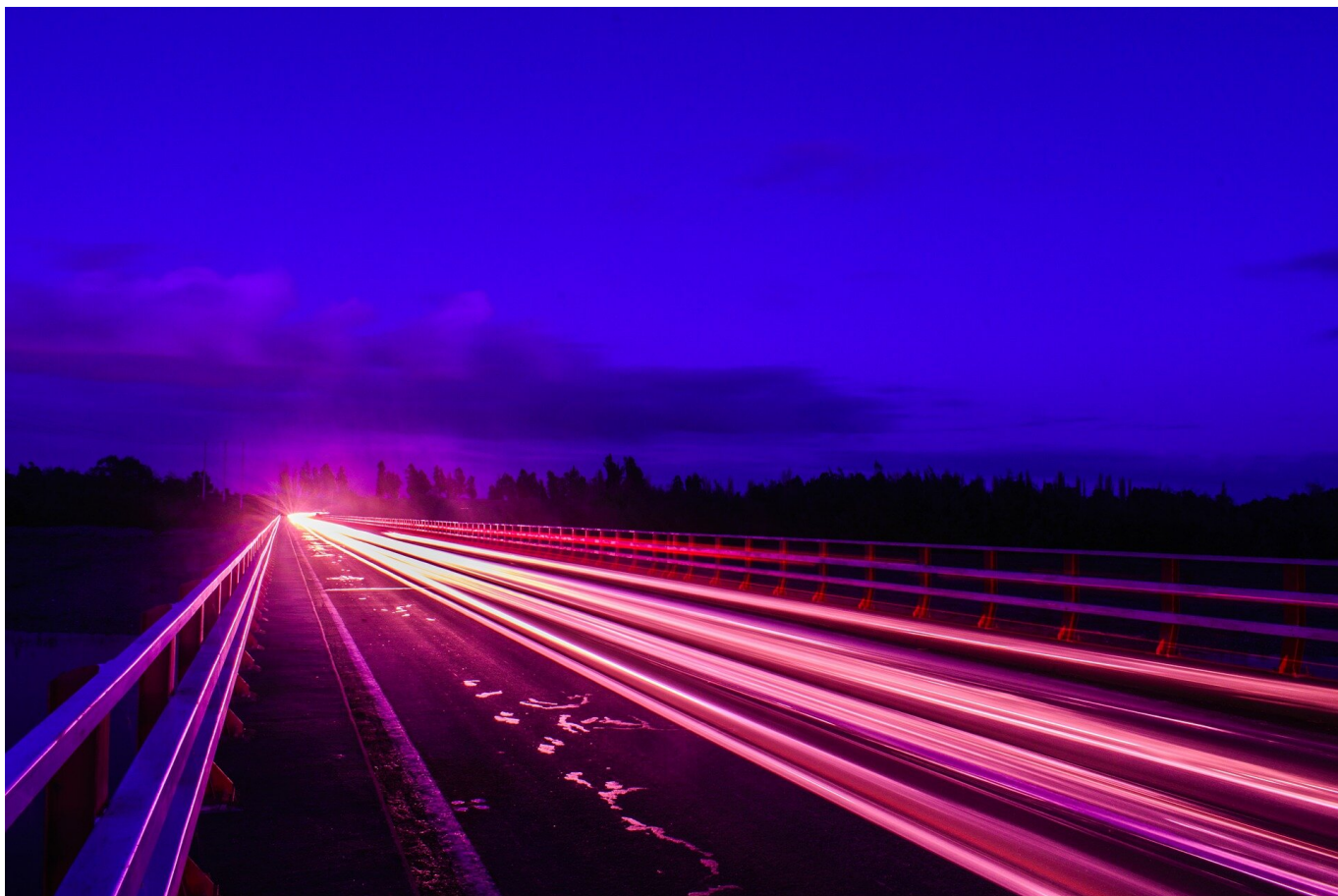




Od czego zależy szybkość substytucji nukleofilowej?
- mechanizm SN1 i SN2

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



Od czego zależy szybkość substytucji nukleofilowej? - mechanizm S_N1 i S_N2

Na szybkość substytucji nukleofilowej ma wpływ wiele czynników, m.in. rodzaj rozpuszczalnika czy struktura substratu.

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

Kiedy można powiedzieć o danej reakcji, że jest szybka lub wolna? Szybkość reakcji w głównej mierze zależy od stężeń substancji biorących udział w reakcji chemicznej. Możliwe jest doświadczalne zmierzenie szybkości, z jaką substrat przechodzi w produkt. Badaniem przebiegu reakcji chemicznej w czasie, czyli szybkością reakcji, zajmuje się dział chemii fizycznej zwany kinetyką. W jaki sposób rozmaite czynniki wpływają na przebieg substytucji nukleofilowej i jej szybkość?

Twoje cele

- Opiszysz mechanizm reakcji substytucji nukleofilowej typu S_N2 oraz S_N1 .
- Wskażesz cząsteczkowość oraz rzędowość reakcji substytucji nukleofilowej S_N2 oraz S_N1 .
- Przedstawisz ogólne wyrażenia na szybkość reakcji substytucji nukleofilowej S_N2 oraz S_N1 .
- Określisz czynniki wpływające na szybkość reakcji substytucji nukleofilowej S_N2 oraz S_N1 .

Przeczytaj

Reakcje **substytucji nukleofilowej** polegają na podstawieniu grupy X (np.: — Cl, — Br, — OH), związanej z atomem węgla, w miejsce odczynnika nukleofilowego (np.: — OH, H₂O). W efekcie otrzymuje się najczęściej alkohole lub halogenopochodne węglowodorów. Wyróżnia się dwa typy substytucji nukleofilowej: S_N2 i S_N1, charakteryzujące się różnym przebiegiem oraz inną kinetyką.

Co oznacza litera oraz cyfra w danym typie reakcji substytucji?

S_N2

- S_N – substytucja nukleofilowa;
- 2 – dwucząsteczkowa **II rzędu**.

S_N1

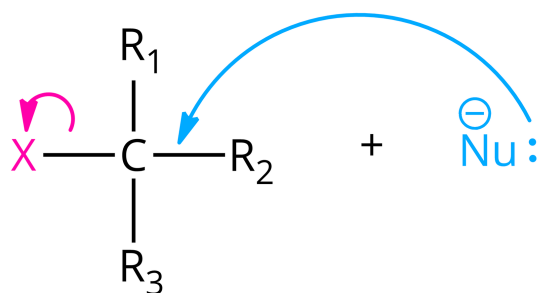
- S_N – substytucja nukleofilowa;
- 1 – jednocząsteczkowa **I rzędu**.

Rzędowość reakcji to suma wykładników potęg w danym równaniu kinetycznym wyznaczanym doświadczalnie. **Cząsteczkowość** natomiast to ilość substratów (jonów, atomów lub cząsteczek), które biorą udział w reakcji chemicznej. Oba typy mechanizmów – S_N2 oraz S_N1 różnią się rzędowością reakcji oraz cząsteczkowością. O szybkości całego procesu decyduje zawsze najwolniejszy etap reakcji.

Od czego zależy szybkość substytucji nukleofilowej typu S_N2?

Reakcja substytucji nukleofilowej typu S_N2 zachodzi zgodnie z następującym mechanizmem:

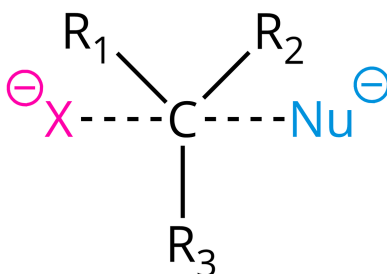
1



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

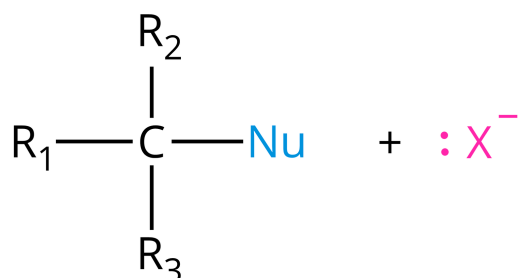
Reakcja zaczyna się od ataku nukleofila (Nu) na atom węgla od strony przeciwnej niż atom X, np. Cl lub Br.

2



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

Utworzony zostaje stan przejściowy, w którym jednocześnie zrywane zostaje wiązanie C—X i tworzone wiązanie C—Nu.



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

Dochodzi do całkowitego rozerwania wiązania C—X i utworzenia wiązania C—Nu. Powstaje obojętny produkt, a anion halogenkowy odchodzi z parą elektronową, która tworzyła wiązanie C—X.

Z pomiarów kinetyki wynika, że reakcje substytucji nukleofilowej typu S_N2 zachodzą zgodnie z **kinetyką II rzędu** i są opisane wzorem:

$$v = k \cdot [R-X] \cdot [Nu :^-]$$

gdzie:

- v – oznacza szybkość reakcji chemicznej $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$;
- $[R-X]$ – oznacza stężenie molowe halogenku alkilowego;
- $[Nu :^-]$ – stężenie molowe nukleofila (zasady Lewisa, donoru pary elektronowej) jako drugiego substratu w reakcji;
- k – stała szybkości reakcji dla reakcji II rzędu posiada jednostkę $\frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}}$.

Substytucja nukleofilowa typu S_N2 jest reakcją dwucząsteczkową, gdyż obie cząsteczki: halogenek alkilowy oraz nukleofil, są substratami reakcji. Szybkość reakcji zależy więc od **stężenia** dwóch reagujących substancji.

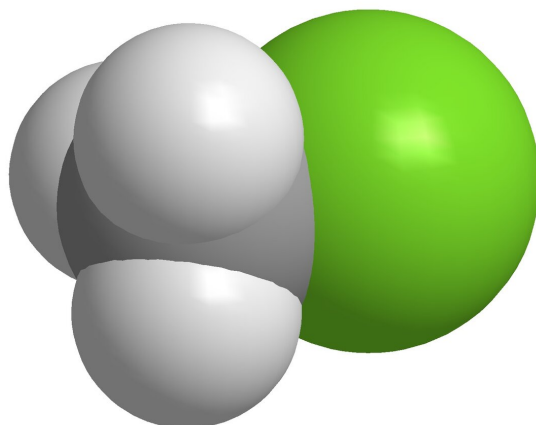
Reakcja typu S_N2 zachodzi jednoetapowo z wytworzeniem stanu przejściowego, a moment jego powstawania jest najwolniejszym w całej reakcji, dlatego to szybkość jego utworzenia determinuje szybkość całej reakcji chemicznej.

Inne czynniki wpływające na kinetykę substytucji nukleofilowej typu S_N2 :

Struktura substratu

Najwolniejszym etapem substytucji nukleofilowej typu S_N2 jest tworzenie karbokationu w wyniku działania nukleofila na halogenek alkilowy. Proces ten zachodzi znacznie szybciej, jeżeli halogen nie jest otoczony podstawnikami o dużej objętości, ponieważ grupy te utrudniają dojście nukleofila do atomu węgla związanego z halogenem i utworzenie wiązania.

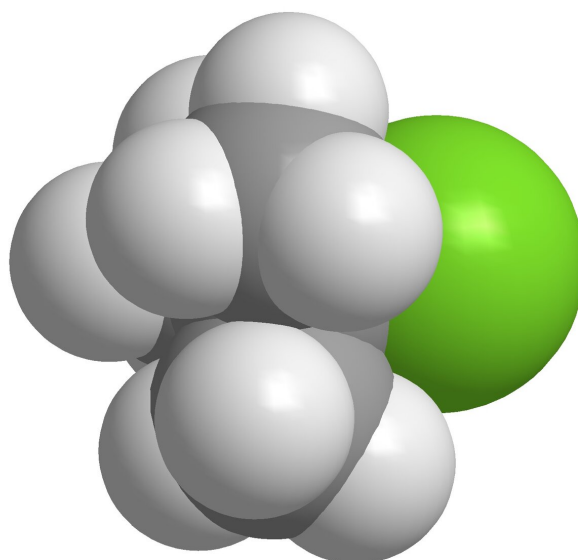
Utworzenie wiązania z nukleofilem jest wyżej energetyczne w przypadku sterycznego osłaniania atomu węgla, czyli występowania podstawników, które utrudniają atak nukleofila. Dlatego też substytucji typu S_N2 najchętniej ulegają halogenki metylowe oraz pierwszorzędowe, ponieważ nie występuje tam tzw. **zawada steryczna**.



Halogenek metylowy

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

Najłatwiejszy dostęp = najmniejsza zawada steryczna



Halogenek trzeciorzędowy

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

Najtrudniejszy dostęp = największa zawada steryczna

Reaktywność nukleofila

Im bardziej reaktywny jest nukleofil, tym szybciej zachodzi reakcja chemiczna. Jednak na reaktywność nukleofila w danej reakcji chemicznej wpływa bardzo wiele innych czynników, dlatego trudno jest precyzyjnie stwierdzić, które z czynników nukleofilowych są bardziej, a które mniej reaktywne. Ogólnie rzecz ujmując, można stwierdzić, że grupa OH^- jest bardziej nukleofilowa niż woda oraz że reaktywność halogenków rośnie w szeregu: —Cl , —Br , —I . Należy jednak pamiętać, że zależności te mogą się zmienić na tle zastosowanych różnych rozpuszczalników.

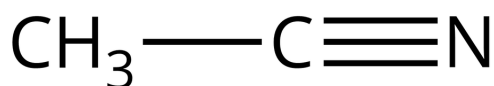
Reaktywność grupy opuszczającej

Im chętniej grupa opuszczająca odchodzi od cząsteczki, zrywając wiązanie z atomem węgla, tym szybciej zachodzi reakcja chemiczna. Najlepszymi grupami opuszczającymi są te, które stabilizują ładunek ujemny. W stanie przejściowym ładunek ten rozproszony jest pomiędzy nukleofilem, atomem węgla i grupą opuszczającą. Jeżeli grupa opuszczająca tworzy stabilny anion, to chętnie odchodzi od cząsteczki i reakcja chemiczna zachodzi szybciej.

Ponadto im słabszą zasadą Lewisa jest grupa opuszczająca, tym reakcja chemiczna zachodzi szybciej. Najsłabsze zasady to aniony najmocniejszych kwasów, dlatego lepszymi grupami opuszczającymi są aniony: jodkowy i bromkowy, niż chlorkowy i fluorkowy. Dodatkowo, takie podstawniki jak — F, — OH, — OR, — NH₂ nie ulegają substytucji przez nukleofile. Innymi słowy, oznacza to, że fluorki, alkohole, etery oraz aminy w warunkach normalnych nie ulegają reakcji S_N2.

Reaktywność rozpuszczalnika

Substytucja nukleofilowa typu S_N2 zachodzi znacznie szybciej, gdy rozpuszczalnik jest polarny i jednocześnie aprotyczny. Takie rozpuszczalniki charakteryzują się dużym momentem dipolowym (polarność), ale nie zawierają grup, które związane są z atomem wodoru mogącym tworzyć wiązania wodorowe z nukleofilem (aprotyczność). Kiedy rozpuszczalnik nie tworzy wiązań wodorowych z nukleofilem, to wówczas szybciej atakuje cząsteczkę substratu. Dlatego wszystkie rozpuszczalniki, które zawierają w swojej budowie grupę — OH, np. woda czy alkohole, nie sprzyjają szybkiemu zachodzeniu reakcji S_N2. Do rozpuszczalników polarnych, aprotycznych zalicza się m.in. acetonitryl czy dimetyloformamid.

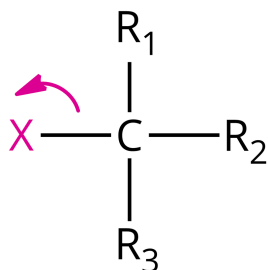


Schemat przedstawia wzór acetonitrylu.

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

Od czego zależy szybkość substytucji nukleofilowej typu S_N1?

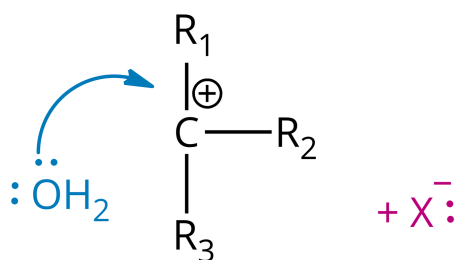
Reakcja substytucji nukleofilowej typu S_N1 zachodzi zgodnie z następującym mechanizmem:



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

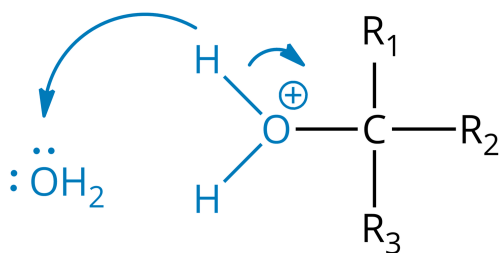
Pierwszy etap: następuje dysocjacja fluorowca X halogenku alkilowego, prowadząca do powstania karbokationu. Fluorowiec opuszcza cząsteczkę jako anion X^- .

2



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

Drugi etap: rolę nukleofila (Nu) najczęściej pełni woda (H_2O). Pośredni karbokation zostaje zaatakowany przez nukleofil.

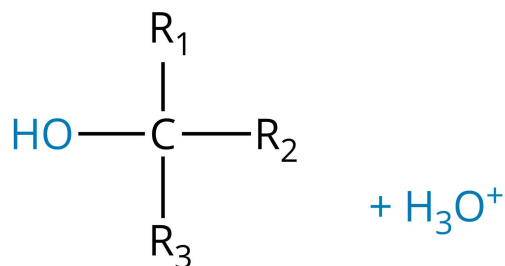


3

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

Prowadzi to do powstania kolejnego produktu pośredniego, którym jest protonowany alkohol.

4



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

Następnie cząsteczka traci proton, utworzony zostaje kation oksoniowy (H_3O^+) oraz obojętny alkohol.

Z pomiarów kinetyki wynika, że reakcje substytucji nukleofilowej typu $\text{S}_{\text{N}}1$ zachodzą zgodnie z **kinetyką I rzędu** i są opisane wzorem:

$$v = k \cdot [\text{R} - \text{X}]$$

gdzie:

- v – oznacza szybkość reakcji chemicznej $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$;
- $[\text{R} - \text{X}]$ – oznacza stężenie molowe halogenku alkilowego;
- k – stała szybkości reakcji, dla reakcji I rzędu posiada jednostkę $\frac{1}{\text{s}}$.

Reakcja S_N1 jest reakcją pierwszego rzędu, gdyż produkt pośredni tworzy się wyłącznie z cząsteczki substratu. Oznacza to, że jej szybkość zależy jedynie od stężenia substratu, a nie stężenia nukleofila.

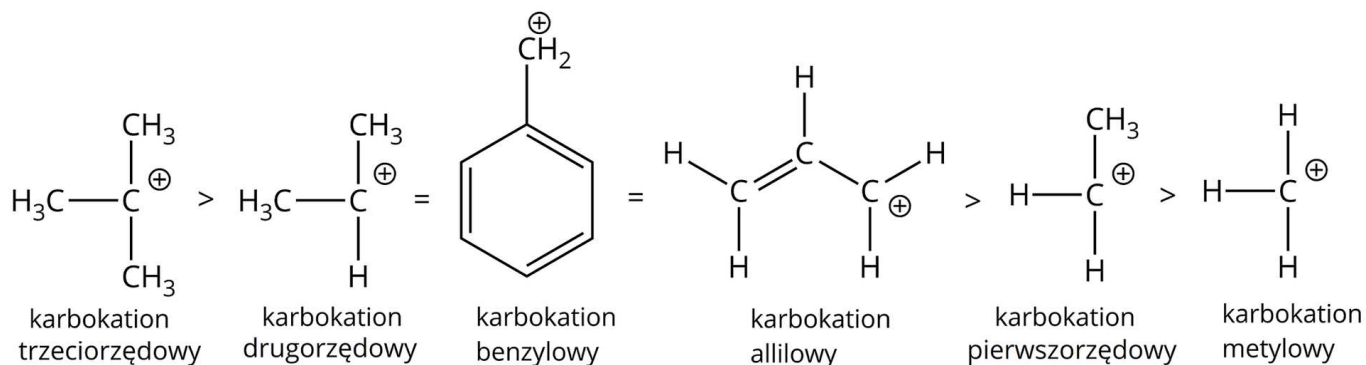
Pierwszym etapem reakcji S_N1 jest dysocjacja substratu i powstanie karbokationu. Jest to najwolniejszy etap reakcji, determinujący jej szybkość. Następnie karbokation jest natychmiast atakowany przez nukleofil, najczęściej cząsteczkę wody. Woda jednak nie bierze udziału w najwolniejszym etapie reakcji, więc nie ma wpływu na jej szybkość.

Inne czynniki, wpływające na kinetykę [substytucji nukleofilowej](#) typu S_N1 , są analogiczne jak dla reakcji typu S_N2 . Są to:

Struktura substratu

W pierwszym etapie reakcji S_N1 następuje spontaniczna dysocjacja substratu. Zostaje wówczas utworzony karbokation. Im tworzony karbokation jest trwalszy i stabilniejszy, tym reakcja zachodzi szybciej.

Najbardziej trwałe są karbokationy trzeciorzędowe, benzytowe oraz allylowe. Trwałość i reaktywność karbokationów zależy od ich rzędowości, co pokazano na poniższym schemacie:



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

Reaktywność nukleofila

Atak nukleofilowy następuje po najwolniejszym etapie reakcji, determinującym jej szybkość. Nukleofil nie bierze więc udziału w etapie limitującym, nie ma on wpływu na [szybkość reakcji](#), w przeciwieństwie do tego, jak to miało miejsce w przypadku substytucji nukleofilowej typu S_N2 .

Ciekawostka

Jednak należy pamiętać, że substytucja nukleofilowa jest reakcją konkurencyjną dla eliminacji. Dlatego podczas prowadzenia reakcji typu S_N1 , aby uniknąć eliminacji typu $E2$ należy stosować czynniki nukleofilowe charakteryzujące się słabą zasadowością.

Reaktywność grupy opuszczającej

Zależność szybkości reakcji od reaktywności grupy opuszczającej dla reakcji S_N1 jest taka sama jak dla reakcji S_N2 . Im bardziej trwały anion tworzy grupa opuszczająca, tym szybciej zachodzi reakcja, ponieważ następuje obniżenie energii stanu przejściowego, prowadzącego do utworzenia karbokationu. Wobec tego, analogicznie jak w przypadku reakcji typu S_N2 , aniony: jodkowy i bromkowy, stanowią lepsze grupy opuszczające niż anion chlorkowy, fluorkowy czy cząsteczka wody.

Reaktywność rozpuszczalnika

Każdy rozpuszczalnik, który stabilizuje powstający w najwolniejszym etapie reakcji karbokation, przyspiesza reakcję, gdyż wpływa na szybsze jego tworzenie. Karbokationy charakteryzują się ładunkiem dodatnim, dlatego rozpuszczalnik, który posiada ładunek ujemny lub/i wolne pary elektronowe i otacza karbokation – stabilizuje go. Dlatego polarne rozpuszczalniki, takie jak woda czy metanol, są stosowane w reakcji typu S_N1 .

Słownik

substytucja nukleofilowa

to reakcja podstawienia polegająca na wymianie grupy X związanej z atomem węgla na odczynnik nukleofilowy (oznaczany często jako Nu). Podstawnikiem X jest przeważnie grupa elektronoakceptorowa, która polaryzuje wiązanie $C-X$ (np. $-Cl$, $-Br$, $-OH$), następnie odchodzi z parą elektronową. Nukleofilem jest drobina obdarzona ładunkiem ujemnym bądź/i parą elektronową

szybkość reakcji chemicznej

zmiana stężenia reagentów (substratów lub produktów) w jednostce czasu; opisywana równaniem $v = k[A]^a \cdot [B]^b$, gdzie k – stała szybkości reakcji chemicznej, $[A]$, $[B]$ – stężenia molowe substratów, a i b – wykładniki potęgowe wyznaczane doświadczalnie

cząsteczkowość

suma liczby cząsteczek biorących udział w reakcji chemicznej

rzęd reakcji chemicznej, rzędowość reakcji chemicznej

suma wykładników potęg, w których występują stężenia reagentów w równaniu opisującym szybkość reakcji chemicznej

reakcja pierwszego rzędu

reakcja, w której szybkość jest wprost proporcjonalna do stężenia substratu. Równanie kinetyczne przyjmuje postać: $v = k \cdot [A]$, gdzie A jest substratem, natomiast k stałą szybkości. W równaniu kinetycznym reakcji, biegnącej zgodnie z kinetyką pierwszego rzędu, suma wykładników potęg jest więc równa 1

reakcja drugiego rzędu

reakcja, dla której równanie kinetyczne przyjmuje postać: $v = k \cdot [A]^2$ lub $v = k \cdot [A] \cdot [B]$, gdzie A i B są substratami, natomiast k stałą szybkości; w równaniu kinetycznym reakcji, biegnącej zgodnie z kinetyką drugiego rzędu, suma wykładników potęg jest więc równa 2

energia aktywacji

minimalna ilość energii, którą muszą mieć cząstki (cząsteczki, atomy, jony), aby mogła zajść między nimi reakcja chemiczna

fluorowcowodory, halogenowodory

związki chemiczne fluorowców z wodorem, o ogólnym wzorze HX (gdzie X – fluorowiec): fluorowodór HF , chlorowodór HCl , bromowodór HBr i jodowodór HI

halogenki alkilowe, halogenoalkany

związki organiczne, w których atom fluorowca przyłączony jest do grupy alkilowej

nukleofil

indywiduum chemiczne obdarzone ładunkiem ujemnym (np. Br^- , Cl^- , OH^-) lub cząsteczka obojętna posiadająca wolne pary elektronowe (np. H_2O , Br_2 , Cl_2); są to zasady Lewisa

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.

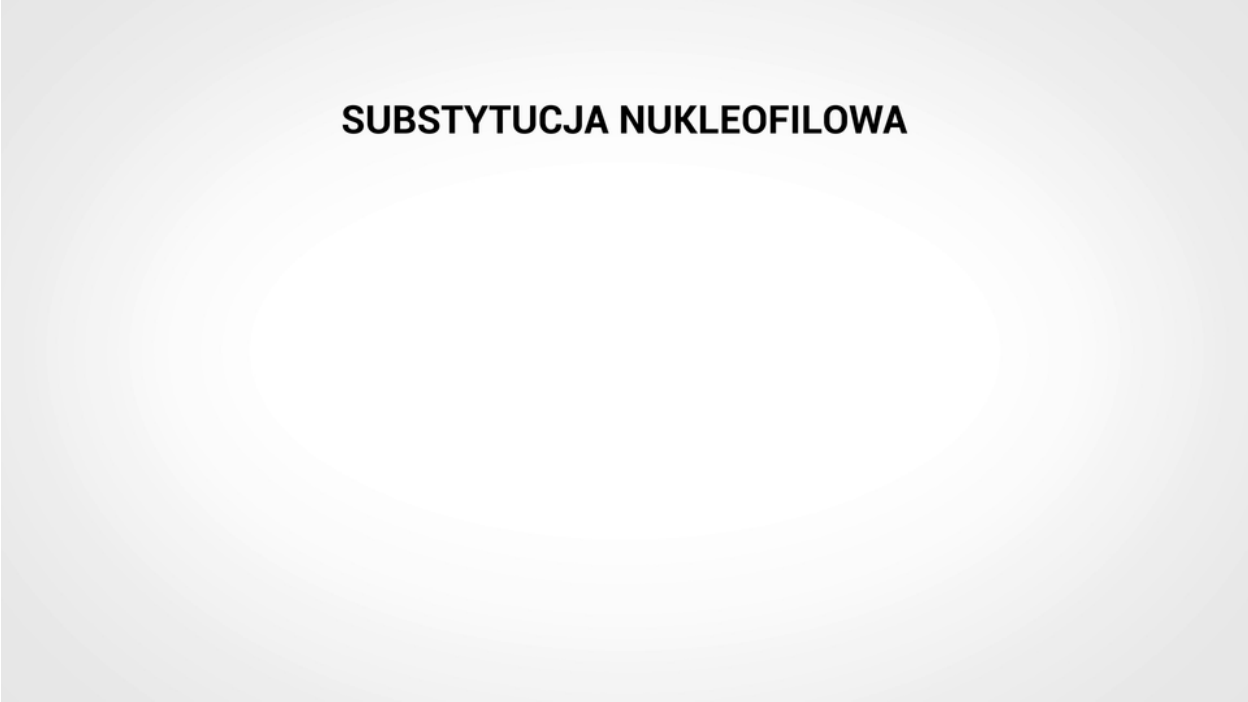
McMurry J., *Chemia Organiczna*, Warszawa 2007.

Film samouczek

Polecenie 1

Czy wiesz, jakie czynniki mają wpływ na szybkość reakcji zachodzącej zgodnie z mechanizmem substytucji nukleofilowej? Jak myślisz, czy wpływ tych czynników będzie taki sam zarówno w reakcji S_N2 , jak i S_N1 ? Zapoznaj się z filmem samouczkiem zamieszczonym poniżej, a następnie rozwiąż dotyczące go zadania.

SUBSTYTUCJA NUKLEOFILOWA



Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D13TasNj7>

Film samouczek pt. „Od czego zależy szybkość substytucji nukleofilowej?”

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

Film samouczek przedstawia zagadnienie szybkości substytucji nukleofilowej. Omawia czynniki wpływające na szybkość reakcji S_N1 i S_N2 , mechanizm obu typów reakcji na przykładach, trwałość karbokationów, warunki zachodzenia obu typów reakcji.

Ćwiczenie 1

Najlepszym rozpuszczalnikiem do przeprowadzania reakcji substytucji S_N2 będzie:

☐ acetonitryl.

☐ eter dietylowy.

☐ etanol.

☐ woda.

Ćwiczenie 2

Uzupełnij poniższe zdania odpowiednimi słowami, tak aby tekst zawierał poprawne informacje. Zwróć uwagę, aby forma wstawianych wyrażen pasowała do treści zdania.

Szybkość reakcji substytucji nukleofilowej zależy od takich czynników, jak struktura , rodzaj nukleofila, grupa opuszczająca czy zastosowany rozpuszczalnik. Najbardziej faworyzowane w reakcjach są substraty z niewielką zawadą steryczną, która umożliwia atak na elektrofilowy atom . Z kolei w reakcjach S_N1 faworyzowane są substraty, które mogą utworzyć trwałe . W reakcjach, które zachodzą zgodnie z mechanizmem S_N2 , nukleofil bierze udział w tworzeniu , a więc etapu limitującego szybkość reakcji. Z kolei wpływ nukleofila na szybkość reakcji jest pomijalny, ponieważ nie bierze on udziału w etapie limitującym jej szybkość. Rozpuszczalniki protyczne, które mogą tworzyć wiązania z reagentami, spowalniają reakcje S_N2 poprzez nukleofila, natomiast przyspieszają reakcje S_N1 dzięki powstałych karbokationów. W obu typach reakcji najlepszymi grupami opuszczającymi są te, które tworzą trwałe .

produktu przejściowego

stabilizacji

karbokationy

halogenu

aniony

węgla

rozpuszczanie

wodorowe

S_N1

substratu

stanu przejściowego

produktu

kationy

solwatację

S_N2

atomowe

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



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

Ćwiczenie 2



Wybierz ogólne wyrażenie opisujące kinetykę reakcji substytucji nukleofilowej typu S_N1 .

☐ $v = k \cdot [A] \cdot [B]$

☐ $v = k \cdot [B]^2$

☐ $v = k \cdot [A]^2$

☐ $v = [A] \cdot [B]$

☐ $v = [A]$

☐ $v = k \cdot [A]$

Ćwiczenie 3



Wybierz poprawne równanie kinetyczne dla reakcji chlorometanu z wodorotlenkiem potasu.

☐ $v = [\text{CH}_3\text{Cl}] \cdot [\text{KOH}]$

☐ $v = k \cdot [\text{CH}_3\text{Cl}] \cdot [\text{KOH}]^2$

☐ $v = k \cdot [\text{CH}_3\text{Cl}] \cdot [\text{KOH}]$

☐ $v = k \cdot [\text{CH}_3\text{Cl}]^2$

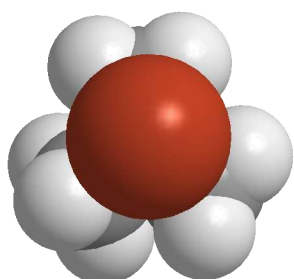
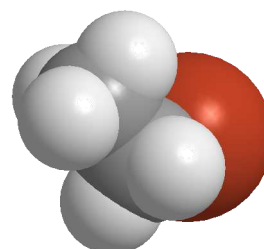
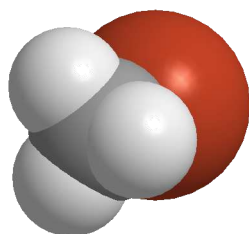
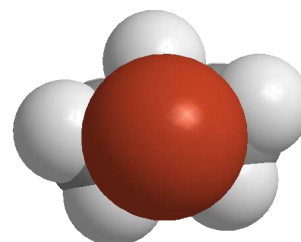
☐ $v = k \cdot [\text{CH}_3\text{Cl}]$

☐ $v = k \cdot [\text{KOH}]$

Ćwiczenie 4



Która z poniżej przedstawionych w postaci modeli kulkowych cząsteczek bromopochodnych węglowodorów najchętniej ulegnie reakcji substytucji nukleofilowej typu S_N2 , przez co reakcja ta zajdzie szybciej? Wybierz prawidłowy model, a następnie uzasadnij krótko swój wybór.

☐☐☐☐

Na czerwono zaznaczone zostały atomy bromu, na szaro – atomy węgla, na białą – atomy wodoru

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

Ćwiczenie 5



Oblicz szybkość reakcji chloroetanu z KOH, prowadzącej do powstania etanolu, jeżeli wiesz, że stężenia obu substratów wynoszą $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$, a stała szybkości reakcji wynosi $0,01 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}}$.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

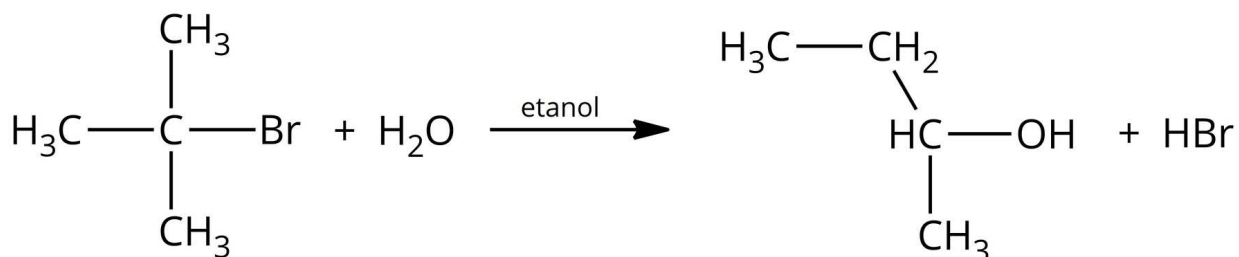
Ćwiczenie 6



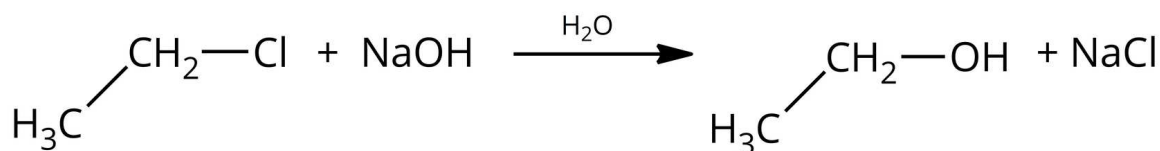
Poniżej przedstawiono przykładowe równania reakcji substytucji nukleofilowych. Reakcje te różnią się mechanizmem. Jedna z nich to reakcja typu S_N1 , a druga S_N2 .

Zapisz wyrażenie na szybkość obu reakcji. Zastosuj wzory sumaryczne cząsteczek.

Reakcja 1:



Reakcja 2:



Informacja do ćwiczenia

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

Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszyte do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



Krótko odpowiedz na pytanie.

Dlaczego woda i metanol, jako rozpuszczalniki, spowalniają reakcję substytucji nukleofilowej typu S_N2 ?

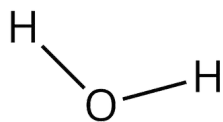
Odpowiedź:

Ćwiczenie 8

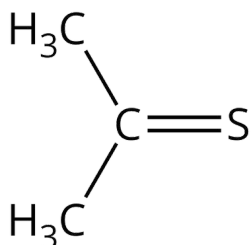


Poniżej podano wzory strukturalne bądź półstrukturalne wybranych rozpuszczalników. Dopasuj rozpuszczalniki do danego typu substytucji nukleofilowej.

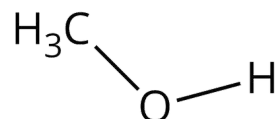
1.



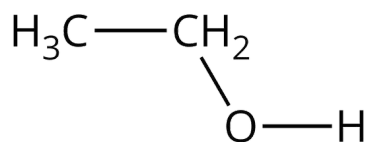
2.



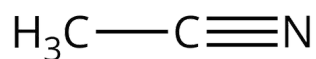
3.



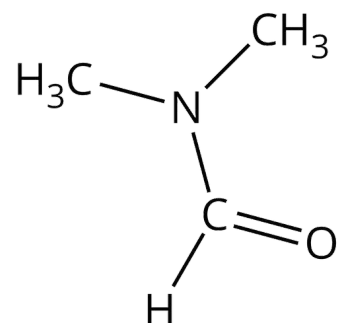
4.



5.



6.



Informacja do ćwiczenia

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

$\text{S}_{\text{N}}2$

5

6

1

3

4

2

$\text{S}_{\text{N}}1$

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Daria Szeliga, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Od czego zależy szybkość substytucji nukleofilowej – mechanizm S_N1 i S_N2

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:

- wskazuje cząsteczkowość oraz rzędowość reakcji substytucji nukleofilowej typu S_N2 oraz S_N1 ;
- analizuje mechanizmy reakcji substytucji nukleofilowej S_N2 oraz S_N1 ;

- zapisuje wyrażenie na szybkość reakcji substytucji nukleofilowej S_N2 oraz S_N1 ;
- wskazuje czynniki wpływające na szybkość reakcji substytucji nukleofilowej S_N2 oraz S_N1 .

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

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

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputer z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu;
- tablica interaktywna/tablica i kreda/pisak;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- rzutnik multimedialny.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie: „Jakie znacie typy reakcji substytucji nukleofilowej i co oznacza litera oraz cyfra w danym typie (S_N1 , S_N2)”?
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Co wpływa na szybkość substytucji nukleofilowej S_N1 i S_N2 ?
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 mechanizmu reakcji typu S_N2 i S_N1 , w celu poszerzenia swojej wiedzy do dyskusji na dalszym etapie lekcji. Nauczyciel również wyświetla na tablicy

multimedialnej film samouczek, który przedstawia wpływ różnych czynników na przebieg substytucji nukleofilowej.

2. Uczniowie wraz z nauczycielem analizują mechanizmy reakcji typu S_N2 oraz S_N1 zawarte w tekście bazowym e-materiału, a następnie odpowiadają na pytania nauczyciela:

- W którym z mechanizmów występuje spontaniczna dysocjacja substratu? (Odp.: S_N1)
- W którym z mechanizmów powstaje stan przejściowy? (Odp.: S_N2)
- W którym z mechanizmów powstają produkty przejściowe? (Odp.: S_N1)
- Jaki moment reakcji S_N1 jest etapem limitującym? (Odp.: spontaniczna dysocjacja substratu)
- Jaki moment reakcji S_N2 jest etapem limitującym? (Odp.: Tworzenie stanu przejściowego po ataku nukleofilowym)

3. Wybrani uczniowie przedstawiają na tablicy ogólne równania kinetyczne dla reakcji typu S_N2 oraz S_N1 , podając oznaczenia. S_N2 – np.:

$$v = k \cdot [R-X][Nu :^-]$$

gdzie:

- v oznacza szybkość reakcji chemicznej $\left[\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}} \right]$;
- $[R-X]$ oznacza odpowiednio stężenie molowe halogenku alkilowego lub alkoholu;
- $[Nu :^-]$ oznacza stężenie molowe nukleofila (zasada Lewisa, donoru pary elektronowej) jako drugiego substratu w reakcji.

Stała szybkości reakcji jest oznaczana literą k i dla reakcji II-rzędu posiada jednostkę $\frac{\text{dm}^3}{\text{mol} \cdot \text{s}}$ lub inne oznaczenia stężeń substratów, np.: $v = k \cdot [A][B]$, S_N1 – np.:

$$v = k \cdot [R-X]$$

gdzie:

- v oznacza szybkość reakcji chemicznej $\left[\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}} \right]$;
- $[R-X]$ oznacza odpowiednio stężenie molowe halogenku alkilowego lub alkoholu.
Stała szybkości reakcji jest oznaczana literą k i dla reakcji I-rzędu posiada jednostkę $\frac{1}{\text{s}}$ lub inne oznaczenia stężeń substratów, np. $v = k \cdot [A]$

4. Uczniowie oglądają film samouczek zawarty w e-materiale, a następnie w parach, pod kontrolą nauczyciela, rozwiązują ćwiczenia do filmu.

5. 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. Uczniowie wraz z nauczycielem tworzą na tablicy mapę myśli, dotyczącą wpływu czynników na substytucję nukleofilową.

Plik o rozmiarze 141.96 KB w języku polskim

2. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% zaznaczają cenkami 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 – „Sprawdź się”, których nie zdążyli wykonać na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film samouczek może być wykorzystany przez nauczyciela w ramach metody lekcji odwróconej. Uczniowie medium mogą wykorzystać podczas przygotowywania się do lekcji czy pracy kontrolnej, a uczniowie nieobecni na lekcji mogą je wykorzystać w ramach samokształcenia do uzupełnienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje planszę z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5-10% do oceny stopnia opanowania zagadnień oraz cenki dla uczniów.
2. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):
 - Jakie czynniki wpływają na szybkość reakcji?
 - Jaką jednostką wyraża się szybkość reakcji?
 - Czy równanie kinetyczne można wyznaczać na podstawie równania reakcji chemicznej czy na podstawie serii doświadczeń?
 - Co to jest stała szybkości reakcji?
 - Jak wyznaczyć jednostkę stałej szybkości?
 - Co to jest energia aktywacji?
 - Co to jest stan przejściowy?

- Czym się różni stan przejściowy od produktu przejściowego?