

Jaki wpływ na energię aktywacji ma katalizator?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Jaki wpływ na energię aktywacji ma katalizator?

Katalizator jest substancją, która ułatwia przeprowadzenie reakcji chemicznej. Łączy się z substratami i tworzy zmodyfikowany kompleks aktywny, do którego utworzenia potrzebna jest znacznie mniejsza energia, niż do utworzenia kompleksu aktywnego wyłącznie między samymi substratami.

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

Czy zastanawiasz się czasami, w jaki sposób zachodzą reakcje chemiczne? Jak to się dzieje, że z substratów powstają zupełnie inne, nowe substancje, czyli produkty? Jakie teorie wiążą się z tymi przekształceniami? Co wpływa na przebieg reakcji chemicznej? Czy zastosowanie katalizatora ma wpływ na energię aktywacji? Pytania te nawiązują do zagadnień, którymi zajmuje się kinetyka chemiczna. Odpowiedzi na nie poszukamy w teorii zderzeń i teorii kompleksu aktywnego.

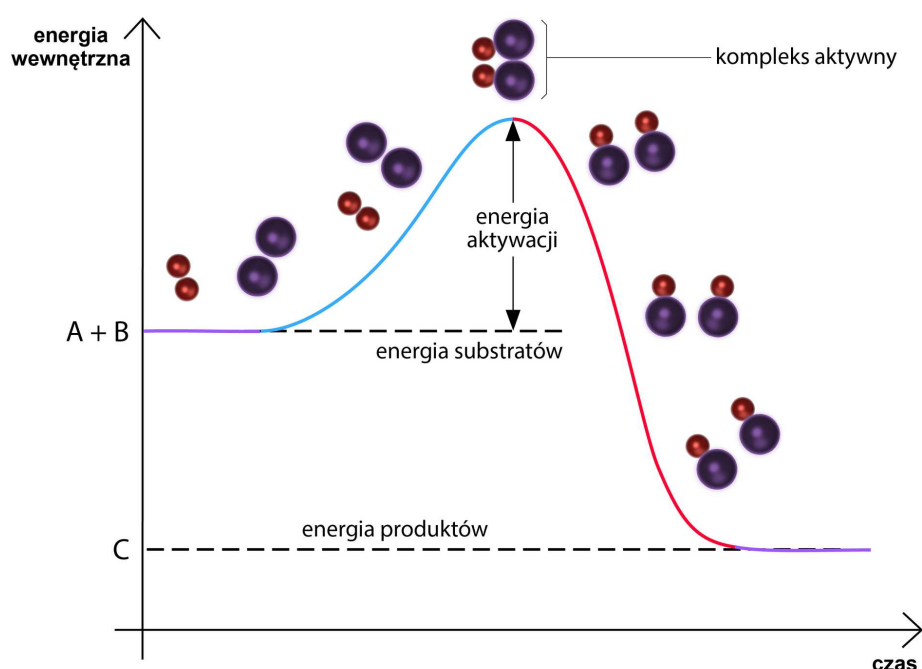
Twoje cele

- Poznasz pojęcia związane z działem kinetyki chemicznej.
- Przeanalizujesz wykres zależności zmian energii wewnętrznej reagentów od czasu trwania procesu.
- Zaproponujesz doświadczenie, które przedstawi wpływ katalizatora na przebieg reakcji chemicznej.

Przeczytaj

Kinetyka chemiczna

Dziedzina chemii, związana z tematem lekcji, to **kinetyka chemiczna**. Ten dział zajmuje się analizą przebiegu reakcji chemicznej pod wieloma względami. Zagadnienie, które wyjaśnia, w jaki sposób zachodzi reakcja pomiędzy cząsteczkami reagentów, to **teoria zderzeń aktywnych**. Polega ona na tym, że cząsteczki mogą reagować ze sobą, jeśli dojdzie pomiędzy nimi do zderzenia, a ich energia będzie odpowiednio wysoka. Takie zjawisko nazywa się **zderzeniem efektywnym**, a energia posiadana wówczas przez substraty nazywa się **energią aktywacji**. Teoria ta pozwala na wyjaśnienie, w jaki sposób oddziałują ze sobą cząsteczki substratów, jednak nie precyzuje, co dokładnie dzieje się w trakcie takiego zderzenia z atomami i wiązaniami w cząsteczkach. Tę kwestię tłumaczy teoria **kompleksu aktywnego**, czyli stanu przejściowego, występującego pomiędzy substratami a produktem.



Wykres zależności energii wewnętrznej reagentów od czasu podczas reakcji egzotermicznej

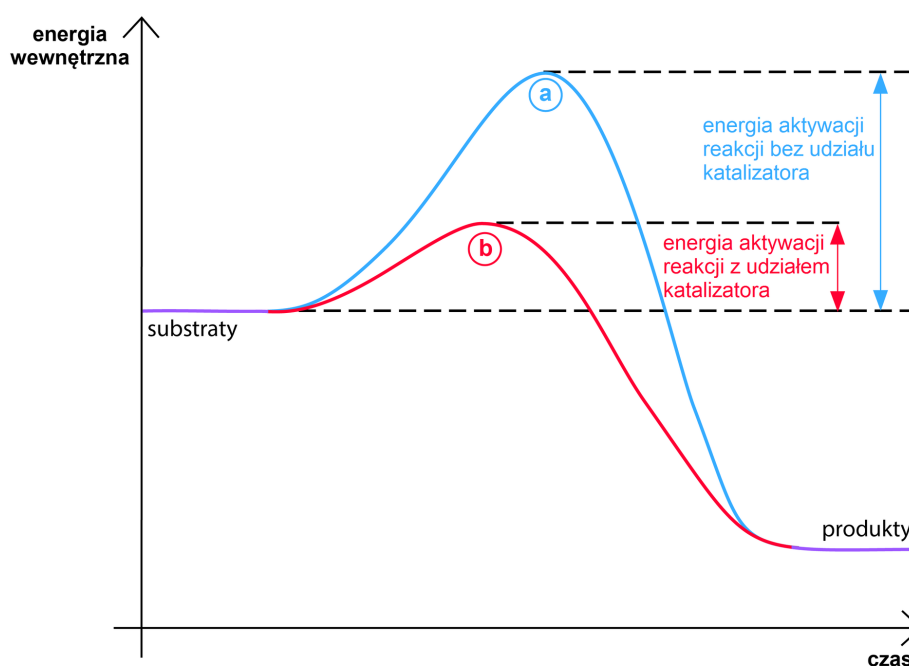
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Powyższy wykres ilustruje zmiany **energii wewnętrznej** reagentów w czasie przebiegu reakcji chemicznej. Dzięki niemu obserwujemy, że energia kompleksu aktywnego jest wyższa niż energia cząsteczek substratów, dzięki czemu możliwe jest powstanie

docelowych produktów. To, czy reakcja zajdzie, determinuje powstanie kompleksu aktywnego. Ten **stan przejściowy** charakteryzuje się częściowymi zmianami wiązań i przegrupowaniami. Posiada również **wysoką energię wewnętrzną** (wyższą od tej dla sumy substratów i dla sumy produktów). Aby reakcja chemiczna mogła zajść, substraty muszą tę energię osiągnąć. Decyduje więc ona o powodzeniu danej reakcji i o jej szybkości. Pokonanie tej „**bariery energetycznej**”, wynikającej z energii aktywacji, jest możliwe m.in. poprzez zastosowanie **katalizatorów**.

Katalizatory

Katalizator jest substancją, która ułatwia przeprowadzenie reakcji chemicznej. Łączy się z substratami i tworzy zmodyfikowany **kompleks aktywny**, do którego utworzenia potrzebna jest znacznie mniejsza energia, niż do utworzenia kompleksu aktywnego wyłącznie między samymi substratami. Katalizator zatem obniża energię aktywacji danej reakcji chemicznej, ponieważ wytworzenie kompleksu aktywnego z jego udziałem dla cząsteczek substratów jest łatwiejsze – wymaga użycia mniejszej energii. Po jej zakończeniu, katalizator całkowicie się odtwarza, a więc jego ilość jest taka sama na początku, jak i po zakończeniu reakcji. Jego działanie polega na stworzeniu alternatywnej drogi reakcji – energie aktywacji reakcji, które biegną z udziałem katalizatora, są niższe od odpowiednich energii aktywacji bez jego udziału. Jeżeli reakcja bez katalizatora wymaga E_a , to w jego obecności dwie reakcje wykazują E_{a1} i E_{a2} , przy czym każda z nich jest mniejsza od E_a . Zjawisko przyspieszenia reakcji chemicznej przez katalizator nazywa się **katalizą**.



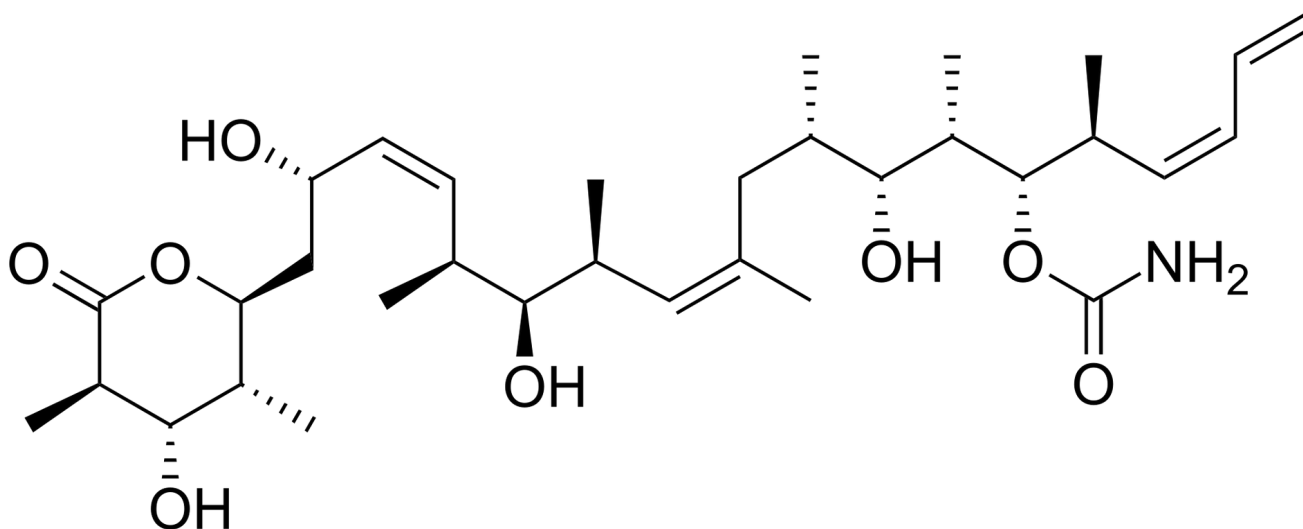
Wykres zależności energii wewnętrznej od czasu aktywacji reakcji egzoergiczej
a) z udziałem katalizatora

b) bez udziału katalizatora

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

Przeciwieństwem katalizatorów są **inhibitory** – stosuje się je do reakcji przebiegających zbyt gwałtownie, aby zwolnić ich przebieg i uzyskać nad nimi kontrolę. Wyróżniamy katalizatory/inhibitory **homogeniczne**, czyli będące w takiej samej fazie, co substraty (stan skupienia katalizatorów/inhibitorów jest taki sam), oraz **heterogeniczne**, które są w innej fazie niż substraty (stan skupienia katalizatorów/inhibitorów jest różny). Kataliza jest bardzo ważnym procesem chemicznym, mającym wręcz strategiczne znaczenie na skalę międzynarodową. Odkrycie noblistów z 2010 r. – Richarda F. Hecka, Ei-Ichi Negishi, Akiry Suzukiego, dotyczące katalizowanych przez pallad reakcji sprzęgania krzyżowego (reakcja, w której następuje tworzenie wiązania węgiel-węgiel), stosowanych w syntezie organicznej, pozwoliło na rozwinięcie wielu dziedzin, w tym przemysłu chemicznego, elektroniki, rolnictwa. Jednak najbardziej cennym okazało się zastosowanie reakcji sprzęgania w przemyśle farmaceutycznym do produkcji laboratoryjnej substancji, która hamuje rozwój komórek nowotworowych. Naturalnie występuje ona w gąbce *Discodermia dissoluta* (odkryta została w latach 80. na Karaibach).

Ciekawostka



Struktura chemiczna (+)-dyskodermolidu – naturalnego związku o właściwościach immunosupresyjnych i przeciwnowotworowych. Substancja ta została wyizolowana z gąbki *Discodermia dissoluta*.

Źródło: dostępny w internecie: commons.wikimedia.org, domena publiczna.

Dla zainteresowanych

Biokataliza enzymatyczna jest to proces biochemiczny, w którym jako katalizatory stosowane są **enzymy**. Wykazują one silną selektywność w stosunku do katalizowanych reakcji, będąc aktywne tylko wobec np. związków o konfiguracji L, a nieaktywne wobec związków o konfiguracji D lub odwrotnie. Taka cecha pozwala na prowadzenie skomplikowanych procesów biochemicznych i – w sposób szczególny – odróżnia katalizatory enzymowe od katalizatorów organicznych i nieorganicznych.

Słownik

katalizator

substancja chemiczna, której dodatek do układu reakcyjnego powoduje przyspieszenie reakcji chemicznej, a po zakończeniu reakcji jest w całości odzyskiwana; wyróżniamy katalizatory homogeniczne, czyli będące w takiej samej fazie, co substraty, oraz heterogeniczne, które są w innej fazie niż substraty

inhibitor

substancja chemiczna, której dodatek do układu reakcyjnego powoduje spowolnienie lub zatrzymanie reakcji chemicznej, a po zakończeniu reakcji jest w całości odzyskiwana; wyróżniamy inhibitory homogeniczne, czyli będące w takiej samej fazie, co substraty, oraz heterogeniczne, które są w innej fazie niż substraty

energia wewnętrzna

energia danego układu termodynamicznego, na którą składa się energia potencjalna i energia kinetyczna

zderzenie efektywne

takie zderzenie, w wyniku którego tworzone są bądź rozrywane wiązania chemiczne

energia aktywacji

najmniejsza ilość energii, jaką muszą mieć cząsteczki substratów do utworzenia kompleksu aktywnego

kompleks aktywny

powstałe w wyniku zderzenia takie ułożenie jader i elektronów (pochodzących od substratów), które w czasie reakcji pozwala na osiągnięcie maks. energii i przez który przebiega reakcja chemiczna

Bibliografia

Encyklopedia PWN

Bełtowska-Brzezinska M., *Podstawy kinetyki chemicznej. Skrypt do wykładów*, Poznań 2009.

Bielański A., *Podstawy Chemii nieorganicznej*, Warszawa 1994.

Hejwowska S., Marcinkowski R., *Równowagi i procesy jonowe*, Gdynia 2005.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



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

Katalizatory homogeniczne są w takiej samej fazie co substraty.

Katalizatory heterogeniczne są w tej samej fazie co substraty.

Katalizatory homogeniczne są w innej fazie niż substraty.

Katalizator jest to substancja chemiczna, której dodatek do układu reakcyjnego powoduje przyspieszenie reakcji chemicznej, a po zakończeniu reakcji jest w całości odzyskiwana.

Katalizator jest to substancja chemiczna, której dodatek do układu reakcyjnego powoduje spowolnienie reakcji chemicznej, a po zakończeniu reakcji jest w całości odzyskiwana.

Katalizatory heterogeniczne są w innej fazie niż substraty.

Ćwiczenie 2



Połącz pojęcia z definicją.

Katalizator homogeniczny

substancja chemiczna w takiej samej fazie co substraty – jej dodatek do reakcji powoduje przyspieszenie reakcji chemicznej, a po zakończeniu reakcji jest w całości odzyskiwana.

Energia wewnętrzna

substancja chemiczna w innej fazie niż substraty – jej dodatek do reakcji powoduje przyspieszenie reakcji chemicznej, a po zakończeniu reakcji jest w całości odzyskiwana.

Katalizator heterogeniczny

najmniejsza ilość energii, jaką muszą mieć cząsteczki substratów do utworzenia kompleksu aktywnego.

Energia aktywacji

energia danego układu termodynamicznego, na którą składa się energia potencjalna i energia kinetyczna.

Ćwiczenie 3



Naszkicuj wykres zależności energii wewnętrznej od czasu dla podanej reakcji. Uwzględnij wszystkie ważne opisy charakteryzujące ten wykres.



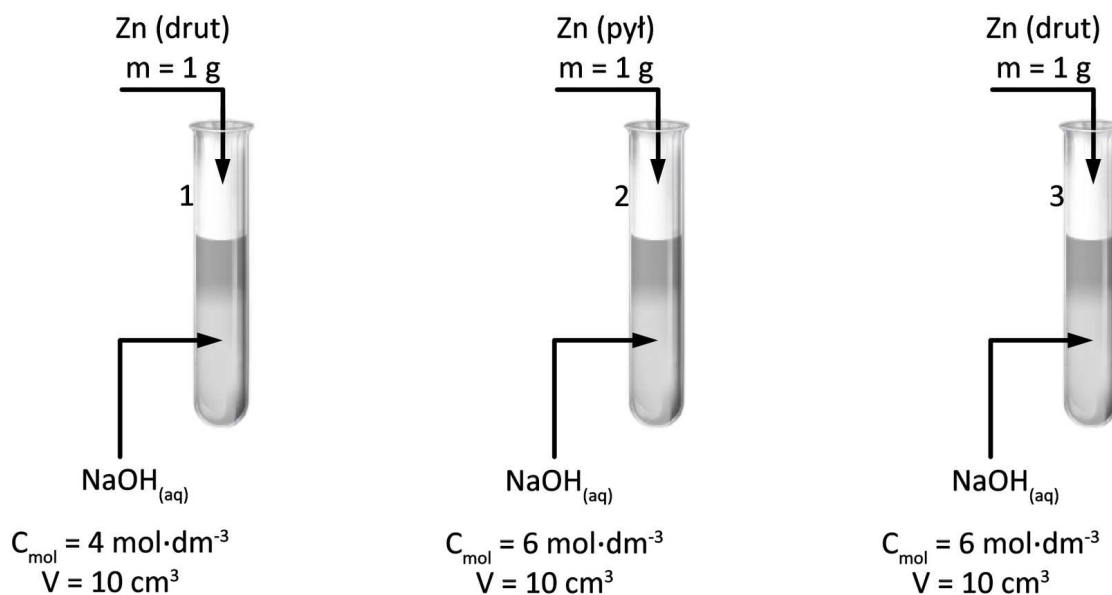
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 4

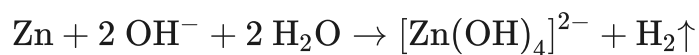


Przeprowadzono doświadczenie, zgodnie ze schematem zaprezentowanym na poniższym rysunku.

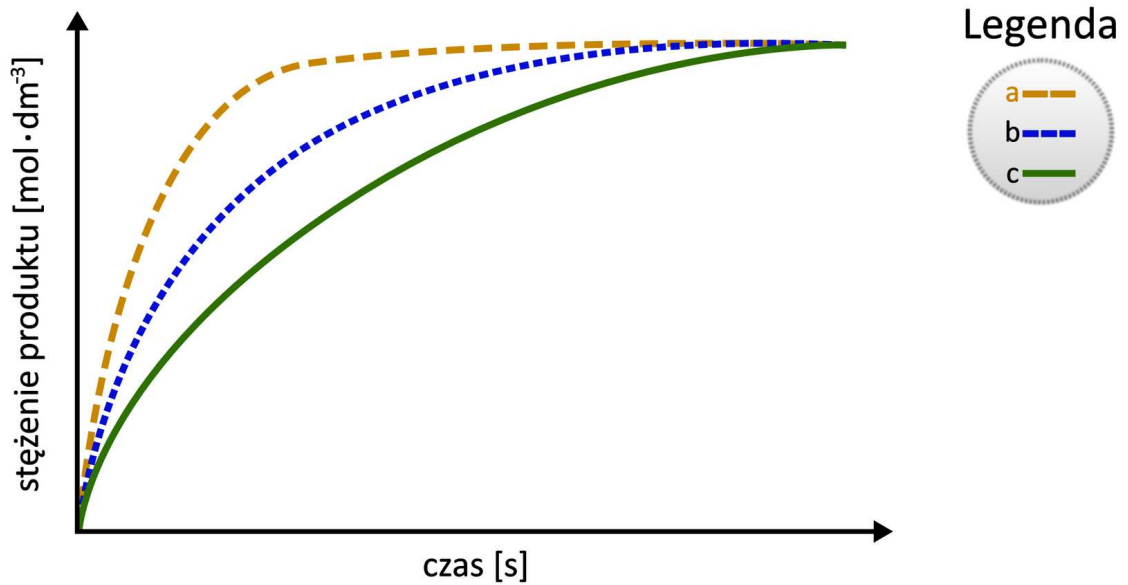


Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

W każdej z probówek zachodzi ta sama reakcja chemiczna:



Zmianę stężeń anionu $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ w czasie w probówkach I-III obrazują krzywe na poniższym uproszczonym wykresie:



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

Krzywym a–c przypisz odpowiadające im próbówki I–III, tak aby wykres prawidłowo opisywał różnicę w zmianach stężeń anionu $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$. W tym celu uzupełnij poniższą tabelę, wstawiając numery próbówek I–III.

Krzywa na wykresie	Numer próbówki
a	<input type="text"/>
b	<input type="text"/>
c	<input type="text"/>

III I II

Ćwiczenie 5



Przeprowadzono poniższe doświadczenie.

W pierwszej kolbie stożkowej umieszczono stężony roztwór nadtlenku wodoru (H_2O_2), który pozostawiono na tydzień otwarty. Po tym czasie okazało się, że w kolbie jest woda (H_2O). W drugiej kolbie stożkowej umieszczono stężony roztwór nadtlenku wodoru (H_2O_2), a następnie dodano nasycony roztwór wodny FeCl_3 . Mieszanina przybrała pomarańczową barwę i zaobserwowano po chwili wydzielanie się gazu, który spowodował, że tuczycwo zapaliło się.

Porównaj reakcje, które miały miejsce w kolbach i napisz odpowiednie równania reakcji dla każdej z nich.

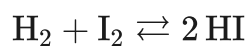
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

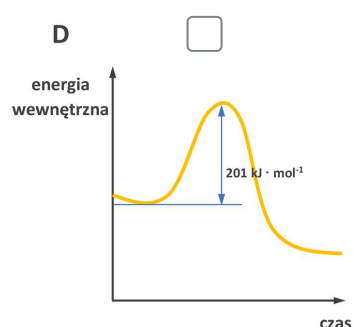
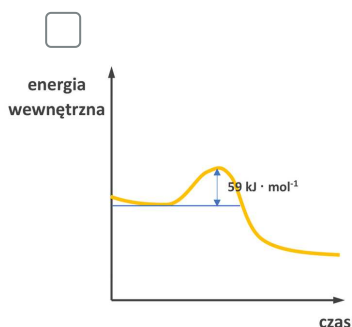
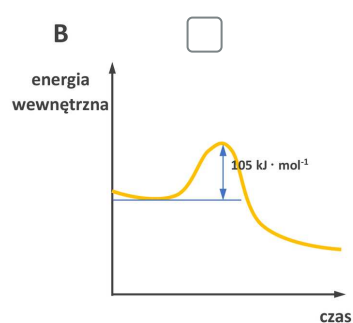
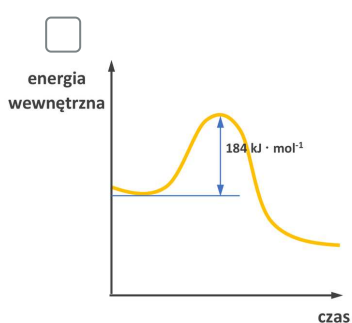
Ćwiczenie 6



W reaktorze zmieszano znane ilości wodoru i jodu.



Utrzymując odpowiednie warunki reakcji, mierzono zmiany stężeń reagentów i produktu, aż do ustalenia stanu równowagi dla tego procesu. Wybierz wykres, który zobrazuje najkorzystniejsze warunki dla tego procesu. Wyjaśnij dlaczego ten.



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

Odpowiedź:

Ćwiczenie 7



Zaznacz prawidłową odpowiedź.

$201 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

$184 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

$105 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

$59 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

Ćwiczenie 8



Przeprowadzono doświadczenie: do dwóch probówek dodano takie same ilości kwasu solnego o takim samym stężeniu oraz metalicznego cynku. Do jednej z nich dodatkowo dodano wodny roztwór siarczanu(VI) miedzi(II) o stężeniu $1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$. Zauważono wydzielanie gazu z obu probówek.

1. W której probówce reakcja zachodzi szybciej?
2. Dlaczego tak się dzieje?
3. Co stanie się z siarczanem(VI) miedzi(II) po przebiegu reakcji?
4. Jaką rolę w tej reakcji pełni sól miedzi(II)?

Odpowiedź:

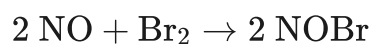
Ćwiczenie 9



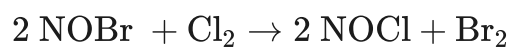
Na podstawie równań reakcji ustal:

1. Wzór katalizatora.
2. Wzór produktu przejściowego.
3. Równanie reakcji bez katalizatora.

Etap I



Etap II



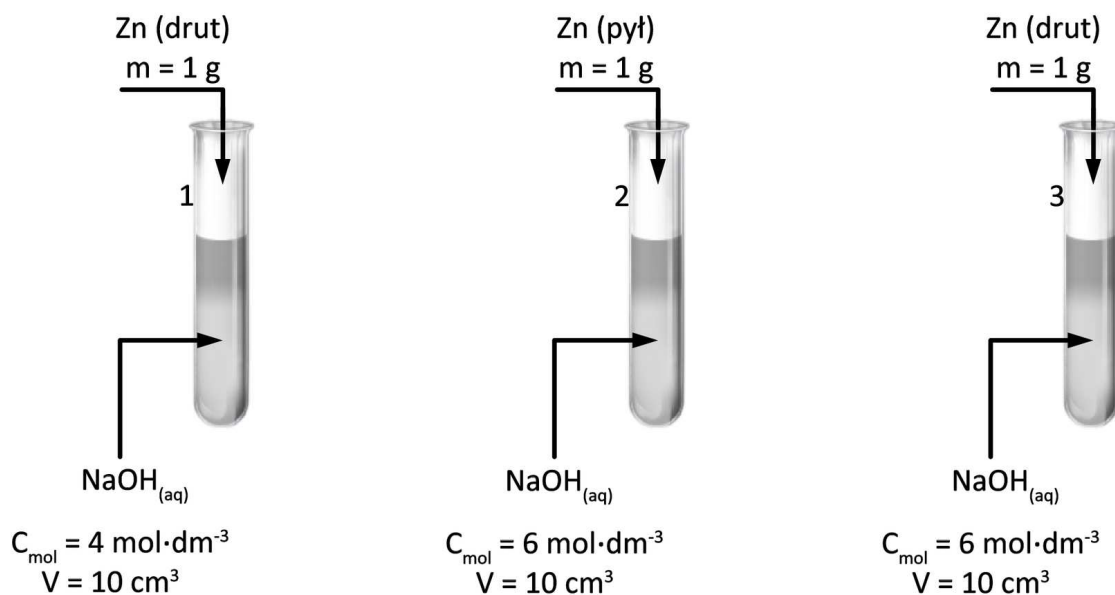
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Ćwiczenie 10

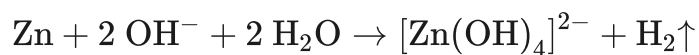


Przeprowadzono doświadczenie, zgodnie ze schematem zaprezentowanym na poniższym rysunku.



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

W każdej z probówek zachodzi ta sama reakcja chemiczna:



Napisz, jakie dodatkowe czynniki, które nie pojawiają się na rysunku w informacji wprowadzającej, można zastosować, aby zwiększyć szybkość reakcji chemicznej.

Odpowiedź:

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Aleksandra Marszałek-Harych, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jaki wpływ na energię aktywacji ma katalizator?

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Uczeń:

4) porównuje wartość energii aktywacji przebiegającej z udziałem i bez udziału katalizatora.

Zakres rozszerzony

IV. Kinetyka i statyka chemiczna. Energetyka reakcji chemicznych. Uczeń:

6) porównuje wartość energii aktywacji przebiegającej z udziałem i bez udziału katalizatora; wyjaśnia działanie katalizatora na poziomie molekularnym.

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:

- poznaje wybrane pojęcia związane z działem kinetyki chemicznej;
- analizuje wykres zależności zmian energii wewnętrznej od czasu;
- sprawdza wpływ katalizatora na energię aktywacji;
- projektuje doświadczenie obrazujące wpływ katalizatora na przebieg reakcji chemicznej.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- analiza tekstu źródłowego;
- ćwiczenia uczniowskie;
- eksperyment chemiczny;
- technika gadająca ściana;
- technika zdań podsumowujących.

Formy pracy:

- praca zbiorowa;
- praca w grupach;
- praca indywidualna.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami i słuchawkami, smartfony/tablety z dostępem do internetu;
- podręczniki tradycyjne;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- rzutnik multimedialny;
- tablica interaktywna/tablica.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel pyta uczniów: w jaki sposób można przyspieszyć reakcję chemiczną?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Uczniowie udzielają odpowiedzi na pytanie: Co to jest katalizator?
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele.
4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, jakie zostaną użyte w czasie lekcji.

Faza realizacyjna

1. Analiza tekstu źródłowego w dostępnych źródłach informacji, w tym w e-materiale – zdefiniowanie pojęć: katalizator, kataliza, inhibitor, inhibicja, energia aktywacji, energia wewnętrzna, teoria zderzeń, kompleks aktywny, zderzenie efektywne. Chętni lub wskazani uczniowie definiują pojęcia na forum klasy. Konfrontują również swoje

propozycje z fazy wstępnej w mapie pojęć. Nauczyciel ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.

2. Pokaz uczniowski – „Badanie wpływu katalizatora heterogenicznego na przebieg rozkładu nadtlenu wodoru”. Nauczyciel wyznacza dwóch uczniów jako asystentów do przeprowadzenia pokazu uczniowskiego wg instrukcji i schematu, które zamieszczone są w materiałach pomocniczych.
3. Nauczyciel rozdaje uczniom karty pracy. Uczniowie formułują na forum pytanie badawcze i hipotezę, po czym zapisują w kartach pracy. Po przeprowadzonym eksperymencie, uczniowie samodzielnie zapisują swoje spostrzeżenia, równanie reakcji oraz wnioski w kartach pracy, po czym chętne osoby prezentują na forum swoje efekty. Nauczyciel kontroluje poprawność wypowiedzi i zapisu równania reakcji chemicznej.
4. Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy i rozdaje arkusze papieru oraz mazaki. Każda z grup ma za zadanie zaprojektowanie doświadczenia, ukazującego wpływ działania na reakcję chemiczną (uczniowie mogą korzystać z dostępnych źródeł informacji):
 - grupa I: inhibitora homogenicznego;
 - grupa II: inhibitora heterogenicznego;
 - grupa III: katalizatora homogenicznego;
 - grupa IV: katalizatora heterogenicznego.
5. Po zakończeniu pracy, liderzy prezentują efekty prac grup z zastosowaniem techniki gadająca ściana. Projekty doświadczeń weryfikuje nauczyciel i możliwe do przeprowadzenia poprawne doświadczenie może przygotować grupa wyznaczona przez nauczyciela jeszcze na bieżącej lekcji, jeżeli pozwoli czas na to lub na lekcji następnej.
6. Uczniowie samodzielnie analizują medium bazowe.

Faza podsumowująca

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów. Przykładowe polecenia i pytania skierowane do uczniów:
 - Co to jest kompleks aktywny?
 - Jaką rolę pełni katalizator?
 - W jakim celu stosuje się inhibitory?
 - Czym się różni energia aktywacji od energii wewnętrznej?
 - Jakie czynniki mogą wpłynąć na energię aktywacji?
2. Jako podsumowanie nauczyciel zadaje uczniom pytania, które gromadzą w swoim portfolio:
 - Przypomniałem/łam sobie, że...

- Co było dla mnie łatwe ...
- Czego się nauczyłam/łem...
- Co było łatwe, a co trudne...

Praca domowa:

Nauczyciel prosi uczniów o wykonanie wszystkich ćwiczeń zawartych w e-materiale.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimediu:

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów podczas przygotowania się do zajęć lekcyjnych.

Materiały pomocnicze:

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

- Co to jest kompleks aktywny?
- Jaką rolę pełni katalizator?
- W jakim celu stosuje się inhibitory?
- Czym się różni energia aktywacji od energii wewnętrznej?
- Jakie czynniki mogą wpłynąć na energię aktywacji?

2. Doświadczenie chemiczne – „Badanie wpływu katalizatora heterogenicznego na przebieg rozkładu nadtlenu wodoru”.

Karta pracy ucznia

Plik o rozmiarze 78.12 KB w języku polskim

3. Przygotowanie szkła i sprzętu laboratoryjnego, odczynników chemicznych oraz instrukcji:

Szkło i sprzęt laboratoryjny: 2 kolby stożkowe, pipeta, łyżeczka, łuczywko, zapalniczka/zapałki.

Odczynniki chemiczne: woda utleniona, tlenek manganu(IV).

Instrukcja:

- Umieść w obu kolbach po 20 cm³ wody utlenionej.
- Do jednej kolby wrzuć szczyptę tlenku manganu(IV).
- Obserwuj zmiany w obu kolbach (szybkość uwalniania się pęcherzyków).
- Do wylotu kolby z katalizatorem przyłóż żarzące się łuczywko i obserwuj zmiany.

Uwaga:

Stężenie H_2O_2 może być dowolne. Uwaga przy zastosowaniu wysokich stężeń, jak dla perhydrolu, gdyż jest silnie żrący i reakcja przebiega wówczas gwałtownie.

Schemat:

Plik o rozmiarze 26.26 KB w języku polskim