

Ćwiczenie E5

WYZNACZENIE RÓWNOWAŻNIKA ELEKTROCHEMICZNEGO MIEDZI I STAŁEJ FARADAYA NA PODSTAWIE ELEKTROLIZY CuSO_4

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z procesami dysocjacji elektrolitycznej zachodzącymi podczas elektrolizy oraz wyznaczenie eksperymentalnie równoważnika elektrochemicznego k miedzi oraz stałej Faradaya F .

2. Zagadnienia do przygotowania

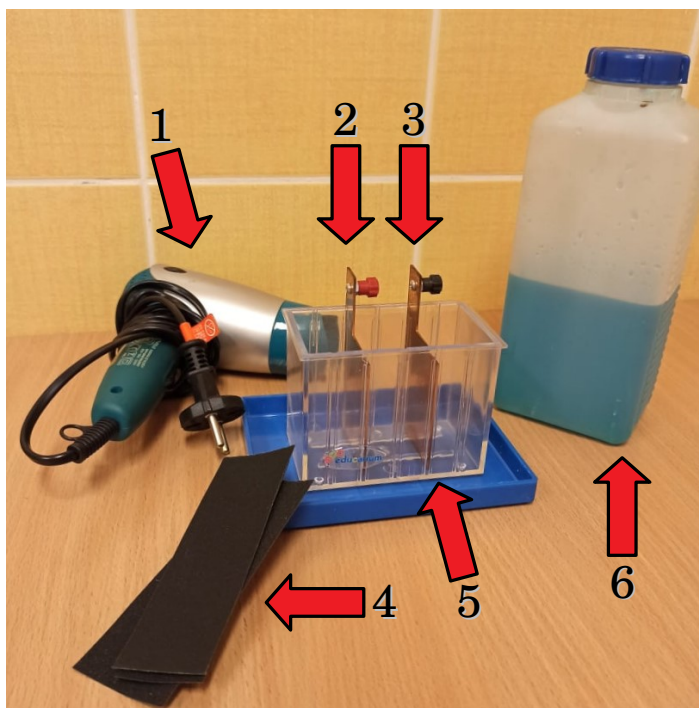
Zagadnienia do opracowania i nauczania się (**przed przystąpieniem** do wykonywania ćwiczenia):

- zjawisko elektrolizy,
- znaczenie elektrolizy w przyrodzie i technice,
- prawa Faradaya.

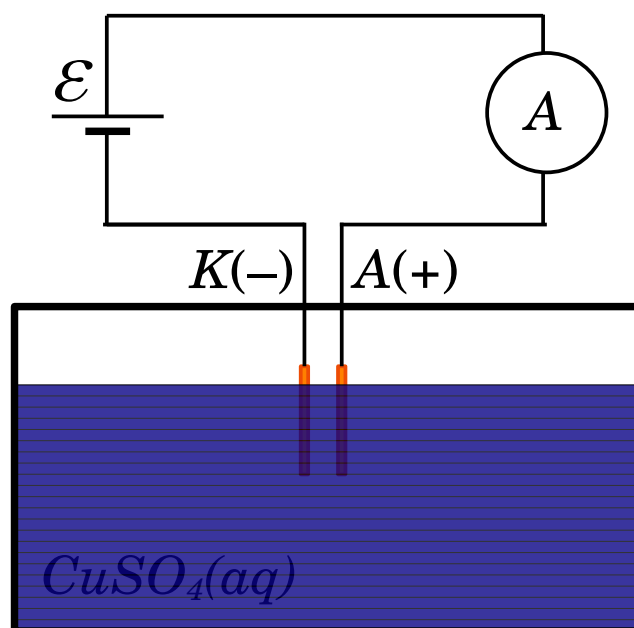
Część teoretyczna sprawozdania (opracowana **przed przystąpieniem** do części praktycznej):

- wyjaśnienie zjawiska elektrolizy CuSO_4 , definicja równoważnika elektrochemicznego.

3. Przyrządy pomiarowe, opis i schemat aparatury, przyjęte oznaczenia



Rysunek 1: Elementy aparatury: suszarka (1), elektrody miedziane (2), (3), papier ścierny do oczyszczania elektrod (4), naczynie woltmetru (5), wodny roztwór siarczanu miedziowego o stężeniu $0,5 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$ jonów Cu^{2+} (6). Ponadto: zasilacz, multimetr, przewody elektryczne, stoper, waga



Rysunek 2: Schemat aparatury do wyznaczania elektrochemicznego równoważnika miedzi i stałej Faradaya

Masa m substancji wydzielonej na elektrodzie wynosi:

$$m = kIt \quad (1)$$

gdzie: k jest równoważnikiem elektrochemicznym, t – czasem przepływu prądu, a I jest natężeniem płynącego prądu. Na wydzielenie jednego gramorównoważnika substancji R przez elektrolit musi przepłynąć ładunek noszący nazwę stałej Faradaya F :

$$R = kF \quad (2)$$

Dla miedzi $R = 31,8$ g.

Ćwiczenie polega na wyznaczeniu k i F . Aparatura składa się ze szklanego naczynia wypełnionego wodnym roztworem siarczanu miedziowego (CuSO_4) i miedzianych elektrod tj. anody A i katody K (woltametr miedziony). Obie elektrody włączone są w obwód prądu elektrycznego, w którego skład wchodzi regulowany zasilacz prądu stałego i amperomierz. Masę miedzi wydzielonej na katodzie wyznacza się na podstawie ważenia elektrody przed rozpoczęciem i po zakończeniu procesu elektrolizy. Całkowity ładunek elektryczny, który przepłynął przez elektrolit wyznacza się za pomocą amperomierza i stopera.

m_{K1} – masa katody przed elektrolizą,

m_{A1} – masa anody przed elektrolizą,

m_{K2} – masa katody po elektrolizie,

m_{A2} – masa anody po elektrolizie,

$m_K = m_{K2} - m_{K1}$ – masa wydzielonej na katodzie miedzi,

$m_A = m_{A2} - m_{A1}$ – ubytek masy anody,

$$k = \frac{m_K}{It} - \text{równoważnik elektrochemiczny}, \quad (3)$$

$$F = \frac{R}{k} - \text{stała Faradaya}, \quad (4)$$

I – natężenie prądu,

t – czas elektrolizy.

4. Przebieg ćwiczenia (pomiarów)

- Napełnić do $\frac{3}{4}$ wysokości naczynie woltamtru wodnym roztworem siarczanu miedzi. W razie potrzeby przygotować roztwór zawierający 15 g uwodnionego siarczanu miedziowego ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $m_{cz.} = 249,69 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$) w 100 cm^3 wody destylowanej.
- Elektrody miedziane dokładnie oczyścić papierem ściernym, następnie spłukać bieżącą wodą i osuszyć suszarką. **UWAGA! Nie dotykać palcami powierzchni elektrod zanurzanych w woltametrze!**
- Każdą z elektrod zważyć na wadze z dokładnością do 0,01 g. Zapisać wyniki w tabeli pomiarów.
- Zgodnie z Rys. 2 podłączyć zasilacz i multimetr (**przełącznik na tarczy multimetru ustawić na wartość 20 A dla prądu stałego A**).
- Przygotować (pod nadzorem opiekuna dydaktycznego) zasilacz do pracy ze stabilizacją prądu.
- Włączyć stoper równocześnie ustawiając na zasilaczu prąd o natężeniu około 1,0 A, które musi utrzymywać się przez cały czas trwania pomiaru $t = 30 \text{ min}$. Oszacować czas regulacji zasilacza.
- Odczytywać i notować co 2 min. wskazania amperomierza. Po upływie 30 min. wyłączyć zasilacz i zatrzymać stoper.
- Wyjąć obie elektrody, ostrożnie opłukać wodą i osuszyć, a następnie zważyć. Wyniki zapisać w tabeli pomiarów.
- Przełączyć elektrolit do pojemnika (1), opłukać wodą i osuszyć zabrudzone elementy aparatury.

5. Tabele pomiarowe i opracowanie wyników

Zebrać wyniki pomiarów w postaci:

Wielkość	Symbol	Wartość	Jednostka
Masa katody przed doświadczeniem	m_{K1}		[g]
Masa katody po doświadczeniu	m_{K2}		[g]
Masa wydzielonej miedzi (Cu)	m_K		[g]
Natężenie prądu	I		[A]
Czas	t		[a]
Równoważnik elektrochemiczny miedzi	k		$\frac{\text{g}}{\text{C}}$
Gramorównoważnik dla miedzi	R	31,8	[g]
Masa anody przed doświadczeniem	m_{A1}		[g]
Masa anody po doświadczeniu	m_{A2}		[g]
Ubytek masy anody	m_A		[g]

Obliczyć:

- masę wydzielonej na katodzie miedzi, $m_K = m_{K2} - m_{K1}$,

2) ubytek masy na anodzie, $m_A = m_{A2} - m_{A1}$,

3) równoważnik elektrochemiczny $k = \frac{m_K}{It}$,

4) stałą Faradaya, $F = \frac{R}{k}$.

Wyniki wpisać do Tabeli 1.

6. Ocena wyników pomiarów

Obliczyć metodą pochodnej logarytmicznej błędy maksymalne $\frac{\Delta k}{k}$ oraz $\frac{\Delta F}{F}$ - wzory (3) i (4).

Przyjąć wartości błędów pomiarowych masy, czasu i natężenia prądu jako błąd wielkości mierzonej bezpośrednio:

$$\Delta m_K = 2\Delta m_{K1} = 2\Delta m_{K2},$$

Δt – oszacowany czas regulacji zasilacza,

ΔI – ocenę błędów pomiarowych przeprowadzić zgodnie z instrukcją producenta. W przypadku braku instrukcji fabrycznej multimetru cyfrowego przyjmujemy:

$\pm (3\% \text{ odczytu} + 10 \cdot [\text{dokładność odczytu}])$

np. przy odczycie $I = 2,47 \text{ A}$ (zakres 20 A) otrzymujemy

$$3\% \cdot 2,47 \text{ A} = 0,0741 \text{ A},$$

$$10 \cdot 0,01 \text{ A} = 0,1 \text{ A},$$

skąd: $I = 2,47 \pm 0,1741 \text{ A}$,

(wszystkie przyczynki bez zaokrąglania)

poprawny zapis: $I = 2,47 \pm 0,18 \text{ [A]}$,

(**błędy zaokrąglamy zawsze w górę!** Zaokrąglenie do jednej cyfry powoduje zwiększenie niepewności o więcej niż 10%).

ΔR – dokładność zapisu.

Zapis wyników z błędem wraz z jednostkami w układzie SI.

Porównanie otrzymanych wielkości fizycznych z tablicowymi.

Dyskusja popełnionych błędów systematycznych i przypadkowych.

Propozycje poprawy dokładności pomiarów.

7. Wnioski i spostrzeżenia

W szczególności porównać masę wydzielonej na katodzie miedzi z ubytkiem masy anody.

8. Literatura

- *Podstawy fizyki*, Halliday D., Resnick R., Walker J., dowolne wydanie.
- *Pracownia fizyczna*, Szydłowski H., dowolne wydanie.
- *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Dryński T., dowolne wydanie.