



Co to takiego stała dysocjacji?

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



## Co to takiego stała dysocjacji?

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Od temperatury może zależeć także pH roztworu. Tak jest chociażby w przypadku octu – wodnego roztworu kwasu octowego o stężeniu zwykle około 10%. Jego pH w temperaturze pokojowej wynosi około 3, ale wraz ze wzrostem temperatury się obniża. Dlaczego? Ponieważ w roztworach wodnych słabych kwasów i słabych zasad ustala się pewnego rodzaju równowaga dynamiczna pomiędzy formą niezdysocjowaną a jonami powstałymi w procesie dysocjacji. Może być wyrażona liczbowo w postaci tzw. stałej dysocjacji, której wartość zmienia się wraz ze zmianą temperatury. Jak wyznaczyć tę stałą? Dowiesz się tego już za chwilę, w dalszej części rozdziału.

### Twoje cele

- Wyjaśnisz pojęcie stałej dysocjacji.
- Wyjaśnisz, o czym informuje tzw. prawo rozcieńczeń Ostwalda.
- Napiszesz równania, w oparciu o które wyznacza się stałą dysocjacji dla danego związku chemicznego.

# Przeczytaj

## Stała dysocjacji

Procesy równowagowe opisywane są za pomocą stałych równowagi reakcji. W stanie równowagi chemicznej stosunek iloczynu stężeń produktów do iloczynu stężeń substratów jest wielkością stałą, charakterystyczną dla danej reakcji (w danej temperaturze) i nosi nazwę **stałej równowagi**.

Stałą równowagi reakcji opisującej proces dysocjacji oznaczamy literą  $K$ . Dla reakcji odwracalnej:



wyrażenie na stałą równowagi reakcji dysocjacji ma postać:

$$K = \frac{[A^+] \cdot [B^-]}{[AB]}$$

Gdzie:

- $K$  – stała równowagi reakcji dysocjacji;
- $[A^+]$ ,  $[B^-]$ ,  $[AB]$  – **równowagowe stężenia** molowe.

Wielkość  $K$  oznacza, że (w określonej temperaturze) **w stanie równowagi** stosunek iloczynu stężeń jonów  $A^+$  oraz  $B^-$ , powstałych w wyniku dysocjacji elektrolitycznej, do stężenia cząsteczek niezdisocjowanych  $AB$  jest wielkością stałą.

W przypadku dysocjacji w środowisku wodnym uwzględnia się również we wzorze wodę, której stężenie zapisuje się w mianowniku:

$$K = \frac{[A^+] \cdot [B^-]}{[AB] \cdot [H_2O]}$$

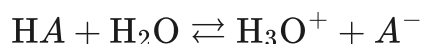
Stężenie wody w roztworach rozcieńczonych jest praktycznie wielkością stałą, dlatego można pomnożyć obie strony powyższego równania przez tę wartość, w wyniku czego

otrzymuje się nową stałą – **stałą dysocjacji** (również zapisywaną jako  $K$ , w tej sekcji dla odróżnienia od stałej równowagi zapisywana będzie jako  $K_x$ ):

$$K_x = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{A}^+] \cdot [\text{B}^-]}{[\text{AB}]}$$

Dla stałej dysocjacji **kwasów** w indeksie dolnym przy  $K$  zapisujemy „a” – skrót pochodzi od angielskiego słowa *acid*, po polsku kwas –  $K_a$ . Stałą dysocjacji zasad zapisujemy jako  $K_b$ , gdzie „b” jest to skrót od angielskiego słowa *base* – **zasada**.

W czasie dysocjacji słabych elektrolitów, np. słabych kwasów, nie wszystkie cząsteczki ulegają przemianom w jony. Ustala się zatem równowaga, którą dla słabych kwasów jednoprotonowych możemy zapisać w następujący sposób:

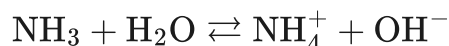


$$K_a = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Gdzie:

- $K_a$  – stała dysocjacji słabego kwasu;
- $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ,  $[\text{A}^-]$ ,  $[\text{HA}]$ ,  $[\text{H}_2\text{O}]$  – równowagowe stężenia molowe.

Również amoniak rozpuszczony w wodzie nie ulega całkowitej, a tylko częściowej dysocjacji. Pomędzy jonami powstałymi w czasie dysocjacji a cząsteczkami niezdysonowanymi ustala się równowaga:



$$K_b = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

Gdzie:

- $K_b$  – stała dysocjacji słabej zasady;
- $[\text{OH}^-]$ ,  $[\text{NH}_4^+]$ ,  $[\text{NH}_3]$ ,  $[\text{H}_2\text{O}]$  – równowagowe stężenia molowe.

**Ważne!**

**Stała dysocjacji**  $K_x$  jest wielkością bezwymiarową i dlatego wartości  $K_a$  i  $K_b$  w obliczeniach podaje się bez jednostki. Należy jednak pamiętać, że wartości stałych dysocjacji obliczane są w odniesieniu do stężeń molowych.

## Stała dysocjacji a temperatura

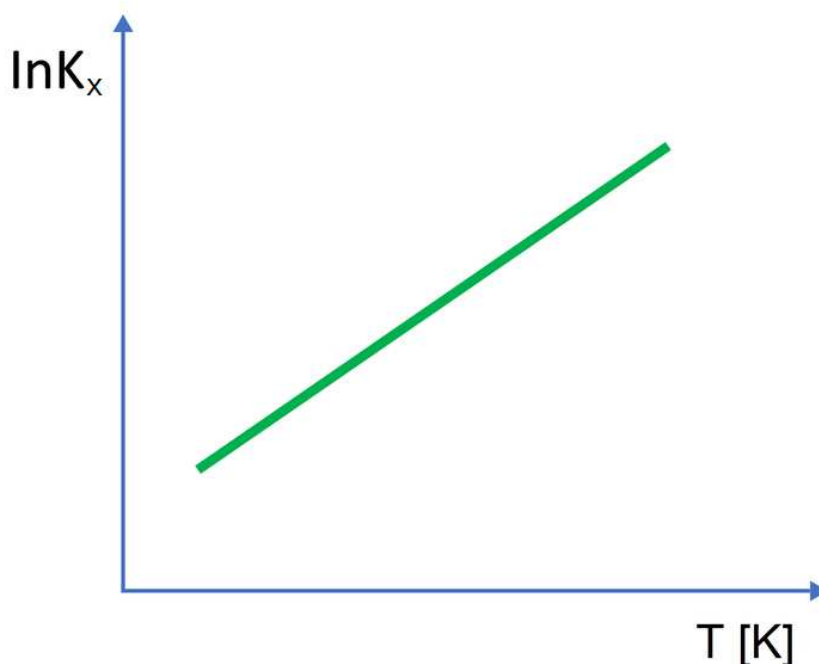
Co istotne, **wartość stałej dysocjacji zależy tylko od temperatury**, a nie od stężenia elektrolitu. Wraz ze wzrostem temperatury (reakcja endotermiczna), dysocjacja staje się łatwiejsza, a więc większe jest stężenie produktów dysocjacji. Tym samym rośnie wartość stałej dysocjacji. Zależność stałej dysocjacji  $K_x$  od temperatury określa równanie:

$$\ln K_x = A - \frac{Q}{RT}$$

gdzie:

- $K_x$  – stała dysocjacji;
- $A$  – stała charakterystyczna dla danej reakcji;
- $Q$  – ciepło reakcji  $[\frac{\text{J}}{\text{mol}}]$ ;
- $R$  – stała gazowa, odpowiadająca wartości  $8,314510 [\frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}]$ ;
- $T$  – temperatura [K].

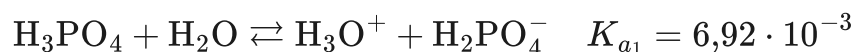
Można zatem zauważyć, że pobieranie ciepła do układu, w którym przebiega reakcja dysocjacji, oznacza jego przyrost, a tym samym rośnie temperatura. W tym wypadku wartość  $Q$  przyjmuje wartości dodatnie. Po podstawieniu dodatniej wartości  $Q$  do przedstawionego powyżej równania, zaobserwujemy wzrost wartości  $\ln K_x$  wraz ze wzrostem temperatury. Zależność taką prezentuje poniższy wykres.



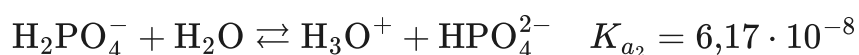
## Stała dysocjacji kwasów wieloprotonowych

Dla kwasów wieloprotonowych – dysocjujących wieloetapowo – można zauważyć, że stała dysocjacji pierwszego etapu ( $K_{a_1}$ ) jest największa, a wartości kolejnych stałych dysocjacji się zmniejszają. Można to tłumaczyć tym, że w pierwszym etapie jon wodorowy odłącza się od cząsteczki elektrycznie obojętnej, natomiast w drugim etapie i każdym kolejnym musi oddysocjować od jonów naładowanych ujemnie, co jest znacznie trudniejsze. Tym samym widać wyraźnie, że w etapie pierwszym kwas dysocjuje w dużo większym stopniu niż w etapie drugim jon. W takim razie najbardziej intensywny jest I etap dysocjacji, a każdy kolejny zachodzi coraz słabiej.

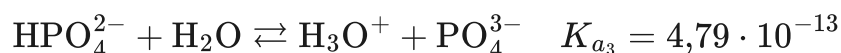
### I etap:



### II etap:



### III etap:



Jak wynika z powyższych zapisów, poszczególne etapy dysocjacji charakteryzują kolejne stałe dysocjacji, przy czym:



Dodatkowo ilości jonów z poszczególnych etapów dysocjacji są różne, przy czym najmniej jonów pochodzi z ostatniego etapu dysocjacji.

## Stała dysocjacji a moc elektrolitu

Im większa wartość stałej dysocjacji, tym mocniejszy kwas lub zasada. Aby porównać moc kwasu, w przypadku kwasów wieloprotonowych, wybieramy pierwszą stałą dysocjacji ( $K_{a1}$ ), przyjmując, że większość jonów pochodzi z pierwszego etapu dysocjacji. Dla przykładu, porównując wartości odpowiednich stałych dysocjacji, można stwierdzić, że azotowy(III)  $\text{HNO}_2$  jest kwasem mocniejszym od kwasu węglowego  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , ale słabszym od kwasu chlorowego(III)  $\text{HClO}_2$ .

**Stałe dysocjacji wybranych kwasów nieorganicznych w roztworach wodnych w temperaturze 25 ° C**

<b>Kwas nieorganiczny</b>	<b>Stała dysocjacji <math>K_a</math> lub <math>K_{a1}</math></b>
HF	$6,31 \cdot 10^{-4}$
HCl	$1,0 \cdot 10^7$
HBr	$1,0 \cdot 10^9$
HI	$1,0 \cdot 10^{10}$
$\text{H}_2\text{S}$	$8,91 \cdot 10^{-8}$
$\text{H}_2\text{Se}$	$1,29 \cdot 10^{-4}$
$\text{H}_2\text{Te}$	$1,51 \cdot 10^{-3}$
HClO	$3,98 \cdot 10^{-8}$
$\text{HClO}_2$	$1,15 \cdot 10^{-2}$
$\text{HNO}_2$	$5,62 \cdot 10^{-4}$
$\text{HNO}_3$	27,5
$\text{H}_2\text{SO}_3$	$1,41 \cdot 10^{-2}$
$\text{H}_3\text{BO}_3$	$5,37 \cdot 10^{-10}$
$\text{H}_3\text{AsO}_3$	$5,9 \cdot 10^{-10}$
$\text{H}_3\text{AsO}_4$	$5,50 \cdot 10^{-3}$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	$6,92 \cdot 10^{-3}$
$\text{H}_4\text{SiO}_4$	$1,26 \cdot 10^{-10}$
$\text{H}_2\text{CO}_3$	$4,47 \cdot 10^{-7}$

**Stałe dysocjacji wybranych zasad w roztworach wodnych w temperaturze 25 ° C**

<b>Zasada</b>	<b>Stała dysocjacji <math>K_b</math></b>
$\text{NH}_3$	$1,78 \cdot 10^{-5}$
$\text{CH}_3\text{NH}_2$	$4,57 \cdot 10^{-4}$
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$	$4,47 \cdot 10^{-4}$

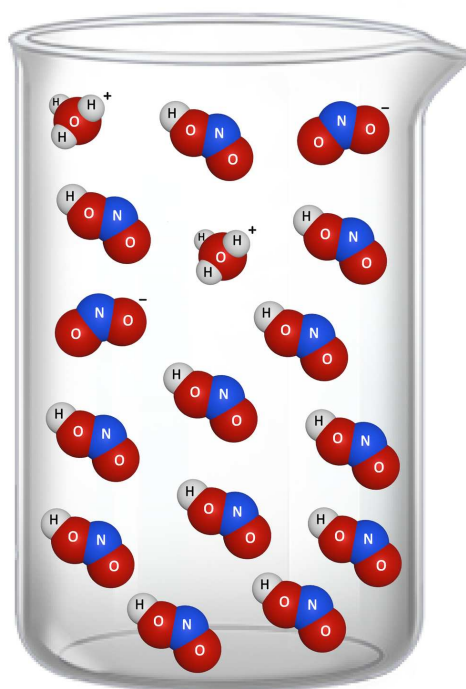
Zasada	Stała dysocjacji $K_b$
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	$3,47 \cdot 10^{-4}$
$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	$5,37 \cdot 10^{-4}$
$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	$6,31 \cdot 10^{-5}$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	$7,41 \cdot 10^{-10}$

Źródło: Ł. Banasiak, J. Filipka, A. Grabowska, T. Ishikawa, M. Mroczek *Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, Warszawa 2022. *Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, Warszawa 2015.

## Obliczanie stałej dysocjacji

Stałą dysocjacji można obliczyć, znając **stopień dysocjacji**. Tę zależność przedstawia **Prawo rozcieńczeń Ostwalda**. Można je przedstawić jako matematyczną interakcję pomiędzy stałą dysocjacji elektrolitu a jego stopniem dysocjacji w roztworze o stężeniu całkowitym (wyjściowym)  $C$ :

$$K_x = \frac{\alpha^2 \cdot C}{1 - \alpha}$$



W roztworze słabego kwasu, np.  $\text{HNO}_2$ , znikoma liczba cząsteczek kwasu ulega dysocjacji jonowej. Na ilustracji pominięto cząsteczki rozpuszczalnika ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

W przypadku gdy  $\alpha \leq 0,05$  (czyli mniejsza od 5%) lub gdy  $\frac{C}{K_x} \geq 400$ , można stosować formę uproszczoną tego równania w postaci:

$$K_x = \alpha^2 \cdot C$$

Wzór ten pozwala zatem wyznaczyć wartość stałej dysocjacji w sytuacji, gdy znany jest stopień dysocjacji roztworu oraz jego stężenie początkowe  $C$  (wyjściowe, całkowite).

## Podsumowanie

Podsumowując informacje o stałej dysocjacji, należy zapamiętać, że:

- stała dysocjacji jest wartością bezwymiarową;
- wartość stałej dysocjacji nie zależy od stężenia elektrolitu tylko od temperatury;
- wartość stałej dysocjacji jest miarą mocy kwasów i zasad;
- im wyższa wartość stałej dysocjacji, tym mocniejszy elektrolit;
- wartość stałej dysocjacji elektrolitu można obliczyć z prawa rozcieńczeń Ostwalda.

## Słownik

### stała dysocjacji

stężeniowa stała dysocjacji; stosunek iloczynu stężeń jonów powstających podczas dysocjacji elektrolitycznej do stężenia cząsteczek niezdisocjowanych, pozostających w równowadze chemicznej z jonami, jest stały w danej temperaturze i opisuje dysocjację elektrolitów słabych

### stężenie równowagowe

stężenie molowe w stanie równowagi chemicznej, czyli stanie, w którym reakcje zachodzą z jednakową szybkością w obu kierunkach

### elektrolit

(gr. ἤλεκτρον „bursztyn”, λύτος „rozpuszczalny”) związek chemiczny, który ulega procesowi rozpadu na jony pod wpływem wody i jest zdolny do przewodzenia prądu elektrycznego; gdy jest całkowicie zdysocjowany, mówimy o elektrolicie mocnym

### kwasy

substancje, które w wodnych roztworach, w wyniku dysocjacji elektrolitycznej, tworzą kationy oksoniowe i aniony tzw. reszt kwasowych; definicja szersza, która wykracza poza zachowanie kwasów w roztworach wodnych, to ta zgodna z teorią Brønsteda–Lowry’ego, według której kwasy to substancje chemiczne, które są donorami kationów wodoru (oddają jon wodorowy) w reakcji z akceptorami jonów wodorowych

#### **zasady**

substancje, które zwiększają stężenie jonów  $\text{OH}^-$  w roztworze; według bardziej uniwersalnej definicji, zgodnie z teorią Brønsteda–Lowry’ego, są to substancje chemiczne przyjmujące jony wodorowe (są akceptorami) w reakcji z donorami kationów wodoru

#### **stopień dysocjacji**

$\alpha$ , stosunek liczby cząsteczek, które uległy dysocjacji w danym etapie dysocjacji, lub jonów, które powstały w czasie danego etapu dysocjacji do liczby cząsteczek elektrolitu wprowadzonych do roztworu; dla elektrolitów mocnych  $\alpha = 1$  (lub jest bliska tej wartości) – dysocjacja zachodzi wtedy w 100%, dla elektrolitów słabych  $\alpha < 1$  i zależy od stężenia elektrolitu w roztworze

## **Bibliografia**

Encyklopedia PWN

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

Krzeczkowska M., Loch J., Mizera A., *Chemia. Repetytorium. Liceum – poziom podstawowy i rozszerzony*, Warszawa–Bielsko–Biała 2010.

Minczewski J., Marczenko Z., *Chemia analityczna. T.2. Chemiczne metody analizy ilościowej*. Wyd. 10. PWN, Warszawa 2011.

# Film samouczek

---

## Polecenie 1

Zapoznaj się z filmem, a dowiesz się, w jaki sposób rozwiązesz jedno z przykładowych zadań związanych ze stałą dysocjacji.

# Trwa wczytywanie danych..

**Co to takiego stała dysocjacji?**

Film dostępny pod adresem </preview/resource/Rky65JLZyWhVA>

Film samouczek pt. *Co to takiego stała dysocjacji?*

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

Film nawiązujący do treści materiału dotyczącej stałej dysocjacji.

---

## Ćwiczenie 1

## Ćwiczenie 2

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Kwas fosforowy(V) jest elektrolitem średniej mocy, dysocjującym trójstopniowo. Stałe dysocjacji dla kolejnych etapów dysocjacji mają następujące wartości:

$$K_1 = 6,92 \cdot 10^{-3}$$

$$K_2 = 6,17 \cdot 10^{-8}$$

$$K_3 = 4,79 \cdot 10^{-13}$$

Napisz równania dysocjacji dla tego kwasu oraz podaj nazwy anionów tworzących się w kolejnych etapach dysocjacji.

#### Ćwiczenie 4



Kwas fosforowy(V) jest elektrolitem średniej mocy dysocjującym trójstopniowo. Stałe dysocjacji dla kolejnych etapów dysocjacji mają następujące wartości:

$$K_1 = 7,92 \cdot 10^{-3}$$

$$K_2 = 6,17 \cdot 10^{-8}$$

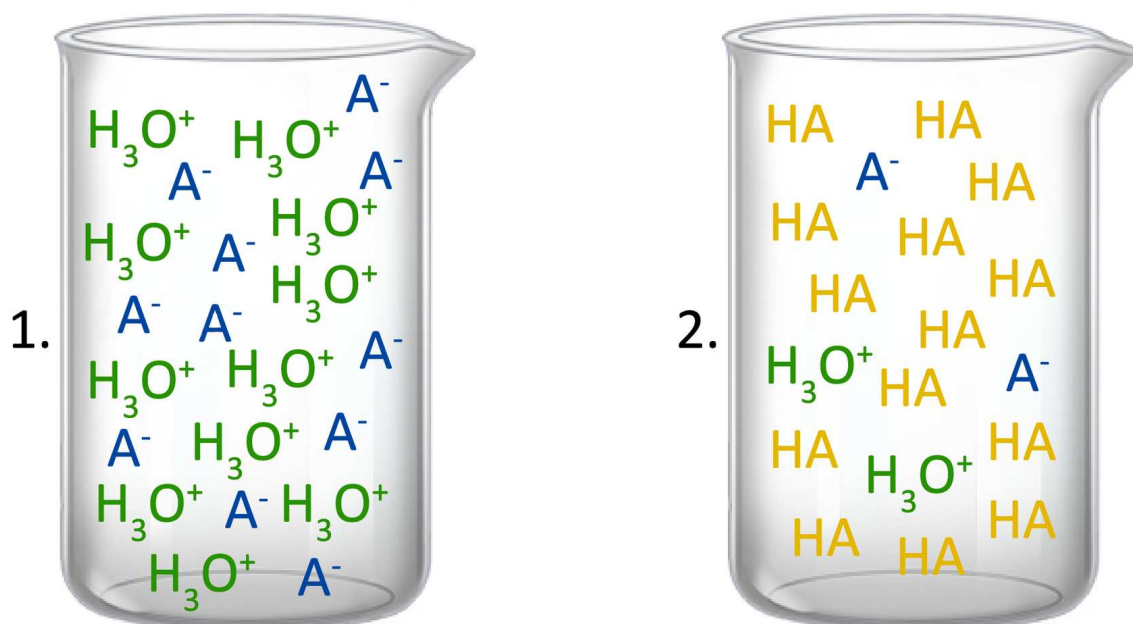
$$K_3 = 4,79 \cdot 10^{-13}$$

W zlewce znajduje się wodny roztwór kwasu fosforowego(V). Uporządkuj wszystkie jony, które występują w tym roztworze, wg malejącego stężenia molowego.

#### Ćwiczenie 5



Określ, który schematyczny rysunek najlepiej przedstawia roztwór słabego kwasu HA o stałej dysocjacji  $K = 10^{-5}$  i stężeniu molowym  $0,1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ ? Odpowiedź uzasadnij.



### Ćwiczenie 6



Wartość pH kwasu octowego o stężeniu molowym  $0,0571 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  wynosi 3. Oblicz stałą dysocjacji tego kwasu.

### Ćwiczenie 7



Oblicz, ile moli jonów pochodzi z dysocjacji soli w  $125 \text{ cm}^3$  roztworu chlorku wapnia o stężeniu  $0,02 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ .

### Ćwiczenie 8



Oblicz wartość stałej dysocjacji kwasu typu  $HX$ , jeśli wiadomo, że roztwór  $HX$  o stężeniu  $0,001 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  ma pH równe 4.

### Ćwiczenie 9



Jakie jest stężenie amoniaku w wodzie, jeśli pH tego roztworu wynosi 11,5? Stała dysocjacji dla wodnego roztworu amoniaku wynosi  $K = 1,78 \cdot 10^{-5}$ . Wynik podaj w jednostce  $\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$  z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Gabriela Iwińska

**Przedmiot:** Chemia

**Temat:** Co to takiego stała dysocjacji?

**Grupa docelowa:**

Szkoła ponadpodstawowa, liceum ogólnokształcące, technikum, zakres rozszerzony

**Podstawa programowa:**

Poziom rozszerzony

VI. Reakcje w roztworach wodnych. Uczeń:

3) interpretuje wartości  $pK_w$ , pH,  $K_a$ ,  $K_b$ ,  $K_s$ ;

4) wykonuje obliczenia z zastosowaniem pojęć: stała dysocjacji, stopień dysocjacji, pH, iloczyn jonowy wody, iloczyn rozpuszczalności; stosuje do obliczeń prawo rozcieńczeń Ostwalda.

**Kształtowane kompetencje kluczowe:**

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji.

**Cele operacyjne**

**Uczeń:**

- wyjaśnia pojęcie stałej dysocjacji;
- wyjaśnia treść prawa rozcieńczeń Ostwalda;
- zapisuje równania, w oparciu o które wyznacza się stałą dysocjacji dla danego związku chemicznego.

**Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

## **Metody i techniki nauczania:**

- analiza materiału źródłowego oraz ćwiczenia uczniowskie;
- dyskusja;
- technika zdań podsumowujących.

## **Formy pracy:**

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

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

## **Przebieg lekcji**

### **Przed lekcją:**

1. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z zawartością e-materiału w sekcji „Film samouczek”. Uczniowie dowiadują się, czym jest stała dysocjacji i od jakiego czynnika zależy jej wartość. Uczniowie analizują sposób ustalania wzorów, opisujących stan równowagi w wodnych roztworach słabych elektrolitów.

### **Faza wstępna:**

1. Przybliżenie przez nauczyciela tematu: „Co to takiego stała dysocjacji?” i celów lekcji. Określenie wiążących dla uczniów kryteriów sukcesu.
2. Nauczyciel prosi, by uczniowie przygotowali – każdy indywidualnie – mapę myśli związaną z tematem. Wybrana osoba lub ochotnik zapisuje propozycje na tablicy.

### **Faza realizacyjna:**

1. Nauczyciel dzieli uczniów na 3 grupy zadaniowe. Uczniowie analizują treści zawarte w e-materiale dotyczące stałej dysocjacji. Nauczyciel zadaje pytania, na które uczniowie poszukują odpowiedzi:
  - I grupa – W jaki sposób temperatura wpływa na wartość stałej dysocjacji?;
  - II grupa – Jak kształtuje się stała dysocjacji w przypadku kwasów wieloprotonowych?;
  - III grupa – Jaka jest zależność między wartością stałej dysocjacji a mocą elektrolitu? Po wyznaczonym czasie chętni uczniowie z poszczególnych grup udzielają odpowiedzi

i wyjaśnień na postawione pytania. Nauczyciel weryfikuje poprawność merytoryczną wypowiedzi, a w razie potrzeby sam wyjaśnia niezrozumiałe kwestie.

2. Kolejny etap to liga zadaniowa – uczniowie wykonują w grupach na czas ćwiczenia 3–6 z sekcji „Sprawdź się”, a następnie omawiają zadania na forum.

### **Faza podsumowująca:**

1. Wybrane osoby, korzystając z medium bazowego zawartego w e-materiale, omawiają poszczególne zagadnienia.
2. Uczniowie na planszy z narysowaną baterią i zaznaczonymi poziomami jej naładowania, np. co 5–10%, zaznaczają małymi, kolorowymi, samoprzylepnymi karteczkami, 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.

### **Praca domowa:**

1. Dokończenie zadań z zestawu ćwiczeń interaktywnych – dla uczniów, którzy nie zdążyli wykonać na lekcji.
2. Uczniowie opracowują FAQ (minimum trzy pytania i odpowiedzi) do tematu lekcji („Co to takiego stała dysocjacja?”).

Materiały pomocnicze:

K. H. Lautenschläger, W. Schröter, A. Wanninger, Nowoczesne kompendium chemii, tłum. A. Dworak, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2014.

L. Jones, P. Atkins, Chemia ogólna: cząsteczki, materia, reakcje, tłum. J. Kuryłowicz, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Medium w sekcji „Film samouczek” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu materiału w temacie „Co to takiego stała dysocjacja?”.