

FIZYKOCHEMIA CIAŁA STAŁEGO  
*LABORATORIUM*

**Efekt Elektrochromowy**

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

*Kraków 2010*

## Cel ćwiczenia

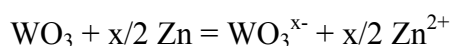
Celem ćwiczenia jest zapoznanie z reakcjami redoks w stanie stałym oraz obserwacje i pomiary towarzyszących im zmian właściwości fizykochemicznych (optycznych oraz elektrycznych).

## Wprowadzenie

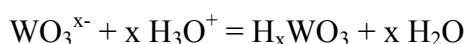
Cechą charakterystyczną materiałów elektrochromowych jest zdolność do odwracalnej zmiany barwy pod wpływem pola elektrycznego. Zmiany te są wynikiem odwracalnej reakcji redoks oraz towarzyszących im zmian właściwości absorpcyjnych w zakresie światła widzialnego (inny zakres częstotliwości absorpcji światła w stanie utlenionym i zredukowanym). Elektrochromizm zaobserwowano po raz pierwszy w 1969 w trójtlenku wolframu ( $\text{WO}_3$ ), który jest do dzisiaj jednym z najczęściej i najchętniej używanych materiałów elektrochromowych. Struktura  $\text{WO}_3$  jest zbudowana z oktaedrów  $\text{WO}_6$  połączonych narożami. W strukturze tej występują luki krystaliczne (otoczone ośmioma oktaedrami), w które można wprowadzić atomy obcego pierwiastka. W taki sposób powstają związki o ogólnym wzorze  $\text{M}_x\text{WO}_3$  (gdzie  $\text{M} = \text{H}, \text{Na}, \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$ ), charakteryzujące się metalicznym połyskiem i z tego względu nazywane brązami wolframowymi.

Wprowadzanie/wyprowadzanie obcych atomów (domieszek) można przedstawić następującym ciągiem reakcji:

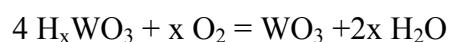
1. Reakcja redoks:



2. Wprowadzanie jonów  $\text{H}^+$  do struktury  $\text{WO}_3$ :



3. Wyprowadzanie jonów (utlenianie w podwyższonych temperaturach):



W przypadku wprowadzania domieszek do struktury  $\text{WO}_3$ , oprócz zmiany barwy, zmienia się również przewodnictwo elektryczne, z półprzewodnikowego na metaliczny. O danym typie przewodnictwa decyduje zależność przewodnictwa elektrycznego od temperatury. W przypadku półprzewodników przewodnictwo elektryczne rośnie wraz ze wzrostem temperatury, podczas gdy w metalach maleje. Przewodnictwo elektryczne zależy wprost proporcjonalnie od koncentracji wszystkich nośników ładunku elektrycznego (jonów oraz dziur i elektronów) oraz ich ruchliwości. W przypadku redukcji  $\text{WO}_3$ , dodatkowe elektrony wprowadzone wraz z obcym kationem wnoszą wkład do ogólnego przewodnictwa elektrycznego tego materiału.

## **Wykonanie ćwiczenia**

### ***1. Synteza***

W trzech zlewkach (150 ml) umieszczamy proszek  $\text{WO}_3$  o masie 0.5 g , oraz wlewamy po 50 ml roztworu  $\text{HCl}$  o stężeniu 3.0 M. (uwaga: proszę unikać kontaktu  $\text{WO}_3$  ze skórą i oczami). W tak przygotowanych zlewkach umieszczamy różne ilości proszku metalicznego cynku: np. 1 g, 1.25 g oraz 1.5 g; lub inne ilości wskazane przez prowadzącego (uwaga: w wyniku reakcji pomiędzy kwasem i metalem powstaje łatwopalny wodór). Przebieg reakcji w tym etapie przedstawiają równania 1 i 2. Po zakończeniu reakcji (ok. 10 min), otrzymany proszek przemywamy wodą destylowaną, oraz odsączamy przy pomocy filtrów papierowych i pozostawiamy do wyschnięcia na powietrzu

### ***2. Pomiar przewodnictwa elektrycznego***

Wysuszony proszek  $\text{H}_x\text{WO}_3$  umieszczamy w szklanej kapilarze oraz dociskamy miedzianymi drutami. Pomiar rezystancji przeprowadzamy metodą dwusondową podłączając multimetr cyfrowy do drutów miedzianych, pełniących również rolę kolektorów. W celu zapewnienia powtarzalności pomiarów staramy się utrzymać tą samą siłę docisku we wszystkich przypadkach. Pomiar powtarzamy trzykrotnie dla każdej z próbek.

### ***3. Stabilność brązów wolframowych***

Uzyskane proszki wygrzewamy w suszarce w temperaturze 100 °C przez 30 min. Przebieg reakcji w tym etapie przedstawia równanie reakcji 3. Po zakończeniu wygrzewania przeprowadzamy pomiar przewodnictwa elektrycznego oraz porównujemy barwy proszków przed i po wygrzewaniu.

## Przygotowanie sprawozdania

Opisujemy przebieg wykonanych eksperymentów, wartości rezystancji oraz barwę otrzymanych próbek zestawiamy w tabeli 1.

Tabela 1.

Masa Zn (g)	R ( $\Omega$ )	R <sub>sr</sub> ( $\Omega$ )	Barwa

### Słowa kluczowe

Reakcje redoks, domieszki, przewodnictwo elektryczne, przewodnictwo elektryczne metali, przewodnictwo elektryczne półprzewodników, absorpcja światła, centra barwne.

### Odnośniki

<http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/v4n1/cgwu/cgwu.html>