

EAIIB	Marcin Nalepa Przemysław Trybała		Rok II	Grupa 5	Zespół 3
Temat: Elektroliza			Numer ćwiczenia: 35		
Data wykonania 13.01.2016	Data oddania 21.01.2016	Zwrot do poprawki	Data oddania	Data zaliczenia	Ocena

1 Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie stałej Faradaya, równoważnika elektrochemicznego miedzi oraz ładunku elementarnego metodą elektrolizy.

2 Wstęp teoretyczny

Elektrolity to charakterystyczna grupa przewodników. Elektrolit powstaje gdy struktura krystaliczna rozpuszczanej substancji, rozpada się (dysocjuje) na jony, które następnie poruszają się bezładnie po roztworze. Gdy w elektrolicie zanurzymy elektrody i podłączymy je do źródła stałego prądu, ruch jonów stanie się uporządkowany i zacznie płynąć przez niego prąd - kationy podążają do ujemnej katody, a aniony do anody. Gdy jony dotrą do elektrody, zostają zobojętnione i odkładają się na niej jako grupy atomów. Proces ten jest zwany elektrolizą.

Aby jon mógł zostać zobojętniony na elektrodzie, musi przepłynąć ładunek równy $w * e$, gdzie e - ładunek elementarny elektronu, a w - wartościowość jonu. Liczbę atomów które wydzielili się na elektrodzie możemy wyznaczyć jako stosunek całkowitego ładunku ($I * t$) do ładunku pojedynczego jonu (we)

$$N = \frac{It}{we} \quad (1)$$

Masę osadzonych atomów można obliczyć mnożąc ich ilość przez masę jednego atomu. Masę pojedynczego atomu można wyznaczyć jako stosunek masy molowej do liczby Avogadra, stąd

$$m = N \frac{\mu}{N_A} = \frac{\mu}{weN_A} It \quad (2)$$

Można zauważyć, że masa wydzielonej substancji jest proporcjonalna do natężenia prądu I , czasu przepływu prądu t oraz współczynnika

$$k = \frac{\mu}{weN_A} \quad (3)$$

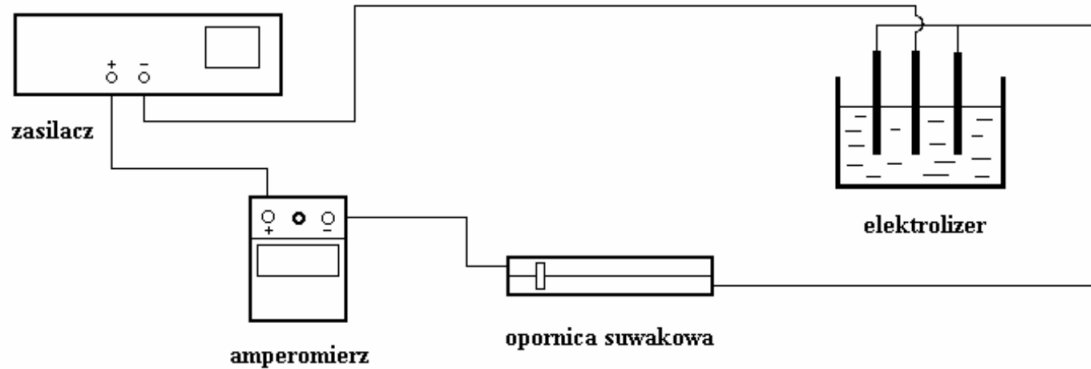
oznaczanego k i zwanego elektrochemicznym równoważnikiem substancji.

Iloczyn eN_A wyraża ładunek potrzebny do wydzielenie jednego gramorównoważnika chemicznego substancji. Oznacza się go zwykle jako F i nazywa stałą Faradaya. Ze wzoru (3) wynika jego zależność od k :

$$F = \frac{\mu}{wk} \quad (4)$$

3 Opis doświadczenia

W doświadczeniu użyto roztworu siarczanu miedzi (II) CuSO_4 jako elektrolitu oraz miedzianych elektrod, stąd warościowość $w = 2$ ponieważ siarczan miedzi (II) dysocjuje na $\text{CuSO}_4 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$. Układ pomiarowy został przedstawiony na rysunku. Użyte elektrody zostały oczyszczone za pomocą



Rysunek 1: Schemat wykorzystanego obwodu elektrycznego

papieru ściernego i wody destylowanej, osuszone, a następnie zważone. Po umocowaniu elektrod na statywie, zostały one zanurzone w elektrolicie. Prąd płynący przez roztwór został ustalony na $0,6\text{A}$.

4 Wyniki pomiarów

Tablica 1: Wyniki pomiarów

	anoda 1	anoda 2	katoda
masa przed $[g]$	100,544	85,796	134,391
$u(m)$ $[g]$	0,001	0,001	0,001
masa po $[g]$	100,346	85,634	134,764
$u(m)$ $[g]$	0,001	0,001	0,001
Δm $[g]$	0,198	0,160	0,373
$u(\Delta m)$ $[g]$	0,01	0,01	0,01

- Czas trwania elektrolizy: $30 [\text{min}] = 1800 [\text{s}]$
- Natężenie prądu $I = 0,6 \text{ A}$

Niepewność $u(\Delta m)$ została przyjęta jako $0,01g$ ponieważ część miedzi mogła zostać spłukana z powierzchni elektrod podczas przygotowywania ich do ważenia.

5 Opracowanie wyników

Obliczenie ubytku masy:

- Przyrost masy na katodzie: $134,764 - 134,391 = 0,373 [g]$
- Ubytek masy na anodach: $100,544 - 100,346 + 85,796 - 85,636 = 0,360 [g]$
- Wartość średnia $m = \frac{0,373+0,360}{2} \approx 0,367 [g]$

Obliczenia dla prądu:

- Natężenie prądu $I = 0,6A$
- Niepewność: $u(I) = \frac{\text{klasa} * \text{zakres}}{100} = \frac{0,5 * 0,75}{100} = 3,75 [mA]$

stąd $I = 600 \pm 3,75 [mA]$

Równoważnik liczymy ze wzoru

$$k = \frac{m}{It} = \frac{0,367}{0,6 * 1800} = 0,3398 [mg]$$

$$\begin{aligned} \frac{u(k)}{k} &= \sqrt{\left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{u(I)}{I}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{0,01}{0,367}\right)^2 + \left(\frac{0,00375}{0,6}\right)^2} = 0,027 \end{aligned}$$

$$u(k) = 0,027 * 0,3398 \text{ mg} = 0,0092 \text{ mg}$$

Stałą Faradaya można obliczyć, przekształcając wzór (3):

$$\begin{aligned} k &= \frac{\mu}{w * e * N_A} \\ e * N_A &= \frac{\mu}{w * k}, \quad F = e * N_A \\ F &= \frac{\mu}{w * k} \end{aligned}$$

Dla jonów miedzi Cu^{2+} w wynosi 2, μ (masa molowa) wynosi $63,5 \frac{g}{mol}$. Stąd mamy:

$$F = \frac{63,5}{2 * 0,3398 * 10^{-3}} = 93600 [C]$$

W niepewności zmienną jest tylko k , więc wzór na niepewność dla stałej Faradaya liczonej ze wzoru $F = \frac{\mu}{n * k}$ wygląda następująco:

$$u(F) = F * \frac{u(k)}{k} = 93600 * 0,027 = 2527 [C]$$

Ładunek elementarny możemy obliczyć przekształcając wzór $F = e * N_A$ do:

$$e = \frac{F}{N_A}$$

tak więc:

$$e = \frac{93600}{6,022 * 10^{23}} = 1,55 * 10^{-19} [C]$$

w niepewności liczonego ładunku elementarnego liczy się tylko obliczona stała Faradaya, tak więc liczymy ją ze wzoru:

$$u(e) = \sqrt{\left(\frac{\delta e}{\delta F} * u(F)\right)^2} = \frac{u(F)}{N_A} = \frac{2527}{6,022 * 10^{23}} = 4,2 * 10^{-21} [C]$$

6 Podsumowanie

	Wartości obliczone	Wartości tablicowe	Różnica	Niepewność standardowa	Niepewność rozszerzona dla $k = 2$	Zgodność z wartością tablicową $ x - x_0 < U(x)$
$k \left[\frac{mg}{C}\right]$	0,3398	0,329	0,0108	0,009	0,018	tak
$F [C]$	93600	96500	2900	2527	5054	tak
$e [C]$	$1,55 * 10^{-19}$	$1,6021 * 10^{-19}$	$5,2 * 10^{-21}$	$4,2 * 10^{-21}$	$8,4 * 10^{-21}$	tak

Obliczona wartość stałej Faradaya to $93600 \pm 2527 [C]$, a równoważnika elektrochemicznego miedzi $0,3398 \pm 0,009 \left[\frac{mg}{C}\right]$. Wartości te mieszczą się w niepewności rozszerzonej i są zgodne z wartościami tablicowymi. Obliczona wartość ładunku elementarnego to $1,550 * 10^{-19} \pm 0,042 * 10^{-19} [C]$, wartość ta również pokrywa się z wartościami tabelarycznymi. Dzięki wysokiej dokładności pomiarów wszystkie obliczone wartości zgadzają się z oczekiwanymi.