

# 화학전지 예비보고서

서울대학교 전기정보공학부 2018-12432 박정현\*  
(Dated: September 11, 2023)

본 실험에서는 물질의 특성에 따른 전기전도도를 확인하고, 여러가지의 금속에 대한 전기화학적 서열을 확인한다. 또한 다니엘 전지를 제작한 후 농도에 따른 기전력을 측정해 네른스트 식을 검증하고 이해한다. 화학전지를 이용해 염의 용해도곱 상수를 직접 계산하여 화학전지와 용해도곱상수에 대한 이해도를 높인다.

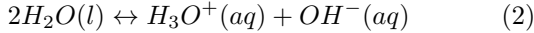
## I. INTROUDCTION

### II. 전기전도도

전류는 전하의 흐름이다. 이때 전하는 전기장에 의해 가속되고 충돌하며 통계적으로 보았을 때 평균적으로 특정 속도를 가지고 흐르게 된다. 두 위치 사이의 전위차는 전기장의 세기에 비례하므로 전류는 아래와 같은 식을 가지게 된다.[3]

$$J = \sigma E \quad (1)$$

이 때 비례상수  $\sigma$ 를 전기전도도로 정의한다. 이 때 전류가 흐르기 위해서는 전하가 존재해야 하며 이러한 전하는 이동가능한 이온, 혹은 금속 자체의 전자 등에 의해 발생할 수 있다. 예를 들어 설탕의 경우  $C_6H_{12}O_6$ 의 분자식을 가지고 이온으로 분리되지 않으므로 전기전도도는 0에 매우 가깝다. 또한 설탕 수용액이 되는 경우에도 이온으로 분리되지 않으므로 증류수의 경우 대부분의 이온은 아래의 식에 의해 발생하게 된다.



이 때 물의 이온화 상수는  $[H_3O^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$  이고 중성의 증류수는  $H_3O^+$ 와  $OH^-$ 의 농도가 같으므로  $H_3O^+$ 의 농도는  $1.0 \times 10^{-7}M$ 이다. 따라서 증류수, 혹은 설탕을 녹인 수용액 모두 전기는 거의 흐르지 않는다. 순수한 소금( $NaCl(s)$ )의 경우에는 이온 결정에서 이온이 움직이지 못하므로 전류가 흐르지 않는다. 하지만 수용액이 되는 경우  $NaCl(s) \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$ 가 되어 이이 분리되므로 전기가 흐르게된다. 꿀의 경우 여러 이온들이 수용액 상태로 존재하므로 전류가 흐르게 된다.

이 때 Na의 경우 전기음성도가 0.93, Cl의 경우 3.16, C의 경우 2.55, H의 경우 2.20, O의 3.44으로  $NaCl$ 의 경우 전기음성도 차이가 커 이온 결합을 하게 되지만  $C_6H_{12}O_6$ 의 경우 전기음성도 차이가 작아 공유결합을 하게 된다. 이러한 화학 특성으로 인해 소금은 수용액 상에서 이온 상태로 용해되고 설탕은 분자 그대로 용해되 전기전도도 차이가 발생하게 된다.[2]

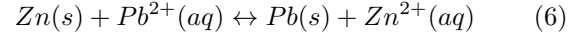
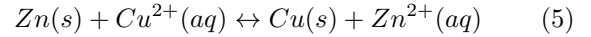
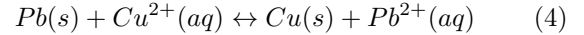
### III. 표준 환원 전위

화학전지는 금속의 환원력의 차이에 따라 화학적 에너지를 전기에너지로 변환하는 장치이다. 환원 반응은 전자를

받아들이는 과정이며 이 때 깁스에너지는 아래와 같이 나타난다. 단 해당 경우는 전해질의 농도가 1M, 압력이 1기압, 그리고 온도가 25C인 경우에 해당함을 주의해야 한다.[2]

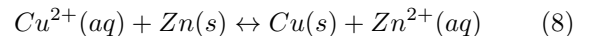
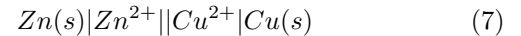
$$\Delta G^o = -nFE^o \quad (3)$$

여기서  $n$ 은 전자의 이동개수,  $F$ 는 패러데이 상수로  $96485C/mol$ 에 해당하는 상수이다.  $E^o$ 는 표준 환원 전위로 수소( $2H^+ + 2e^- \leftrightarrow H_2$ )를 기준으로 환원 전위를 나타낸 값이다. 깁스에너지는 음수인 경우에 자발적으로 발생하므로 표준 환원 전위가 높을수록 스스로가 환원되려는 성질이 강해짐을 해당식을 통해 알 수 있다.  $Zn(s), Pb(s), Cu(s)$  각각의 표준 환원 전위는  $-0.763V, -0.126V, +0.337V$ 으로  $Cu, Pb, Zn$  순으로 환원력이 강해 [1]  $Zn(NO_3)_2(aq), Pb(NO_3)_2(aq), Cu(NO_3)_2(aq)$ 와 반응 시키는 경우 아래와 같이  $(Pb, Cu(NO_3)_2), (Zn, Pb(NO_3)_2), (Zn, Cu(NO_3)_2)$  쌍의 경우에만 화학반응이 일어나고 그 외에는 화학반응이 발생하지 않는다. 각각의 알짜화학반응식은 아래와 같다.



## IV. 화학전지

금속의 환원력이 다름을 통해 전지를 만들어 낼 수 있으며 가장 간단한 예가 볼타 전지이다. 볼타 전지는 동일한 수용액에 다른 금속판을 넣어 사용한다. 하지만 이 경우에는 환원전위가 높은 금속에서 수소 기체가 달라붙는 분극 현상이 발생한다. 이를 해결하기 위해 동일한 수용액에 한번에 넣는 것이 아닌 각각의 금속판을 다른 수용액에 넣고 염다리를 두 수용액을 연결할 수 있다. 이러한 전지가 다니엘 화학전지이며 예는 아래와 같다.



이 때 반응비는 수용액 상태의 물질만을 포함하여 아래와 같이 나타나게 된다.

$$Q = [Zn^{2+}]/[Cu^{2+}] \quad (9)$$

\* alexist@snu.ac.kr

깁스에너지는 아래와같이 나타나므로 위의 식은 아래와 같이 네른스트 식으로 변형된다.

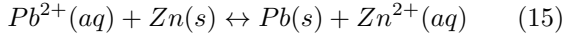
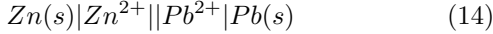
$$\Delta G = -nFE \quad (10)$$

$$= \Delta G^\circ + RT \ln Q \quad (11)$$

$$E = E^\circ - RT/nF \ln Q \quad (12)$$

$$= E^\circ - 0.05916/n \log Q \quad (13)$$

구리가 아닌 납의 경우 화학전지와 반응비, 알짜 화학반응 식은 아래와 같아진다.



$$Q = [Zn^{2+}]/[Pb^{2+}] \quad (16)$$

## V. 용해도곱

$KCl(s)$ 는 수용액에서 완전히 용해된다. 따라서  $50mL$ 의 수용액에  $[K^+]0.03M$ 을 만들기 위해서는  $m = 0.03M \times 0.05L \times (39.10 + 35.45)g/mol = 111.8g$ 의  $KCl(s)$ 가 필요하다.  $AgCl(s)$ 의 용해도 곱  $K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$ 은 통상적으로 [2]으로 매우 작은 값을 가진다. 따라서  $AgCl(s) \leftrightarrow Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$ 에서 대부분은  $AgCl(s)$ 으로 반응이 치우치게 된다.  $KCl(s)$ 와  $AgNO_3(aq)$  반응 직후에는 외부로부터의  $Ag^+$ 의 유입은 없다고 가정하므로  $Ag^+$ 의 농도 변화는  $KCl(s)$ 와 반응한 양과 동일하다.

## VI. EXPERIMENTAL

### VII. 전기전도도 확인

건전지, 전선, LED, 설탕, 소금, 물을 준비한다. 건전지에 LED를 연결하여 잘 작동하는지 확인한다. 이후에 증류수( $H_2O(l)$ ), 설탕( $C_6H_{12}O_6(s)$ ), 설탕 수용액( $C_6H_{12}O_6(aq)$ ), 소금( $NaCl(s)$ ), 소금 수용액( $NaCl(aq)$ ) 각각에 건전지와 LED를 연결하여 LED가 작동하는지 확인하여 전기전도성의 유무를 확인한다.

### VIII. 전기화학적 서열 확인

$0.5cm \times 0.5cm$   $Cu, Zn, Pb$ 판,  $1.0M Zn(NO_3)_2$  용액,  $1.0MPb(NO_3)_2$  용액,  $1.0MCu(NO_3)_2$  용액 각각을  $10mL$ 씩 준비한다. 이 때  $Cu, Zn, Pb$ 판의 경우 사포로 문질러 표면의 산화된 면을 제거하여 화학반응이 잘 일어날 수 있도록

한다. 각각의 판을 각각의 수용액이 화학반응의 유무를 확인하여 금속들의 전기화학적 서열을 확인한다.

## IX. 화학 전지 실험

$1cm \times 7cm$ 의  $Cu, Zn, Pb$ 판, 염다리, 비커, 전압계, 전선, 사포,  $Zn(NO_3)_2 1.0M, 0.1M, Cu(NO_3)_2 1.0M, 0.1, 0.01, 0.001M, Pb(NO_3)_2 1.0M$   $80mL$ 을 각각 준비한다. 각각의 금속판을 금속산화물을 제거하기 위해 잘 문질러준 뒤  $1.0M Zn(NO_3)_2, 1.0M, Cu(NO_3)_2$  각각에  $Zn, Cu$ 를  $5cm$  가량 넣은 뒤 전압계와 전선을 연결해 전위차를 측정한다. 같은 방법으로  $1.0M Zn(NO_3)_2, 1.0MPb(NO_3)_2$  용액에  $Zn, Pb$ 를  $5cm$  정도 넣은 뒤 전압계와 전선을 연결해 전위차를 측정한다. 이후에는  $Cu(NO_3)_2$ 를 10배씩 묽혀  $0.1, 0.01, 0.001M$ 의 수용액을 만들고  $0.1M Zn(NO_3)_2$ 의 수용액에 각각  $Cu, Zn$  금속판을 넣어 같은 방법으로 전위차를 측정한다.

## X. $AgCl$ 의 용해도곱 실험

아연판, 은도선, 비커, 염다리, 전압계, 전선,  $0.010M AgNO_3(aq), 0.02M Zn(NO_3)_2(aq), KCl(s)$ 을 준비한다.  $0.010M AgNO_3(aq), 0.02M Zn(NO_3)_2(aq)$   $50mL$ 를 비커에 준비한 뒤 각각에 은도선, 아연판을 담구고 염다리로 연결한다. 각각의 금속에 전선과 전압계를 연결해 전압차를 측정한 뒤, 네른스트 식을 이용해 농도비를 계산한다. 최종  $[K^+] = 0.03M$ 이 되도록  $111.8g$ 의  $KCl(s)$ 를  $AgNO_3(aq)$ 에 넣고 잘 섞어준 뒤 반응이 끝난 후 전압차를 측정한 후 네른스트 식을 이용해  $[Ag^+]$  농도를 계산하여 반응한  $[Cl^-]$ 의 양을 계산한 뒤 용해도곱 상수  $K_{sp} = [Ag^+][Cl^-]$ 을 계산한다.

## XI. REFERENCE

- [1] 김희준, 일반화학 실험(자유아카데미, 2016)
- [2] D.W. Oxtoby, H.P. Gillis, and L. Butler, *Principles of Modern Chemistry* (Brooks/Cole, Australia, 2020).
- [3] 1 D.J. GRIFFITHS, *Introduction to Electrodynamics* (CAMBRIDGE UNIV PRESS, S.I., 2023).