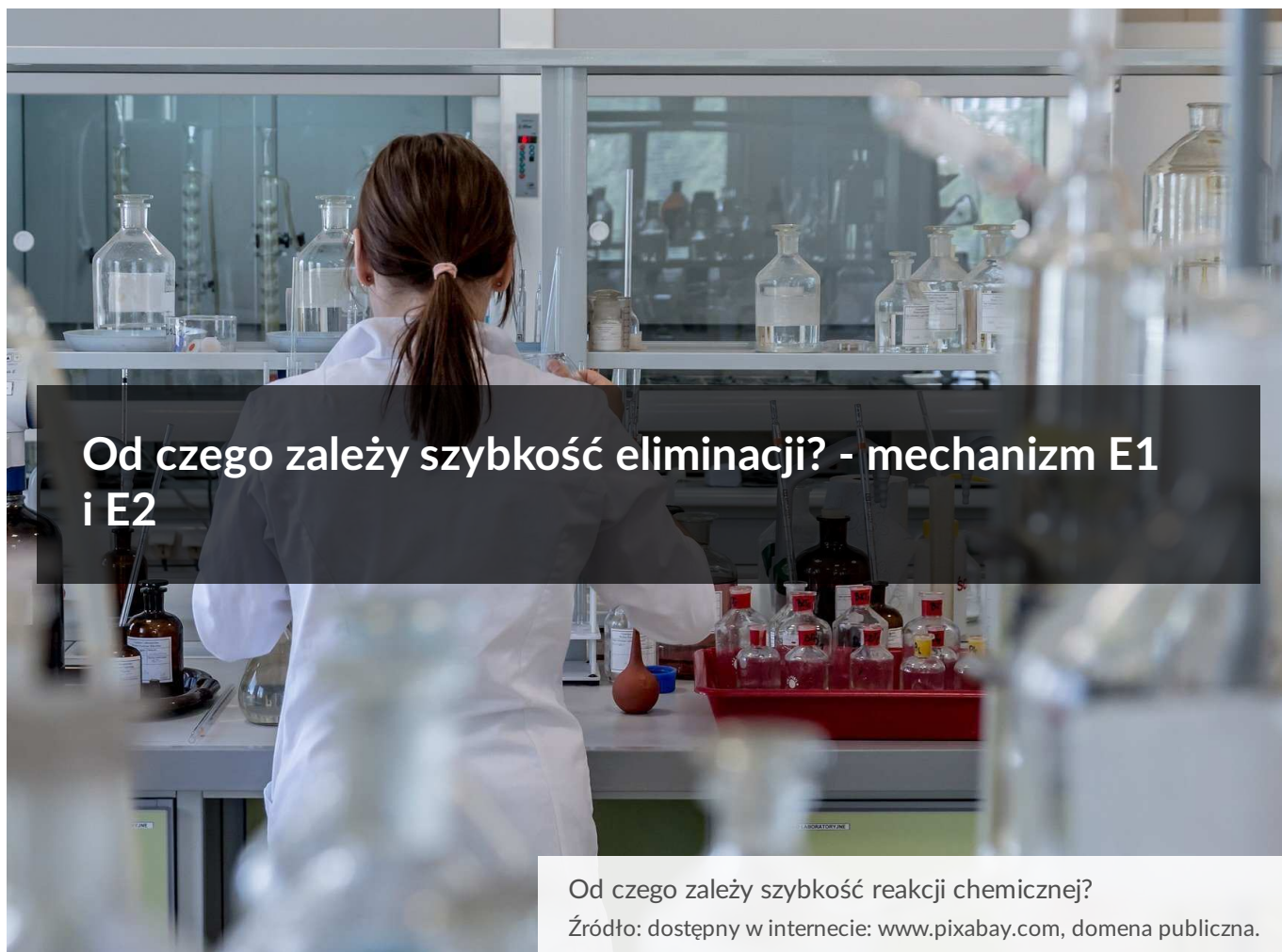




Od czego zależy szybkość eliminacji? - mechanizm E1 i E2

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



Od czego zależy szybkość eliminacji? - mechanizm E1 i E2

Od czego zależy szybkość reakcji chemicznej?

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

Wyobraź sobie, że przebywasz w laboratorium i Twoim zadaniem jest otrzymać alken w wyniku reakcji chemicznej. W tym celu sporządzasz etanolowy roztwór wodorotlenku sodu lub potasu i działasz nim na chlorowcopochodną alkanu.

Jak myślisz, od czego zależy kinetyka tej reakcji? Skoro bierze w niej udział chlorowcopochodna alkanu i wodorotlenek, czy zatem zwiększenie stężenia obydwu reagentów wpłynie na wzrost szybkości reakcji otrzymywania alkenu? Czy wzrost stężenia wodorotlenku wpłynie na wzrost szybkości zachodzenia tej reakcji tak samo, jak wzrost stężenia chlorowcopochodnej? Czy jest możliwe, aby szybkość przeprowadzanej reakcji eliminacji chlorowcopochodnej alkanu do alkenu była niezależna od stężenia wodorotlenku?

W tym e-materiale poznasz dwa możliwe mechanizmy eliminacji: E1 oraz E2, które pozwolą Ci lepiej zrozumieć, w jaki sposób można kontrolować szybkość zachodzenia tego typu reakcji.

Twoje cele

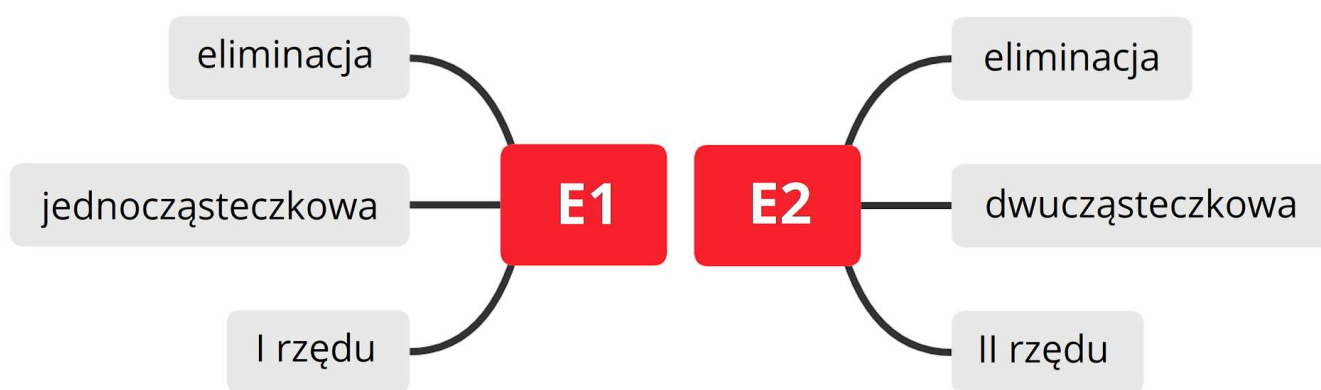
- Przeanalizujesz mechanizm reakcji eliminacji typu E2 i E1.
- Wskażesz cząsteczkowość oraz rzędowość reakcji eliminacji typu E2 i E1.
- Wywnioskujesz i przedstawiś wyrażenie na szybkość reakcji eliminacji typu E2 i E1.

- Porównasz reakcje eliminacji typu E2 i E1 pod względem kinetyki.

Przeczytaj

Reakcje **eliminacji** polegają na usuwaniu atomów lub grup atomów z cząsteczki, powodując zwiększenie nienasycenia cząsteczki lub jego cyklizację. Wyróżnia się dwa typy eliminacji: E1 i E2, charakteryzujące się różnym przebiegiem oraz inną kinetyką.

Co oznacza litera oraz cyfra w danym typie reakcji eliminacji?



Cechy charakterystyczne poszczególnych typów reakcji eliminacji

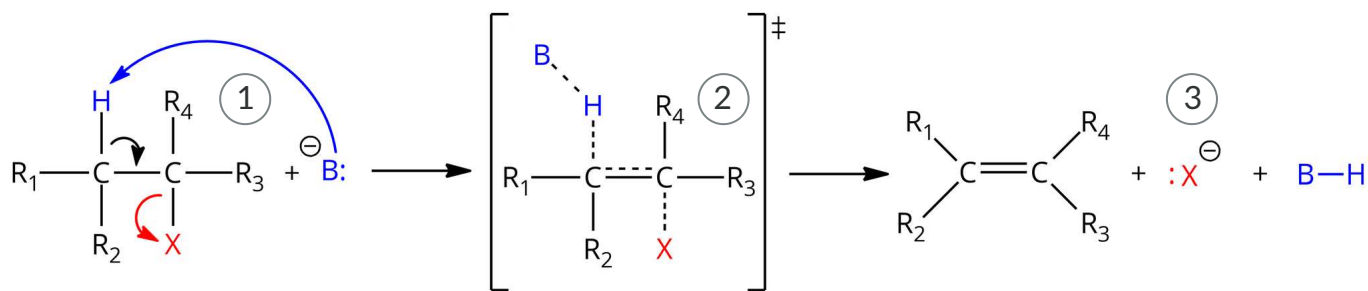
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Cząsteczkowość reakcji oznacza ilość indywiduów chemicznych – (jonów lub atomów) substratów biorących udział w reakcji chemicznej. Natomiast **rzęd reakcji** odpowiada sumie wykładników potęg w danym równaniu kinetycznym. Oba typy mechanizmów – E1 oraz E2, różnią się cząsteczkowością oraz rzędowością reakcji. O szybkości całego procesu decyduje zawsze najwolniejszy etap reakcji.

Reakcjom eliminacji najczęściej ulegają fluorowcopochodne węglowodorów oraz **alkohole**.

Od czego zależy szybkość eliminacji typu E2?

Reakcja eliminacji typu E2 zachodzi zgodnie z następującym mechanizmem:



1

Reakcja rozpoczyna się od ataku zasady Lewisa (\ominus B) na atom wodoru, związany z atomem węgla sąsiadującym z atomem węgla, przy którym znajduje się atom X, np. Cl lub Br.

2

Utworzony zostaje stan przejściowy, w którym jednocześnie zasada odrywa atom wodoru, tworzy się wiązanie podwójne pomiędzy atomami węgla oraz zrywane zostaje wiązanie z atomem X. Następnie całkowicie zostaje zerwane wiązanie C—H oraz C—X.

3

Powstaje obojętny, organiczny produkt (alken). W efekcie solwatacji, przez polarne cząsteczki rozpuszczalnika grupa X opuszcza cząsteczkę wraz z parą elektronową, a atom wodoru tworzy nowe wiązanie z zasadą B.

Mechanizm reakcji eliminacji typu E2. R_1, R_2, R_3, R_4 – grupa węglowodorowa lub atom wodoru

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

Z pomiarów kinetyki wynika, że reakcje eliminacji typu E2 zachodzą zgodnie z **kinetyką II rzędu** i są opisane wzorem:

- Dla eliminacji związków HX z fluorowcopochodnych węglowodorów:

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

- Dla eliminacji cząsteczek H_2O z alkoholi (w środowisku silnego kwasu):

$$v = k \cdot [R-OX][B]$$

Gdzie v oznacza **szybkość reakcji chemicznej** i posiada jednostkę $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$, $[R-X]$, $[R-OX]$ oznacza odpowiednio stężenie molowe halogenku alkilowego i alkoholu, a

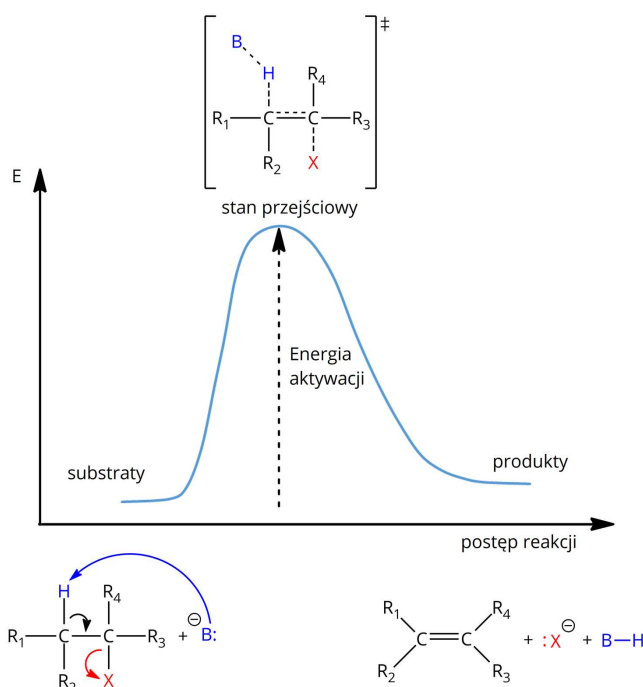
[B] – stężenie molowe zasady Lewisa (donoru pary elektronowej) jako drugiego substratu w reakcji. Stała szybkości reakcji jest oznaczana literą k i dla reakcji II-rzędu posiada jednostkę $\frac{\text{dm}^3}{\text{mol}\cdot\text{s}}$.

Eliminacja typu E2 jest zatem reakcją **dwucząsteczkową**, gdyż obie cząsteczki – R—X (lub R—OX) oraz B są substratami reakcji. Ich stężenie wpływa na szybkość powstawania produktów, więc to od nich zależy szybkość reakcji.

Ważne!

Eliminacja typu E2 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.

Poniżej przedstawiono wykres energii dla jednoetapowego, dwucząsteczkowego mechanizmu typu E2:



Wykres energetyczny dla mechanizmu reakcji E2

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

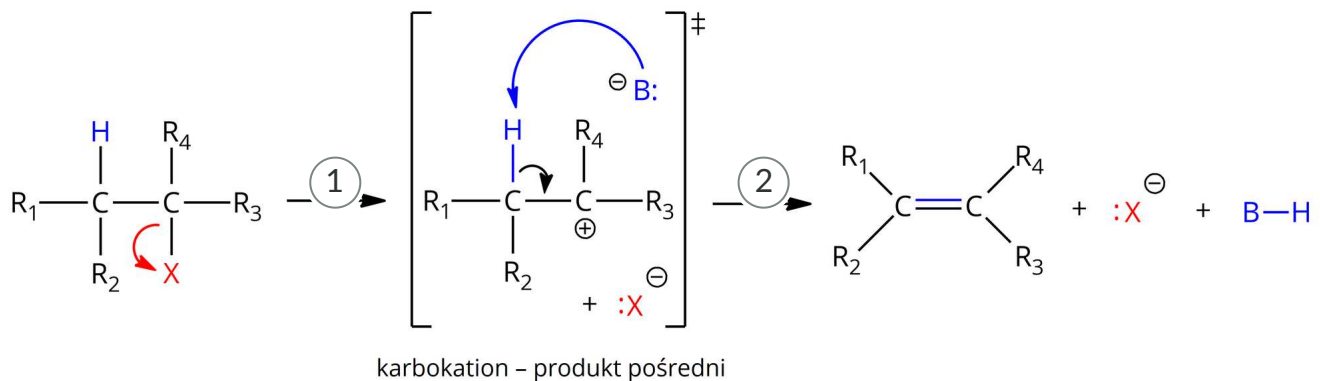
Aby substraty mogły przejść w produkty, konieczne jest pokonanie przez nie pewnej bariery energetycznej, czyli **energii aktywacji**. Jest to najmniejsza energia, którą muszą mieć cząsteczki, aby mogła zajść reakcja chemiczna. Moment osiągania przez indywidua chemiczne energii aktywacji to moment tworzenia stanu przejściowego. Jest to nietrwały układ, w którym następuje osłabienie istniejących wiązań i pojawienie się nowych oddziaływań, prowadzących do tworzenia nowych wiązań chemicznych. W przypadku reakcji eliminacji jest to tworzenie wiązań typu π , zwiększających nienasycenie cząsteczki lub tworzenie wiązań σ powodujących zamknięcie łańcucha węglowego w pierścień.

Należy pamiętać, że im wyższa jest energia aktywacji, tym reakcja zachodzi wolniej. Im mocniejsza użyta zasada Lewisa B, tym łatwiejsze oderwanie atomu wodoru, więc mniejsza

jest energia aktywacji.

Od czego zależy szybkość eliminacji typu E1?

Reakcja eliminacji typu E1 zachodzi zgodnie z następującym mechanizmem:



1

Pierwszy etap

Spontaniczna dysocjacja fluorowca X halogenu alkilowego, prowadząca do powstania kARBOKATIONU. Fluorowiec opuszcza cząsteczkę jako anion X⁻.

2

Drugi etap

Zasada Lewisa B atakuje atom wodoru związany z sąsiadującym atomem węgla. Wiązanie C—H pęka, a para elektronowa przemieszcza się tworząc nowe wiązanie pomiędzy atomami węgla. Utworzony zostaje alken jako obojętny produkt organiczny oraz nowa cząsteczka B—H.

Mechanizm eliminacji E1. R₁, R₂ - grupa węglowodorowa lub atom wodoru; R₃, R₄ - grupa węglowodorowa
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Z pomiarów kinetyki wynika, że reakcje eliminacji typu E1 zachodzą zgodnie z **kinetyką I rzędu** i są opisane wzorem:

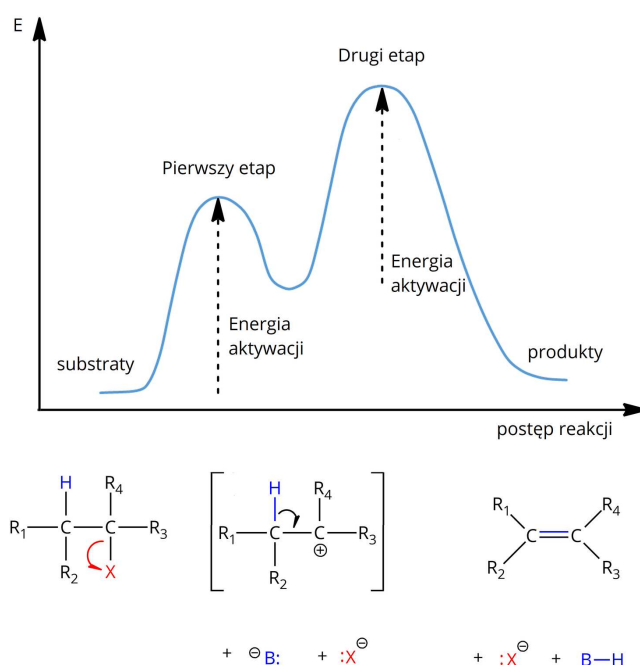
$$v = k \cdot [\text{R—X}]$$

Gdzie v oznacza szybkość reakcji chemicznej w jednostce $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$, $[\text{R—X}]$ oznacza stężenie molowe fluorowcopochodnej węglowodoru, a k to stała szybkości reakcji, która dla reakcji I-rzędu posiada jednostkę $\frac{1}{\text{s}}$. Eliminacja typu E1 jest reakcją jednocząsteczkową, gdyż w pierwszym etapie reakcji udział bierze tylko jedna cząsteczka.

Ważne!

Pierwszym etapem reakcji eliminacji typu E1 jest dysocjacja substratu i powstanie karbokationu. Jest to najwolniejszy etap reakcji, determinujący jej szybkość.

Wykres energii dla dwuetapowego, jednocząsteczkowego mechanizmu typu E1 przedstawiono poniżej:



Wykres energetyczny dla mechanizmu reakcji E1

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

Reakcje eliminacji typu E1 charakteryzują się występowaniem dwóch etapów reakcji, a więc cząsteczki muszą pokonać dwukrotnie barierę energetyczną, jaką jest energia aktywacji. Po pierwszym, najwolniejszym etapie następuje powstanie produktu przejściowego, który razem z atakującą go zasadą Lewisa są substratami w etapie drugim. Po pokonaniu przez nie energii aktywacji, następuje utworzenie produktów reakcji.

Pamiętaj, że na szybkość reakcji eliminacji ma wpływ stężenie substratów, przy czym relacja szybkość – stężenie to cecha indywidualna każdej reakcji i zależy od jej mechanizmu.

Na szybkość reakcji eliminacji mają duży wpływ również inne czynniki występujące w danym układzie. Tak jak dla wszystkich pozostałych reakcji chemicznych są to:

temperatura, ciśnienie, rodzaj reagentów oraz stopień ich rozdrobnienia, katalizatory oraz inne czynniki, takie jak np. pH. Dla reakcji eliminacji szczególnym czynnikiem jest również rodzaj rozpuszczalnika.

Słownik

eliminacja

(łac. *eliminare* „usuwać”) reakcja chemiczna związków organicznych polegająca na odszczepieniu z ich cząsteczek grup atomów lub jonów

fluorowcowodory, halogenowodory

związki chemiczne fluorowców z wodorem, o ogólnym wzorze HX (gdzie X – fluorowiec): fluorowódor HF , chlorowódor HCl , bromowódor HBr i jodowódor HI

alkohole

(arab. *al-kuhl* „delikatny proszek”) związki organiczne, pochodne węglowodorów, których cząsteczki zawierają grupę hydroksylową — OH zamiast atomu wodoru związanego w związku macierzystym z atomem węgla grupy alkilowej lub cykloalkilowej, grupa — OH musi być przyłączona do atomu węgla o hybrydyzacji sp^3

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 wyznaczone 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 kinetycznym

energia aktywacji

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

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.

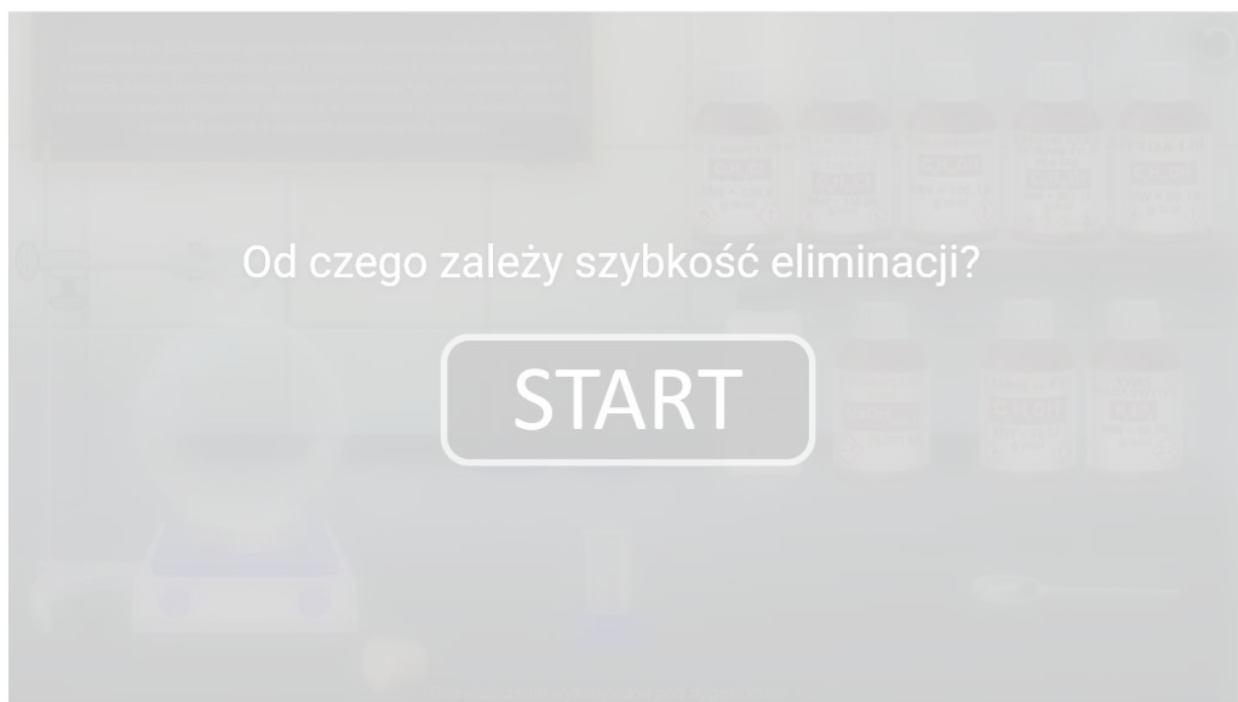
McMurry J., *Chemia organiczna*, Warszawa 2000.

Symulacja interaktywna

Symulacja 1

Eliminacja typu $E2$ zachodzi głównie w reakcjach usuwania cząsteczek typu HX z pierwszorzędowych, drugorzędowych i trzeciorzędowych halogenków alkilowych i wymaga dużego stężenia zasady. Natomiast eliminacja typu $E1$ zachodzi głównie dla trzeciorzędowych halogenków alkilowych w roztworach o niskim stężeniu zasady, a także dla alkoholi w reakcjach katalizowanych kwasem.

Przeanalizuj poniższe równania reakcji eliminacji i wskaż, do jakiego typu należą. Następnie określ ich cząsteczkowość oraz rzędowość.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DhXgTwyD9>

Symulacja interaktywna pt. „Od czego zależy szybkość eliminacji?”

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

Ćwiczenie 1

Zapisz, co oznaczają litery, a co cyfry w poniższym zapisie typu reakcji chemicznej.

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

Ćwiczenie 2

Zapisz w zeszyte od chemii wyrażenie na szybkość reakcji eliminacji, gdzie substratem był pentan-1-ol, oraz reakcji, gdzie substratem był cykloheksanol z powyższej symulacji. Zastosuj wzory sumaryczne cząsteczek.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 3

Wybierz poprawne równanie kinetyczne dla reakcji przedstawionej w powyższej symulacji, gdzie substratem był 1-chloropentan.

$v = k \cdot [\text{NaOH}]$

$v = k \cdot [\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}] \cdot [\text{NaOH}]$

$v = k \cdot [\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}] \cdot [\text{NaOH}]^2$

$v = k \cdot [\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}]$

$v = [\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}] \cdot [\text{NaOH}]$

$v = k \cdot [\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}]^2$

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Eliminacja wody z etanolu w środowisku kwasowym zachodzi zgodnie z mechanizmem typu E1.

Zapisz równanie kinetyczne reakcji:

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Określ rzędowość podanej reakcji:

Określ cząsteczkowość podanej reakcji:

Ćwiczenie 2



Wybierz ogólne wyrażenie opisujące kinetykę reakcji eliminacji typu E2.

$v = [A] \cdot [B]$

$v = k \cdot [A]^2$

$v = k \cdot [B]^2$

$v = k \cdot [A]$

$v = k \cdot [A] \cdot [B]$

Ćwiczenie 3



Zapisz ogólne równanie kinetyczne dla reakcji eliminacji typu E1.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 4



Uzupełnij wykres zmian energii w funkcji postępu reakcji dla eliminacji typu E2.

Ćwiczenie 5



Zaznacz, czy podane poniżej zdania są prawdziwe, czy fałszywe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Szybkość reakcji E1 determinowana jest przez pierwszy etap reakcji, czyli tworzenie karbokationu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Szybkość reakcji E1 determinowana jest przez pierwszy etap reakcji, czyli tworzenie stanu przejściowego.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Szybkość reakcji E1 determinowana jest przez drugi etap reakcji, czyli tworzenie karbokationu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Szybkość reakcji E1 determinowana jest przez pierwszy etap reakcji, czyli tworzenie produktu przejściowego.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Szybkość reakcji E1 determinowana jest przez drugi etap reakcji, czyli rozpad karbokationu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 6

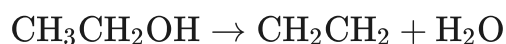


Wyznacz jednostkę stałej szybkości k dla reakcji chloroetanu z KOH prowadzącej do powstania etenu, jeżeli wiesz, że reakcja ta zachodzi zgodnie z mechanizmem eliminacji typu E2, a jednostką szybkości reakcji jest $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3 \cdot \text{s}}$.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 7



W wyniku reakcji, przedstawionej powyższym równaniem, stężenie substratu w mieszaninie reakcyjnej w ciągu 20 minut zmniejszyło się z $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ do $0,001 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$. Oblicz średnią szybkość reakcji, jeżeli wiesz, że wartość ta równa jest ilorazowi zmiany stężenia substratu do zmiany czasu wyrażonego w sekundach. Temperatura reakcji była stała.

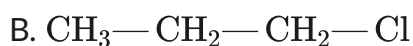
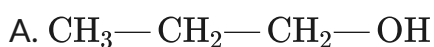
Rozwiązanie oraz odpowiedź zapisz w zeszytcie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 8



Dla poniższych pochodnych węglowodorów zapisz w zeszytcie od chemii formy, jakie powstają w najwolniejszym momencie reakcji.



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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Daria Szeliga, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Od czego zależy szybkość eliminacji – mechanizm E1 i E2?

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:

9) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu (addycja, eliminacja, substytucja, polimeryzacja, kondensacja) i mechanizm reakcji (elektrofilowy, nukleofilowy, rodnikowy); wyjaśnia mechanizmy reakcji; pisze odpowiednie równania reakcji.

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 eliminacji typu E2 i E1;
- pisze wyrażenie na szybkość reakcji eliminacji typu E2 i E1;
- analizuje mechanizm reakcji eliminacji typu E2 i E1;
- porównuje reakcje eliminacji typu E2 i E1 pod względem kinetyki.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna.

Metody i techniki nauczania:

- burza mózgów;
- dyskusja dydaktyczna;
- analiza materiału źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- bateria;
- symulacja interaktywna;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery 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 wykorzystuje informacje zawarte we wprowadzeniu do e-materiału.
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie starają się odpowiedzieć na pytanie: Od czego więc zależy szybkość reakcji eliminacji typu E2, a od czego E1?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel zadaje uczniom pytanie dotyczące typów reakcji eliminacji.
 - Jakie znacie typy reakcji eliminacji i co oznacza litera oraz cyfra w danym typie (E1, E2)? (E – eliminacja, 1 – reakcja jednocząsteczkowa, pierwszorzędowa, 2 – reakcja dwucząsteczkowa, drugorzędowa.)
2. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej mechanizmy reakcji typu E2 oraz E1, zawarte w e-materiale w sekcji „Przeczytaj” – uczniowie z nauczycielem analizują na forum klasy przebieg tych reakcji. Następnie nauczyciel wyświetla wykresy energii

w zależności od postępu reakcji, zawarte również w e-materiale, i także razem z uczniami wspólnie je analizują.

3. Wyznaczeni uczniowie zapisują na tablicy ogólne równania kinetyczne dla reakcji typu E2 oraz E1.
4. Podczas burzy mózgów uczniowie mają za zadanie wskazać najwolniejszy etap każdego typu reakcji eliminacji. Szybkość reakcji E1 determinowana jest przez pierwszy etap reakcji, czyli tworzenie karbokationu jako produktu przejściowego. Szybkość reakcji E2 determinowana jest przez czas tworzenia stanu przejściowego. Procesy te stanowią najwolniejsze etapy reakcji.
5. Nauczyciel proponuje uczniom prace w parach z symulacją interaktywną. Uczniowie zapoznają się z poleceniem 1 zawartym w medium, po czym przechodzą do rozwiązywania ćwiczeń.
6. 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 kwestie, 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 cenkami, w jakim stopniu opanowali zagadnienia, które wynikają 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.
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie zamieszczają w swoim portfolio:

- Przypomniałem/łam sobie, że...
- Co było dla mnie łatwe...
- Dziś nauczyłem/łam się...
- Co sprawiało mi trudność...

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:

Symulacja interaktywna może być wykorzystana przez uczniów podczas przygotowywania się do pracy kontrolnej oraz jako uzupełnienie luk kompetencyjnych przez uczniów

nieobecnych na lekcji.

Materiały pomocnicze:

1. Polecenia podsumowujące (nauczyciel przed lekcją zapisuje je na niewielkich kartkach):

- Jakie czynniki wpływają na szybkość reakcji?
- Jaką jednostkę ma szybkość reakcji?
- Czy równanie kinetyczne można wyznaczyć 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?
- Czym jest cząsteczkowość?
- Czym jest rzędowość reakcji chemicznej?

2. Nauczyciel przygotowuje arkusz papieru z narysowaną baterią i skalą oraz cenki.