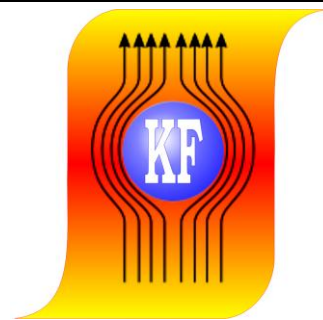


KATEDRA FIZYKI

**WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI
I TECHNOLOGII MATERIAŁÓW
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA**



**PRACOWNIA
ELEKTRYCZNOŚCI I MAGNETYZMU**



ĆWICZENIE NR E-16

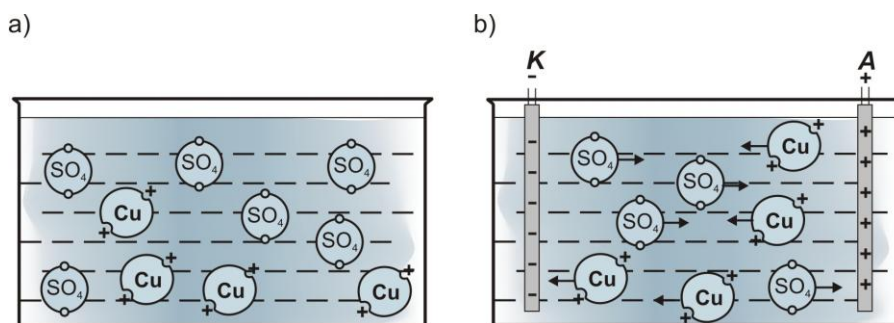
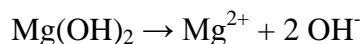
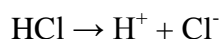
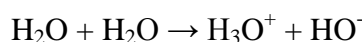
**WYZNACZANIE WYMIARU FRAKTALNEGO
W PROCESIE ELEKTROLIZY**

I. Zagadnienia do opracowania

1. Dysocjacja elektrolityczna. Przewodnictwo elektryczne cieczy – zjawisko elektrolizy.
2. Prawa elektrolizy Faraday'a.
3. Agregacja ograniczona dyfuzją – (ang. Diffusion Limited Aggregation).
4. Fraktale i geometria Mandelbrota.
5. Metoda Regresji liniowej.

II. Wprowadzenie teoretyczne

Dysocjacja elektrolityczna jest procesem polegającym na rozpadzie cząstek związków chemicznych takich jak kwasy, zasady lub sole (posiadających wiązania jonowe) znajdujących się w roztworze wodnym, na dwie grupy jonów: dodatnie (tzw. kationy) i ujemne (tzw. aniony). Niektóre ciała stałe i ciecze, posiadające zdolność przewodzenia prądu elektrycznego i ulegają w czasie tego przepływu rozkładowi chemicznemu nazywamy **elektrolitami**. Elektrolit jest tworem elektrycznie obojętnym ze względu na identyczną liczbę jonów dodatnich i ujemnych. Poniżej zamieszczono przykłady dysocjacji elektrolitycznej wodnych roztworów związków chemicznych takich jak:



Rys.1. Proces dysocjacji (a) i elektrolizy (b) CuSO_4 .

Procesowi dysocjacji nie ulegają wszystkie cząsteczki substancji w roztworze, dlatego można wyznaczyć parametr zwany **stopniem dysocjacji** wyrażony wzorem:

$$\alpha = \frac{n}{N} \quad (1)$$

gdzie: α – stopień dysocjacji, n – liczba cząstek dysocjowanych, N – liczba cząstek rozpuszczonych.

Na wartość tego parametru mają wpływ czynniki zewnętrzne takie jak temperatura, stężenie roztworu, natura rozpuszczalnika.

Ćwiczenie E-16: Wyznaczanie wymiaru fraktalnego w procesie elektrolizy

Gdy umieścimy w elektrolicie dwie elektrody i podłączymy do nich źródło prądu stałego, to powstanie pomiędzy nimi pole elektryczne skierowane od elektrody dodatniej (tzw. anody) do elektrody ujemnej (tzw. katody). Pole to wyzwała ruch jonów – kationów do katody oraz anionów do anody. Jony po dotarciu do elektrod oddają swój ładunek elektryczny i wydzielają się w postaci obojętnych atomów lub cząsteczek. Pojedyncze atomy lub cząsteczki mogą łączyć się ze sobą tworząc w rezultacie klastry (grona, mikrocząstki), a proces ten nazywany jest **agregacją**. Agregacja jest znana i powszechnie spotykana od dawna zarówno w przyrodzie jak i wielu dziedzinach nauki i technologii, np. inżynierii materiałowej, chemii polimerów czy też immunologii. Ciekawą odmianą procesu jest agregacja ograniczona dyfuzją w skrócie **DLA** (*ang. Diffusion Limited Aggregation*). W procesie tym cząsteczki łącząc się ze sobą tworzą bardzo ciekawie wyglądające grono o drzewopodobnej strukturze fraktalnej. Jednym z eksperymentów, w wyniku którego można w łatwy sposób otrzymać fraktalne struktury dendrytyczne, jest proces osadzania elektrolitycznego. **Fraktalami** (z łac. *fractus* – złamany, cząstkowy) nazywamy obiekty samopodobne, tzn. takie których fragmenty są obrazem całości, nie dają się opisać tradycyjną geometrią euklidesową, a ich cechą zasadniczą jest wymiar fraktalny o wartości niecałkowitej. W procesie DLA można wyznaczyć taki wymiar korzystając z I prawa elektrolizy Faraday'a.

I prawo Faraday'a:

Masa m produktu wydzielonego na elektrodzie jest wprost proporcjonalna do wielkości przeniesionego przez prąd ładunku q :

$$m = k \cdot q \quad (2)$$

$$q = I \cdot t \quad (3)$$

gdzie: I – natężenie prądu, t – czas przepływu.

$$m = k \cdot I \cdot t \quad (4)$$

gdzie: k – równoważnik elektrochemiczny danego pierwiastka.

Wiedząc, że:

$$m \propto R^D \quad (5)$$

gdzie: m – masa osadu, R – długość promienia agregatu, D – wymiar fraktalny;

oraz

$$N = C \cdot R^D \quad (6)$$

gdzie: N – liczba przyłączonych cząstek w agregacie, C – stała proporcjonalności.

Ćwiczenie E-16: Wyznaczanie wymiaru fraktalnego w procesie elektrolizy

Dodatkowo liczba cząstek przyłączanych w danej jednostce czasu wyraża się wzorem:

$$\Delta N = \frac{I}{q} \Delta t \quad (6)$$

gdzie: I – natężenie płynącego prądu, $q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ – ładunek pojedynczego jonu.

Logarytmując obustronnie wzór (6) otrzymamy:

$$\log N = D \log R + \log C \quad (7)$$

Liczba cząstek oraz promień agregatu jest znany, zatem korzystając z regresji liniowej możemy wyznaczyć wymiar fraktalny D .

a)



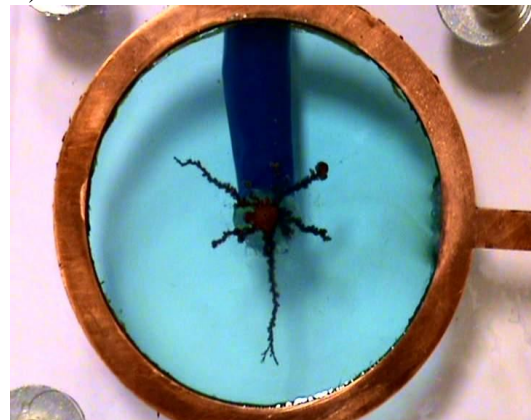
b)



c)



d)

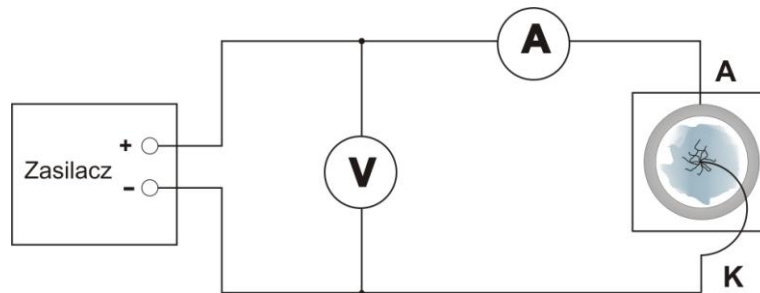


Rys.2. Wzrosty CuSO_4 a) 0,01M – 12V, b) 0,03M – 12V, c) 0,5M – 12V, d) 1M – 10V

III. Zestaw pomiarowy

Zasilacz, płytka Petrie'ego z zestawem elektrod, woltomierz, amperomierz, stoper.

IV. Schemat układu pomiarowego



V. Przebieg ćwiczenia

1. Przygotować płytkę Petrie'ego i elektrolit.
2. Elektrody dokładnie oczyścić za pomocą papieru ściernego.
3. Połączyć obwód wg schematu (katodę podłączyć do ujemnego bieguna źródła). Ustalić wartość napięcia na 12V.
4. Katodę umieścić w środku płytki Petrie'ego.
5. Mierzyć długość (od środka płytki) do końca najdłuższego osadu w równych odstępach czasowych.
6. Wyniki wpisać do tabeli.
7. Pomiar powtórzyć 3 razy.

VI. Tabela pomiarowa

Δt [s]	t [min]	I [A]	R [mm]	ΔN_t
60	1			
60	2			
60	3			
60	4			
60	5			
60	6			
60	7			
60	8			
60	9			
60	10			
60	11			
60	12			
60	13			
60	14			
60	15			
60	16			
60	17			
60	18			
$\sum_i^t \Delta N_i$				

gdzie: I – natężenie płynącego prądu, R – promień agregatu.

VII. Opracowanie wyników

1. Na podstawie wykonanych pomiarów obliczyć ilość cząstek przyłączanych do agregatu w danej chwili czasu wzór (6).
2. Obliczyć całkowitą ilość cząstek przyłączonych do agregatu.
3. Korzystając z programu „Regresja” wyznaczyć wymiar fraktalny:

$$N = CR^D$$

$$\log N = D \log R + \log C$$

$$y = ax + b$$

$$y = \log N; \quad x = \log R;$$

$$a = D$$

4. Na papierze milimetrowym otrzymać wykresy $\log N = f(\log R)$.

VIII. Rachunek błędów

Program „Regresja” oblicza odchylenia standardowe wyznaczanych wartości. Wartość σ_a przyjąć jako błąd określenia wymiaru fraktalnego.

$$\sigma_a = \Delta D$$

Literatura

1. B. Jaworski, A. Dietłaf, „Kurs fizyki” t. II
2. Sz. Szczeniowski, „Fizyka doświadczalna” t. III
3. H.O. Peitgen, H. Jürgens, D. Saupe : „Granice chaosu, fraktale“ ,Wyd. Naukowe PWN, W-wa 2002
4. J. Lech, „Opracowanie wyników pomiarów w laboratorium podstaw fizyki“
5. P. Gębara, M. Kocher, A. Owczarek, „Fraktalne struktury w procesie elektrolizy”, Materiały XXXII Międzynarodowej Studenckiej Sesji Naukowej, Częstochowa 2008