



Jak na stan równowagi wpływa ciśnienie?

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



## Jak na stan równowagi wpływa ciśnienie?

Ciśnienie wpływa na procesy zachodzące z reagentami gazowymi.  
Źródło: dostępny w internecie: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), domena publiczna.

W otaczającym nas świecie, w warunkach ciśnienia atmosferycznego, mają swój bieg różne procesy. Jednak niektóre, na pozór proste reakcje, nie zachodzą, jak chociażby synteza amoniaku. Możemy za to przyspieszyć lub zwiększyć wydajność istniejących procesów, manipulując owym ciśnieniem. Skorzystał z tego sposobu niemiecki uczyony, **Fritz Haber**, nagrodzony w 1918 r. nagrodą Nobla. Mianowicie – uratował Europę przed głodem, wykorzystując zmiany ciśnienia we wspomnianej syntezie amoniaku. W tej części dowiesz się, dlaczego zmiany ciśnienia odgrywają tak istotną rolę w procesach chemicznych.

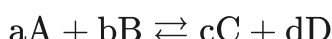
### Twoje cele

- Posłużysz się regułą przekory w sytuacji zmiany ciśnienia.
- Określisz sposoby zwiększenia wydajności produktu.
- Zastanowisz się nad tym, jaką rolę ciśnienie odgrywa w reakcjach chemicznych.

# Przeczytaj

## Czym jest stała równowagi?

W każdej **odwracalnej reakcji chemicznej** może ustalić się stan równowagi.



Jest on opisywany przez wartość **stałej równowagi K**, która to z kolei jest równa ilorazowi reakcji w stanie doskonałej równowagi, tj. w sytuacji, gdy szybkość reakcji, w stronę od substratów do produktów i od produktów do substratów, jest dokładnie taka sama. Stała K jest przypisana dla konkretnych wartości temperatury oraz ciśnienia. Czynniki zewnętrzne mogą przesunąć stan równowagi w stronę produktów lub substratów.

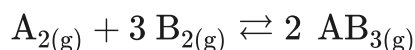
$$K_{(T,p)} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

## Jak ciśnienie wpływa na położenie stanu równowagi?

W tej części rozważymy wpływ ciśnienia na położenie stanu równowagi.

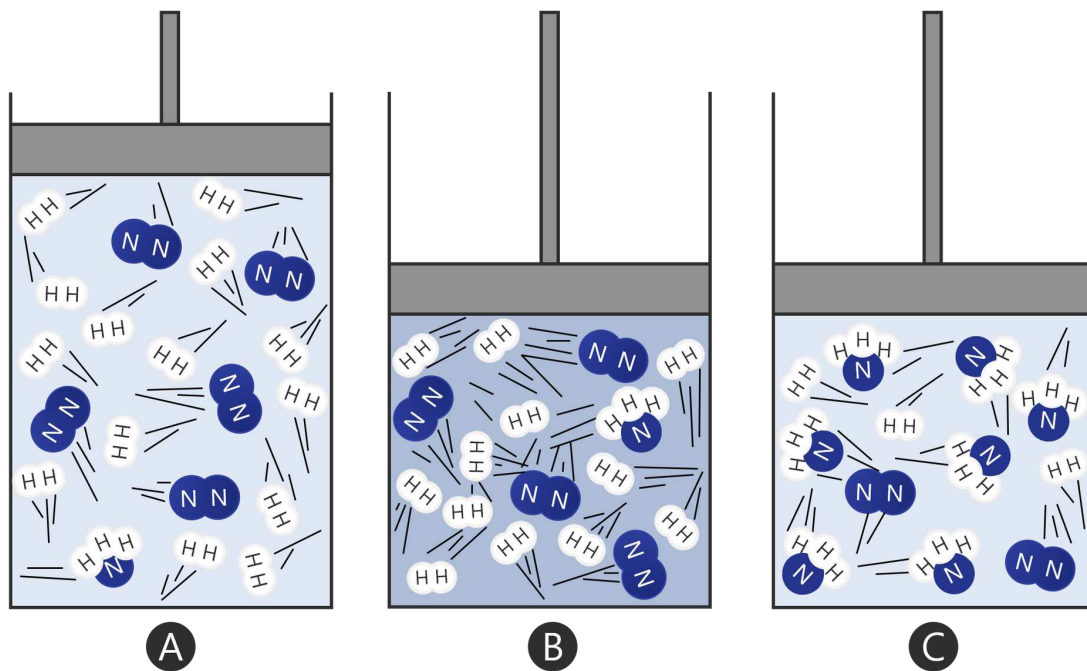
### Reakcja syntezy – kiedy z kilku substratów powstaje jeden produkt

Rozważmy hipotetyczną reakcję:



$$K_p = \frac{p[AB_3]^2}{p[A_2] \cdot p[B_2]^3}$$

Wszystkie reagenty są w stanie gazowym, przy stałym ciśnieniu i temperaturze. Bilansując (uzgadniając) równanie reakcji zauważymy, że liczba moli substratów (4 mole) jest różna od ilości moli produktów (dwa mole). Synteza związku  $AB_3$  powoduje zmniejszenie się ilości reagentów. Zakłócenie stanu równowagi, poprzez zwiększenie ciśnienia, przesunie równowagę w stronę syntezy produktu, ponieważ układ dąży do powrotu do stanu równowagi. Zmniejszenie ciśnienia natomiast będzie miało skutek odwrotny – przesunięcie równowagi w stronę substratów.



A) Gazy są w stanie równowagi, więc stężenie produktu nie jest wysokie (w układzie znajduje się tylko jedna cząsteczka amoniaku).

B) Poprzez opuszczenie tłoka zwiększa się ciśnienie w układzie. Cząsteczki zaczynają poruszać się szybciej, przez co prawdopodobieństwo ich zderzenia jest większe, a tym samym także zajścia reakcji.

C) Ustala się stan równowagi. Przeważają głównie cząsteczki produktu.

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

## Ciekawostka

Podwyższenie ciśnienia wodoru oraz azotu w reaktorach powoduje zwiększenie wydajności procesu syntezy amoniaku do około 30%. Metodę syntezy amoniaku opracował niemiecki fizykochemik, Fritz Haber, za co w 1918 r. otrzymał nagrodę Nobla. Współcześnie ocenia się, że nawozy azotowe, produkowane przy użyciu tej metody, są odpowiedzialne za produkcję żywności, która utrzymuje przy życiu ok. jedną trzecią ludzkości. Wytwarzanie amoniaku jest procesem bardzo energochłonnym – produkcja 1 t bezwodnego amoniaku pochłania 1000–1250 m<sup>3</sup> gazu ziemnego. Na wytwarzanie amoniaku zużywa się ok. 5% światowej produkcji gazu ziemnego i ok. 2% energii.

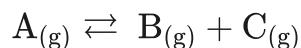


Reaktor Habera i Boscha z 1921r.

Źródło: Darhkrub, pl.wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

## Reakcja analizy – kiedy z jednego substratu powstaje kilka produktów

Rozważmy hipotetyczną reakcję:

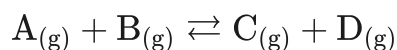


$$K_p = \frac{p[B] \cdot p[C]}{p[A]}$$

Wszystkie reagenty są w stanie gazowym przy stałym ciśnieniu i temperaturze. Bilansując (uzgadniając) równanie reakcji zauważymy, że liczba moli substratów jest różna od ilości moli produktów. Poprzez rozkład związku A otrzymuje się dwa mole produktów, co powoduje zwiększenie ilości reagentów. Zakłócenie stanu równowagi reakcji przez zmniejszenie ciśnienia powoduje przesunięcie równowagi w kierunku produktów. Zmiana ciśnienia w drugą stronę powoduje skutek odwrotny – przesunięcie równowagi w kierunku substratów.

## Reakcja bez zmiany objętości

Rozważmy hipotetyczną reakcję:

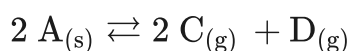


$$K_p = \frac{pC \cdot pD}{pA \cdot pB}$$

Wszystkie reagenty są w stanie gazowym, przy stałym ciśnieniu i temperaturze. Bilansując równanie reakcji zauważymy, że liczba moli substratów jest równa liczbie moli produktów. W wyniku reakcji z dwóch moli substratów powstają dwa mole produktów. W związku z czym nie zmienia się objętość reagentów, a co za tym idzie – zmiana ciśnienia nie powoduje przesunięcia stanu równowagi.

## Reakcje dwufazowe

Rozważmy hipotetyczną reakcję:



Reagenty są w stanie stałym oraz gazowym. Po stronie produktów są trzy mole gazu (dwa mole C i jeden mol D). Zakłócenie stanu równowagi przez zwiększenie ciśnienia przesunie równowagę w stronę syntezy produktu. Z kolei zmniejszenie ciśnienia będzie miało skutek odwrotny – przesunięcie równowagi w stronę substratów.

## Reakcje z inertnym indywiduum w formie gazowej

Wprowadzenie do układu reakcyjnego **gazu inertnego** powoduje zmniejszenie stężenia reagentów w układzie. Z tego względu maleją również **ciśnienia cząstkowe**, a co za tym idzie – zmniejsza się ciśnienie ogólne w układzie. Dlatego dodanie gazu inertnego powoduje przesunięcie stanu równowagi tak samo, jak obniżenie ciśnienia ogólnego. Jest on zatem korzystny dla reakcji analizy, natomiast niekorzystny dla reakcji syntezy.

## Słownik

### reakcja odwracalna

reakcja chemiczna złożona z elementarnych procesów, które przebiegają jednocześnie w przeciwnych kierunkach:  $A + B \rightleftharpoons C + D$ . Produkty reakcji przebiegającej z lewa na prawo są substratami reakcji biegnącej w kierunku przeciwnym i odwrotnie

### ciśnienie cząstkowe

ciśnienie, jakie wywierałby na ścianki naczynia składnik mieszaniny gazów doskonałych, gdyby sam zajmował całą objętość tego naczynia

### indywiuduum inertne

substancja, która nie reaguje z żadnym z reagentów w danych warunkach

### Metoda Habera i Boscha

synteza amoniaku na skalę przemysłową w warunkach wysokiego ciśnienia oraz temperatury

### stała równowagi K

odpowiada ilorazowi reakcji w stanie doskonałej równowagi, tj. w sytuacji, gdy szybkość reakcji, w stronę od substratów do produktów i od produktów do substratów, jest dokładnie taka sama

## Bibliografia

Encyklopedia PWN

*Chemia. Temat 14: Kinetyka chemiczna. Semestr 1*, Wydział Przyrodniczo - Techniczny KPSW <http://chemia.wpt.kpswjg.pl/semestr1/temat14/> [dostęp 09.12.2012]

Roszkowski A., *Technologie produkcji zwierzęcej a emisje gazów cieplarnianych*, „Problemy Inżynierii Rolniczej” 2011, nr 2.

Wolfe D. W., *Tales from the underground: a natural history of subterranean life*, Cambridge, Massatschussets 2001.

# Film samouczek

---

## Polecenie 1

Zapoznaj się z filmem samuczkiem, w którym dowiesz się, jak na stan równowagi wpływa ciśnienie. Zwróć uwagę na kierunek zmiany stanu równowagi na skutek zmiany ciśnienia, gdy reakcja przebiega ze wzrostem lub spadkiem objętości. Na podstawie informacji zawartych w filmie rozwiąż poniższe ćwiczenia.

# Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DH6JixLv0>

Film samouczek pt. „Jak na stan równowagi wpływa ciśnienie?”

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

Film nawiązujący do treści materiału - dotyczy wpływu ciśnienia na stan równowagi chemicznej oraz warunków, które muszą być spełnione.

---

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3




Ćwiczenie 4

Ćwiczenie 5

## Ćwiczenie 6

# Sprawdź się

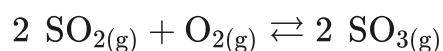
---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Dana jest reakcja przebiegająca wg równania reakcji.



Przy założeniu, że układ jest w stanie równowagi i  $T = \text{const}$ , oceń, jak zmieni się położenie stanu równowagi gdy:

- zwiększy się ilość  $\text{SO}_3$ ?

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę substratów.

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę produktów.

Nie zmieni się nic.

- z układu zostanie usunięty tlen?

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę produktów.

Nie zmieni się nic.

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę substratów.

- do układu reakcyjnego zostanie wprowadzony gazowy neon  $\text{Ne}_{(g)}$ ?

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę substratów.

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę produktów.

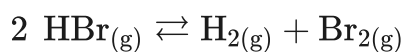
—

Nie zmieni się nic.

## Ćwiczenie 2



Rozważamy reakcję analizy.



Przy założeniu, że układ jest w stanie równowagi i  $T = \text{const}$ , oceń:

- w jakim kierunku przesunie się położenie stanu równowagi reakcji, gdy wzrośnie ciśnienie ogólne?

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę substratów.

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę produktów.

Nie zmieni się nic.

- w jakim kierunku przesunie się położenie stanu równowagi reakcji, gdy zmaleje ciśnienie ogólne?

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę produktów.

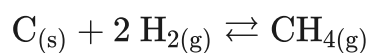
Nie zmieni się nic.

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę substratów.

### Ćwiczenie 3



Dana jest reakcja chemiczna przebiegająca według równania.



Przy założeniu, że układ jest w stanie równowagi i  $T = \text{const}$ , oceń, jak zmieni się położenie stanu równowagi, jeśli wzrośnie ciśnienie ogólne?

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę substratów.

Położenie stanu równowagi przesunie się w stronę produktów.

Nie zmieni się nic.

### Ćwiczenie 4



Zadana jest reakcja chemiczna przebiegająca wg równania:



Przy założeniu, że układ jest w stanie równowagi i  $T = \text{const}$ , oceń, który z procesów, tworzenie czy rozkład  $\text{MgCO}_3$ , nastąpi szybciej, jeśli wzrośnie ogólne ciśnienie?

Żaden z wymienionych procesów.

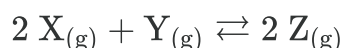
Proces tworzenia nastąpi szybciej.

Proces rozkładu nastąpi szybciej.

## Ćwiczenie 5



W zamkniętym naczyniu znajdują się indywidua w stanie równowagi, zapisanej za pomocą równania zapisanego poniżej:



Przy założeniu, że układ jest w stanie równowagi i  $T=const$ , określ, czy trzeba zwiększyć, czy zmniejszyć ogólną objętość kontenera.

Aby reakcja sprzyjała tworzeniu się, należy  ogólną objętość kontenera.

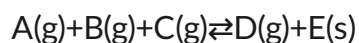
zmniejszyć

zwiększyć

## Ćwiczenie 6



Przeciągając „←” lub „→” w odpowiednie rubryki tabeli określ, jak zmieni się stan równowagi w poniższej reakcji:



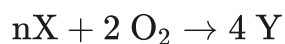
Zwiększenie ciśnienia, Zmniejszenie ciśnienia, Usunięcie D, Dodanie gazu inertnego, Dodanie A, Usunięcie części B, →, →, ←, ←, ←, ←

Zmiana stanu	Kierunek
Zwiększenie ciśnienia	
Zmniejszenie ciśnienia	
Usunięcie D	
Dodanie gazu inertnego	
Dodanie A	
Usunięcie części B	

## Ćwiczenie 7



Przeprowadzasz kilka prób reakcji w fazie gazowej. Reakcja obejmuje nieznaną reagent, X i nieznaną produkt, Y:



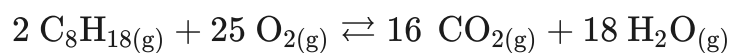
Zauważono, że wydajność Y przy 3 atm jest mniejsza, niż wydajność Y przy 1 atm. Która z poniższych wartości n jest najbardziej prawdopodobna: 1, 2 lub 3? Przyjmij, że liczba moli produktów ma być minimalna i wynosi 4.

**Odpowiedź:**

## Ćwiczenie 8



Oktan,  $C_8H_{18}$ , jest głównym składnikiem benzyny. Para oktanowa ulega spalaniu, w wyniku czego powstaje tlenek węgla(IV) i para wodna:



Jak zwiększenie ciśnienia parcjalego tlenu wpływa na spalanie?

**Odpowiedź:**

# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz zajęć

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

**Przedmiot:** chemia

**Temat:** Jak na stan równowagi wpływa ciśnienie?

**Grupa docelowa:** 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;
- sprawdza jakie czynniki wpływają na zmianę położenia stanu równowagi;
- ocenia kierunek przesuwania się położenia stanu równowagi pod wpływem ciśnienia;
- określa sposoby zwiększenia wydajności produktu.

## Strategie:

- asocjacyjna.

## **Metody i techniki nauczania:**

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

## **Formy pracy:**

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

## **Środki dydaktyczne:**

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

## **Przebieg zajęć**

### **Faza wstępna:**

1. Zaciekawienie i dyskusja. Nauczyciel wyświetla okładkę e-materiału, na której przedstawione są tlenki azotu w różnych ciśnieniach, po czym zadaje uczniom pytanie: czy można przeprowadzić reakcję w strzykawce? Co dzieje się, gdy równowaga jest zaburzona?
2. Rozpoznawanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół terminu „równowaga reakcji”. 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.

### **Faza realizacyjna:**

1. Chętny lub wskazany uczeń na forum klasy przypomina definicję reguły przekory, po czym nauczyciel odsyła uczniów do analizy treści w e-materiale „Przeczytaj”. Po minionym czasie nauczyciel inicjuje dyskusję zadając przykładowe pytania: Jakie czynniki wpływają na stan równowagi chemicznej? Jak ciśnienie wpływa na stan równowagi reakcji?

2. Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej film samouczek zatytułowany „Jak na stan równowagi wpływa ciśnienie?”, po czym uczniowie samodzielnie sprawdzają zdobytą wiedzę, wykonując ćwiczenia załączone do medium bazowego.
3. W dalszej części nauczyciel odsyła uczniów do zadań 1-5, z części „Sprawdź się”. Uczniowie w parach rozwiązują zadania, a w razie wątpliwości nauczyciel wprowadza dodatkowe wyjaśnienia.

### **Faza podsumowująca:**

1. Nauczyciel sprawdza wiedzę uczniów zadając przykładowe pytania: co to jest równowaga chemiczna? Jakie czynniki wpływają na stan równowagi chemicznej? Jak ciśnienie wpływa na stan równowagi? Jak gaz nazywamy inertnym?
2. Jako podsumowanie lekcji nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie również zamieszczają w swoim portfolio:
  - Przypomniałem/łam sobie, że...
  - Co było dla mnie łatwe...
  - Czego się nauczyłam/łem...
  - Co sprawiało mi trudność...

### **Praca domowa:**

Nauczyciel prosi uczniów o dokończenie ćwiczeń zawartych w e-materiale w części „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 czy sprawdzianu.

### **Materiały pomocnicze:**

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

- Co to jest równowaga chemiczna?
- Jakie czynniki wpływają na stan równowagi chemicznej?
- Jak ciśnienie wpływa na stan równowagi?
- Jak gaz nazywamy inertnym?