

## Reguła przekory Le Chateliera-Brauna

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



## Reguła przekory Le Chateliera-Brauna

W 1903 r. odbył się pierwszy kontrolowany przelot samolotu, napędzany silnikiem tłokowym, i trwał on 12 sekund.

Źródło: dostępny w internecie: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), domena publiczna.

Gdy samolot jest w ruchu, wystarczy niewielka zmiana w położeniu steru, by znacząco zakłócić tor lotu. Wówczas czujemy się niekomfortowo, a chwilowa równowaga zostaje zaburzona. Jednak pilot może wrócić samolot na właściwy tor. Czym jest równowaga reakcji chemicznej? Czy znasz czynniki, które wpływają na zmianę położenia stanu równowagi? Wiesz, o czym mówi reguła przekory?

### Twoje cele

- Wyjaśnisz, o czym mówi reguła przekory.
- Sprawdzisz, jakie czynniki mogą powodować wytrącenie układu ze stanu równowagi.
- Określisz zachowanie układu po jego wytrąceniu ze stanu równowagi.

# Przeczytaj

---

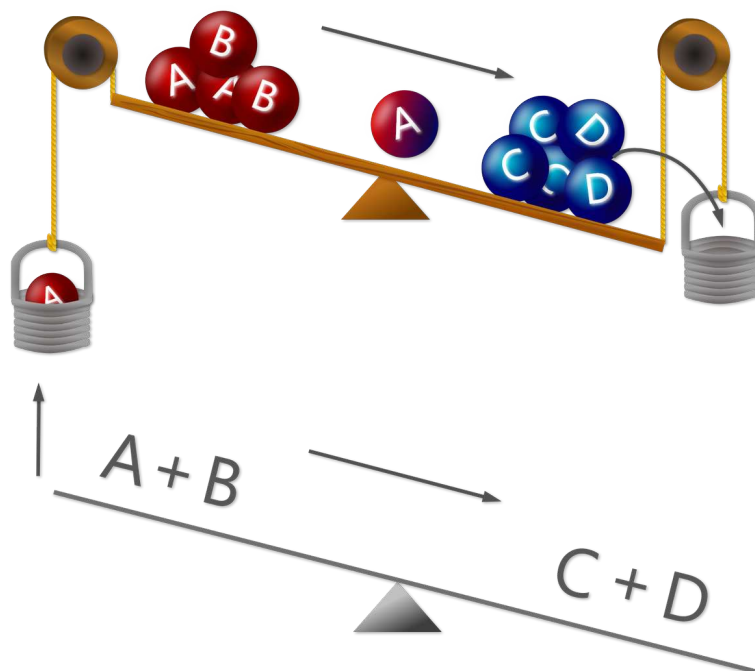
## Reguła przekory

W 1884 r. francuski chemik i inżynier Henry-Louis Le Chatelier (czyt. le szatolier) zaproponował koncepcję, która opisuje, co dzieje się z układem, gdy „coś” na krótko wyprowadza go ze stanu równowagi. Naukowiec zauważył, że:

### **Reguła: Reguła przekory**

„Jeżeli układ znajdujący się w stanie równowagi chemicznej zostanie poddany działaniu nowego czynnika zewnętrznego, to układ będzie dążył do zmniejszenia wpływu czynnika zewnętrznego i osiągnięcia nowego stanu równowagi, zbliżonego do stanu równowagi wyjściowej.” (autor: Henry Louis Le Chatelier)

Powyższe rozważania były punktem wyjścia do sformułowania reguły przekory. Opracowana przez Le Chateliera koncepcja przyniosła mu sławę i rozgłos w świecie naukowym. Trzy lata po jej ogłoszeniu, niemiecki fizyk Karl Ferdinand Braun teoretycznie uzasadnił jego teorię. Ostatecznie sformułowana przez naukowców reguła przyjęła nazwę reguły przekory Le Chateliera-Brauna. Słownik języka polskiego podaje, że przekora to „skłonność do umyślnego sprzeciwiania się komuś lub czemuś”. Zatem w przypadku zadziałania czynnika zewnętrznego na układ (np. zmiana stężenia, ciśnienia lub temperatury) układ działa na przekór.



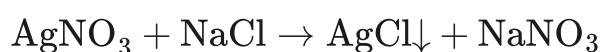
Regułę przekory można wyjaśnić, porównując zmiany stanu równowagi chemicznej do równoważni. Jeżeli zwiększymy tylko stężenia substratów, to w nowym stanie równowagi muszą wzrosnąć stężenia produktów i reakcja przesunie się w prawo. Jeżeli natomiast zmniejszymy tylko stężenia substratów, to w nowym stanie równowagi muszą zmaleć stężenia produktów i reakcja przesunie się w lewo.

Źródło: GroMar Sp. z o.o. (na podstawie puntomariner.com), licencja: CC BY-SA 3.0.

## Reakcje odwracalne i nieodwracalne

Dla zrozumienia istoty reguły przekory Le Chateliera–Brauna warto zastanowić się, czym są reakcje odwracalne i nieodwracalne. Podczas przebiegu reakcji chemicznych, jedynie dla części z nich obserwuje się całkowitą przemianę cząsteczek substratów w produkty, z jednoczesnym brakiem możliwości ponownego przekształcenia produktów w substraty. Takie reakcje określane są mianem [reakcji nieodwracalnych](#) i w zapisie stosuje się pojedynczą strzałkę.

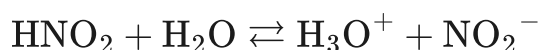
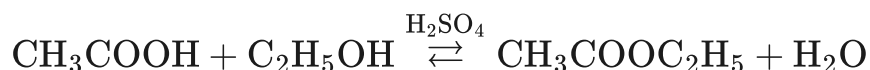
Reakcje praktycznie nieodwracalne to np.:





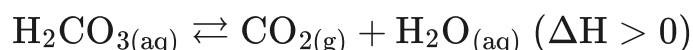
Gdy cząsteczki produktów powstają z jednoczesnym odtwarzaniem cząsteczek substratów, biegnąca reakcja jest odwracalna, a w zapisie stosowana jest podwójna strzałka.

Reakcje odwracalne to np.:



### Polecenie 1

Podczas produkcji wody gazowanej, woda źródłana jest sztucznie nasycana tlenkiem węgla(IV). Proces zachodzący podczas otwierania butelki z wodą gazowaną, można zapisać w postaci równania:



Zastanów się, co się dzieje w butelce wody gazowanej podczas zmiany parametrów, takich jak ciśnienie oraz temperatura.

W praktyce laboratoryjnej dąży się do uzyskania wysokiej wydajności produktu, czyli dużego stopnia przereagowania substratów. Duża wydajność może zostać osiągnięta w wyniku:

- ochłodzenia układu (w przypadku reakcji egzotermicznej);
- ogrzania układu (w przypadku reakcji endotermicznej);
- zwiększenia ciśnienia reakcji, dla której objętość gazowych substratów jest większa od objętości gazowych produktów;

- zmniejszenia ciśnienia reakcji, dla której objętość gazowych substratów jest mniejsza od objętości gazowych produktów;
- użycia w nadmiarze jednego z substratów;
- usunięcia części produktu z mieszaniny reakcyjnej.

## Podsumowanie

Reguła przekory Le Chateliera-Brauna pozwala zrozumieć odpowiedź układu na zmiany warunków reakcji będącej w stanie równowagi. Na położenie stanu równowagi chemicznej ma wpływ:

- zmiana objętości;
- temperatura układu;
- zmiana ciśnienia lub objętości mieszaniny reakcyjnej w przypadku reakcji zachodzącej pomiędzy reagentami gazowymi;
- stężenie reagentów.

Co istotne, na położenie stanu równowagi reakcji nie ma wpływu dodatek lub zmiana [katalizatora](#) reakcji. Działanie katalizatora ma na celu jedynie skrócenie czasu, który jest konieczny do osiągnięcia [stanu równowagi](#). Reguła przekory nie jest stosowana gdy:

1. następuje zmiana ciśnienia, a suma współczynników stechiometrycznych przed substratami gazowymi jest równa sumie współczynników stechiometrycznych przed produktami gazowymi w równaniu reakcji;
2. następuje zmiana temperatury, a reakcji nie towarzyszy żaden efekt cieplny ( $\Delta H = 0$ ).

## Słownik

## **katalizator**

substancja, która wprowadzona do mieszaniny reakcyjnej, przyspiesza reakcję chemiczną, ale nie zużywa się w jej trakcie. Katalizator można odzyskać po zakończeniu reakcji chemicznej; zastosowanie katalizatora nie wpływa na położenie stanu równowagi, ale tylko ułatwia jego osiągnięcie; katalizator zawsze przyspiesza reakcję zachodzącą zarówno od substratów do produktów, jak i w stronę przeciwną

## **reakcja nieodwracalna**

reakcja, która zachodzi wyłącznie w jednym kierunku

## **reakcja odwracalna**

reakcja, która może zachodzić w obu kierunkach (w kierunku produktów lub substratów), celem osiągnięcia stanu równowagi

## **Reguła przekory**

jeżeli układ znajdujący się w stanie równowagi chemicznej zostanie poddany działaniu nowego czynnika zewnętrznego, to układ będzie dążył do zmniejszenia wpływu czynnika zewnętrznego i osiągnięcia nowego stanu równowagi, zbliżonego do stanu równowagi wyjściowej

## **stała równowagi**

stosunek iloczynu równowagowych stężeń produktów podniesionych do potęgi (wartości potęg równe są wartościom współczynników stechiometrycznych) do iloczynu równowagowych stężeń substratów podniesionych do potęgi (wartości potęg równe są wartościom współczynników stechiometrycznych); jej wartość jest charakterystyczna dla danej reakcji i zmienia się wraz z temperaturą

## **Bibliografia**

Encyklopedia PWN

Hejwowska S., Marcinkowski R., Staluszka J., *Równowagi i procesy jonowe. Chemia 3*, Gdynia 2006.

Litwin M., Styka-Wlazło Sz., Szymońska J., *To jest chemia 1*, Warszawa 2013.

Pazdro K. M., Rola-Naworyta A., *Akademicki zbiór zadań z chemii ogólnej*, Warszawa 2013.

Sienko M. J., Plane R. A., *Chemia. Podstawy i zastosowania*, Warszawa 1999.

Skoog D. A., Donald M. West D. M., Holler J. F., Crouch S. R., *Podstawy chemii analitycznej*, t. 1, Warszawa 2006, s. 232.

# Film samouczek

---

## Polecenie 1

Czy znasz czynniki, które mają wpływ na stan równowagi reakcji chemicznej? Zapoznaj się z filmem samouczkiem i zastanów się, czy i w jaki sposób wpłynie na układ zmiana temperatury, ciśnienia, objętości, dodanie reagentów oraz katalizatora.

## Trwa wczytywanie danych ..

$$A + B \xrightleftharpoons[V_2]{V_1} C + D$$
$$V_1 = V_2$$

Reguła przekory Le Chateliera-Brauna

**Czynniki wpływające na stan równowagi reakcji:**

- stężenie reagentów (zarówno substratów, jak i produktów);
- temperatura;
- objętość;
- ciśnienie.

Film dostępny pod adresem </preview/resource/Rp4lBXM8COkSF>

Film samouczek pt. *Reguła przekory Le Chateliera–Brauna*

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

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej reguły przekory Le Chateliera–Brauna.

---

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3

Ćwiczenie 4

Ćwiczenie 5

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Jeśli stan równowagi zostanie zakłócony działaniem czynnika zewnętrznego, to w układzie rozpocznie się przemiana, zmierzająca do zminimalizowania skutków działania tego czynnika i osiągnięcia nowego stanu równowagi.

Zaznacz, czego treścią jest powyższa definicja.

Reguły La Chateliera-Brauna

Reguły przekory.

Prawa zachowania masy.

Prawa stałości składu chemicznego.

Prawa działania mas.

## Ćwiczenie 2



Korzystając z reguły przekory, wskaż, który z czynników nie może wpłynąć na przesunięcie równowagi reakcji:  $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)}$ .

zwiększenie temperatury

zmiana ciśnienia

dodanie katalizatora

zmiana objętości

dodanie substratu A

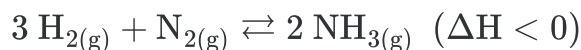
dodanie produktu C

### Ćwiczenie 3



Uzupełnij zdania, wstawiając w luki podane wyrazy lub wybierając z rozwijanej listy.

Reakcja syntezy amoniaku przebiega zgodnie z równaniem:



- Jeśli po osiągnięciu przez układ stanu równowagi zwiększymy stężenie wodoru, to wydajność reakcji .
- Jeśli po osiągnięciu przez układ stanu równowagi  ciśnienie panujące w układzie, to wydajność reakcji spadnie.
- Ilość powstającego amoniaku , jeśli układ, który znajdował się w stanie równowagi, ochłodzimy.
- Jeśli po osiągnięciu przez układ stanu równowagi  stężenie amoniaku, to układ, zgodnie z regułą przekory, będzie go odtwarzać.

wzrośnie

zwiększymy

wzrośnie

zmniejszymy

zmaleje

zwiększymy

zmniejszymy

wzrośnie

zmaleje

wzrośnie

## Ćwiczenie 4



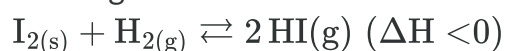
W tabeli podano zestaw reakcji chemicznych w stanie równowagi zachodzących w zamkniętym układzie. Zaznacz te, w których zastosowany czynnik wpływa na zwiększenie wydajności tworzenia produktów.

Numer	Reakcja	Czynnik
1 <input type="checkbox"/>	$\text{HCHO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ reakcja egzoenergetyczna ( $\Delta H < 0$ )	Odprowadzenie pary wodnej z układu
2 <input type="checkbox"/>	$\text{NH}_4\text{Cl}_{(s)} \rightleftharpoons \text{NH}_{3(g)} + \text{HCl}_{(g)}$	Wzrost temperatury
3 <input type="checkbox"/>	$\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_{2(g)}$	Obniżenie temperatury
4 <input type="checkbox"/>	$4 \text{HCl}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$	Wzrost ciśnienia

## Ćwiczenie 5



Podczas syntezy jodowodoru (HI) z wodoru i stałego jodu, przedstawionej poniższym równaniem, ustalił się stan równowagi.



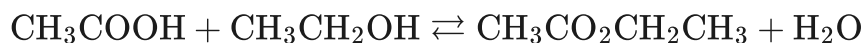
Oceń, w którym kierunku przesunie się równowaga tej reakcji, wobec zmian zapisanych w tabeli.

Zmiana	w lewo ←	w prawo →
spadek ciśnienia ( $T = \text{const}$ )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
wzrost temperatury ( $p = \text{const}$ )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
spadek temperatury ( $p = \text{const}$ )	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
usunięcie jodowodoru z układu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Ćwiczenie 6



Podaj, w jaki sposób można sterować przebiegiem reakcji estryfikacji (katalizowanej jonami  $H^+$ ), tak aby uzyskać wysoką wydajność produktów. Wpisz odpowiedź.



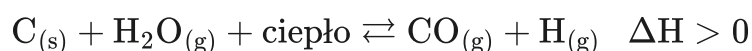
Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

## Ćwiczenie 7



Dana jest reakcja opisana równaniem:



W tabeli zaznaczono strzałkami kierunek zmian równowagi reakcji pod wpływem określonych parametrów. Ustal, jak zmienić parametr, aby reakcja biegła zgodnie z kierunkiem wskazanym przez strzałki. W tym celu przeciągnij podane wyrazy w odpowiednie miejsca tabeli lub wybierz je z rozwijanej listy.

parametr	temperatura	ilość pary wodnej	ciśnienie	ilość wodoru
przesunięcie równowagi	→	→	←	→
Zmiana parametru	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

zwiększyć

zmniejszyć

zmniejszyć

zwiększyć

doprowadzić wodór

odprowadzić wodór

dodać wodę

odparować wodę

## Ćwiczenie 8



Masz do dyspozycji:  $1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  roztwór chlorku cynku ( $\text{ZnCl}_{2(\text{aq})}$ ),  $1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  roztwór kwasu siarkowodorowego,  $1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  kwas chlorowodorowy, tryskawkę z wodą destylowaną, statyw do probówek z trzema probówkami. Zaprojektuj doświadczenie, w którym sprawdzisz wpływ stężenia reagentów na położenie stanu równowagi.

W tym celu:

- opisz przebieg doświadczenia i przewidywane obserwacje;
- napisz równanie(-a) zachodzącej (-ych) reakcji;
- sformułuj wniosek wynikający z tego doświadczenia.

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

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

**Autor:** Agata Jarszak-Tyl, Krzysztof Błaszczak

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Reguła przekory Le Chateliera-Brauna

**Grupa odbiorcza:** III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie rozszerzonym

## Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

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

9) wymienia czynniki, które wpływają na stan równowagi reakcji; wyjaśnia, dlaczego obecność katalizatora nie wpływa na wydajność przemiany; stosuje regułę Le Chateliera-Brauna (regułę przekory) do jakościowego określenia wpływu zmian temperatury, stężenia reagentów i ciśnienia na układ pozostający w stanie równowagi dynamicznej.

## 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:

- opisuje regułę przekory;
- wymienia czynniki wpływające na zmianę położenia stanu równowagi;
- ocenia kierunek przesuwania się położenia stanu równowagi.

## Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- problemowa.

## **Metody i techniki nauczania:**

- burza mózgów;
- dyskusja dydaktyczna;
- ćwiczenia uczniowskie;
- eksperyment chemiczny;
- analiza materiału źródłowego;
- film samouczek;
- technika zdań podsumowujących.

## **Formy pracy:**

- praca zbiorowa;
- praca w parach;
- praca indywidualna.

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami i z dostępem do internetu/smartfony, tablety;
- słuchawki;
- rzutnik multimedialny;
- zasoby multimedialne zawarte w e-podręczniku;
- tablica interaktywna/tablica biała;
- aplikacja Mentimeter.

## **Przebieg zajęć**

### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wyświetla okładkę e-materiału na której przedstawiony jest samolot, po czym zadaje uczniom pytanie: czy łatwo utrzymać równowagę osobie, która chodzi po linie? Co dzieje się, gdy równowaga jest zaburzona? Czym jest równowaga reakcji chemicznej? Wymień czynniki wpływające na zmianę położenia stanu równowagi? Czy wiesz czego dotyczy reguła przekory?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół terminu „reguła przekory”. Nauczyciel może wykorzystać aplikację Mentimeter z wykorzystaniem tabletów/smartfonów.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.
4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, jakie zostaną użyte w czasie lekcji.

### **Faza realizacyjna:**

1. Eksperyment chemiczny. Nauczyciel wyznacza ucznia do przeprowadzenia pokazu, w którym wykorzystuje dwie butelki wody gazowanej. Jedną butelkę uczeń ostrożnie otwiera i prosi uczniów, by obserwowali co dzieje się z zawartością podczas otwierania. Drugą butelkę łagodnie ogrzewa używając do tego suszarki.
2. Uczniowie wykonują parami w wersji elektronicznej Polecenie 1 w e-materiale – zakładka „Przeczytaj”. Po wykonaniu zadania chętna para prezentuje rezultaty swojej pracy podając pytanie badawcze, hipotezę, określa zmienne, podaje obserwacje i wnioski. Nauczyciel weryfikuje poprawność rozwiązania zadania tłumacząc, że podczas obu eksperymentów została przesunięta równowaga reakcji.
3. Nauczyciel wprowadza definicję reguły przekory i prosi uczniów o zapoznanie się z treścią e-materiału. Następnie zapisuje na tablicy interaktywnej hasło „stan równowagi” i prosi uczniów by zapisywali na tablicy kolejno czynniki, które wpływają na położenie stanu równowagi.
4. Uczniowie sprawdzają swoją wiedzę wykonując samodzielnie ćwiczenia 1-5 zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”. Nauczyciel wspiera uczniów i ewentualnie wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.
5. Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej medium bazowe – film samouczek zatytułowany „Reguła przekory”. Uczniowie samodzielnie sprawdzają zdobytą wiedzę, wykonując ćwiczenia załączone do medium.

#### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając przykładowe pytania: na czym polega reguła przekory? Co ma wpływ na położenie stanu równowagi chemicznej? W wyniku czego może być osiągnięta wysoka wydajność produktu?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie gromadzą w swoim portfolio:
  - Przypomniałem/łam sobie, że...
  - Co było dla mnie łatwe...
  - Czego się nauczyłam/łem...
  - Co sprawiało mi trudność...

#### **Praca domowa:**

Uczniowie wykonują pozostałe ćwiczenia zawarte w e-materiale – „Sprawdź się”.

#### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:**

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów podczas wykonywania pracy domowej oraz podczas przygotowywania się do lekcji.

#### **Materiały pomocnicze:**

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

- Na czym polega reguła przekory?
- Co ma wpływ na położenie stanu równowagi chemicznej?
- W wyniku czego może być osiągnięta wysoka wydajność produktu?

2. Doświadczenie:

- Sprzęt: suszarka do włosów.
- Odczynniki chemiczne: dwie butelki wody gazowanej.