^+ , H_2S , BF_3 , NH_4^+ , OH^-

☐ H_2O , CH_3^- , NH_2^- , HCl, F^- , H_2Se , CH_3COO^- , CN^- , NH_3

☐ CH_4 , NH_2^- , HBr, Cl^- , H_2Se , CH_3COOH , BF_3 , NH_4^+

Ćwiczenie 2

Uszereguj podane cząsteczki oraz jony wg ich rosnącej nukleofilowości:

< < < < <

NH_2^-

H_2O

OH^-

HCl

Cl^-

NH_3

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



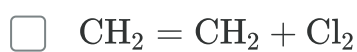
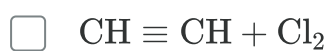
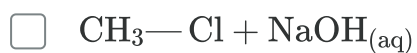
Wybierz nukleofile spośród podanych niżej drobin.



Ćwiczenie 2



Wybierz reakcje (jedną lub więcej), zachodzące wg mechanizmu nukleofilowego:



Ćwiczenie 3



Wybierz prawdziwe określenia spośród podanych w nawiasach.

Nukleofil jest wg teorii , ponieważ przekazuje wolną parę elektronową do centrum elektrofilowego.

Lewisa

kwasem

Brønsteda

zasadą

Ćwiczenie 4

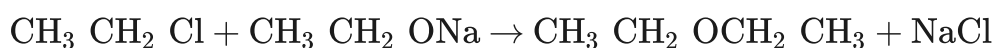


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 5

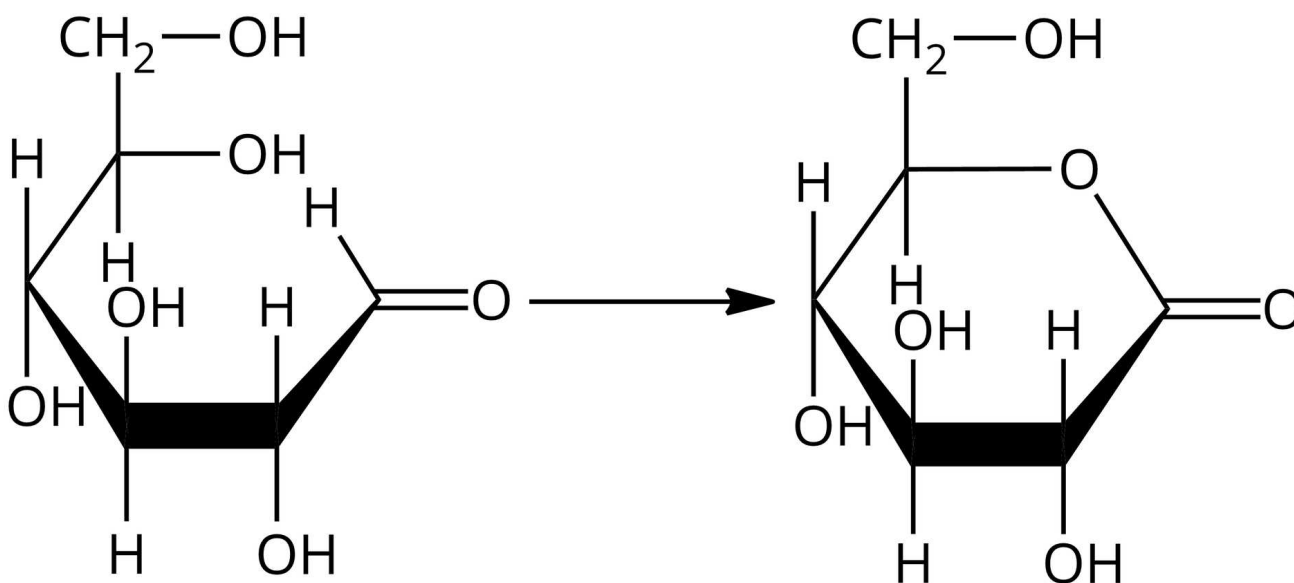


Wskaż nukleofil w równaniu reakcji.





Na poniższym rysunku przedstawiono równanie reakcji, która przebiegała wg mechanizmu nukleofilowego. Określ rodzaj reakcji – addycja, substytucja, eliminacja – oraz nazwij grupę nukleofilową.



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

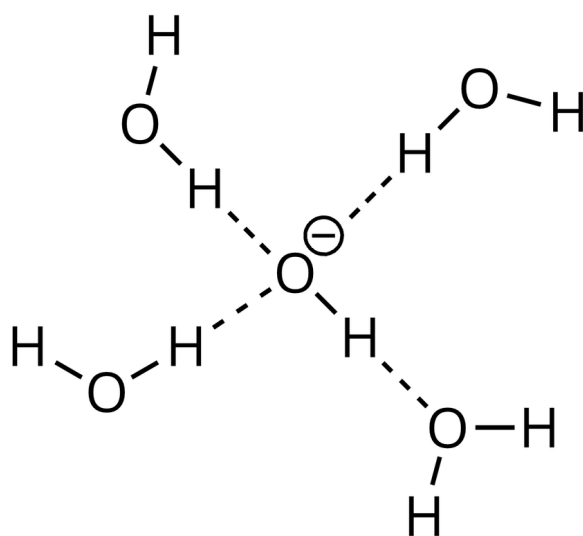
Odpowiedź:

Ćwiczenie 7



Rozpuszczalniki protyczne, czyli takie, które mogą wymieniać, oddawać lub przyjmować protony, wykazują tendencję do tworzenia wiązań wodorowych z atakującym nukleofilem, co będzie utrudniać reakcje substytucji nukleofilowej

S_N2 . Wynika to z faktu, że nukleofil będzie musiał pozbyć się cząsteczek rozpuszczalnika przed atakiem na centrum nukleofilowe. Zastosowanie rozpuszczalników nieprotycznych (aprotycznych), czyli niewymieniających protony, jest jednym z czynników przyspieszających reakcje, które zachodzą według mechanizmu S_N2 .



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

Na podstawie powyższej informacji, uzupełnij zdania.

Szybkość reakcji S_N2 , przeprowadzanej w acetonitrylu, będzie niż w etanolu, ponieważ acetonitryl – w odróżnieniu od etanolu – jest rozpuszczalnikiem .

Ćwiczenie 8



Na szybkość reakcji S_N2 ma wpływ zasadowy charakter grupy opuszczającej. „Dobra” grupa opuszczająca w reakcji S_N2 to taka, która łatwo ulega substytucji. Według tego mechanizmu jest słabą zasadą, wykazując tendencję do występowania w postaci anionowej. Często są to aniony słabych zasad, które pochodzą od sprzężonych z nimi mocnych kwasów.

Na podstawie powyższej informacji, uzupełnij zdania.

Lepszą grupą opuszczającą w reakcji S_N2 jest , ponieważ jest to słabsza zasada niż . Lepsza grupa opuszczająca jest zasadą sprzężoną z mocniejszym kwasem .

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Elżbieta Korzeniak, Tomasz Korzeniak, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Co to jest nukleofil?

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

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

I. Pozyskiwanie, przetwarzanie i tworzenie informacji. Uczeń:

1) pozyskuje i przetwarza informacje z różnorodnych źródeł z wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych.

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:

1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych;

4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną.

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:

- omawia kryteria musi spełnić cząsteczka lub jon, aby móc pełnić rolę nukleofila;
- podaje przykłady reakcji zachodzących według mechanizmu nukleofilowego;
- wskazuje nukleofil w równaniach reakcji.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- film samouczek;
- ćwiczenia uczniowskie;
- analiza materiału źródłowego;
- technika termometr.

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;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- rzutnik multimedialny;

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wykorzystuje informacje zawarte we wprowadzeniu do e-materiału, po czym zadaje uczniom pytanie: Jakie są mechanizmy reakcji? (Uczniowie wymieniają mechanizm: rodnikowy, elektrofilowy, nukleofilowy.)
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Na jakiej podstawie można ustalić mechanizm reakcji? (Uczniowie (z pomocą nauczyciela) dochodzą do wniosku, że na mechanizm reakcji ma wpływ grupa atakująca: rodnik, elektrofil, nukleofil.)
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują na kartkach i gromadzą w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie zapoznają się z treściami zawartymi w e-materiale w sekcji „Przeczytaj”, dotyczącymi nukleofilu w celu poszerzenia swojej wiedzy do dyskusji w ciągu dalszym lekcji.
2. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: „Czym jest nukleofil”?

3. Nauczyciel wspólnie z uczniami ustalają kryteria, które musi spełniać cząsteczka lub jon, aby pełnić rolę nukleofila, moderator zapisuje na tablicy.
4. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie o przykłady nukleofilii oraz o wyjaśnienie pojęć: nukleofil twardy i nukleofil miękki.
5. Uczniowie, na przykładach równań reakcji chemicznych, wskazują nukleofile.
6. Nauczyciel poleca prace w parach z filmem. Uczniowie zapoznają się z poleceniem i wykonują zawarte w medium ćwiczenia.
7. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Wykonują zadania. Nauczyciel może wyświetlić treść poleceń na tablicy multimedialnej. Po każdym przeczytanym poleceniu, daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętna osoba 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. Tarcza strzelnicza. Celem tej metody jest bardzo szybkie uzyskanie informacji zwrotnej. Uczniowie na tarczy strzelniczej zawieszanej w sali lekcyjnej, z użyciem cenek, zaznaczają w skali od 0 do 10 swoje „strzały”. Koło można podzielić na części, w których oceniać można różne aspekty pracy, np. przydatność, atrakcyjność, stopień trudności materiału, zaangażowanie uczniów, zainteresowanie tematem, stopień opanowania zagadnienia, wynikający z zamierzonych do osiągnięcia celów lekcji, itp. Nauczyciel może odnieść się do tego ogólnie w ramach podsumowania.

Praca domowa:

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

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film samouczek może być użyty jako forma utrwalająca w podsumowaniu lekcji lub jako forma wprowadzająca przed przystąpieniem do wykonywanych zadań. Uczniowie medium mogą wykorzystać podczas przygotowywania się do lekcji czy pracy kontrolnej, a nieobecni na lekcji mogą je wykorzystać w ramach samokształcenia do uzupełnienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje planszę z tarczą strzelniczą oraz cenki dla uczniów.
2. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Co to jest nukleofil?
- Czy OH^- może być nukleofilem? Uzasadnij odpowiedź.

3. McMurry J., *Chemia Organiczna*, Warszawa 2003.

4. K. Dudek-Różycki, M. Płotek, T. Wichur, *Węglowodory. Repetytorium i zadania*, Wydawnictwo Szkolne OMEGA, Kraków, 2020.

5. K. Dudek-Różycki, M. Płotek, T. Wichur, *Kompendium terminologii oraz nazewnictwa związków organicznych. Poradnik dla nauczycieli i uczniów*, Wydawnictwo Szkolne OMEGA, Kraków, 2020.