

ELECTROCHEMISTRY

1st week

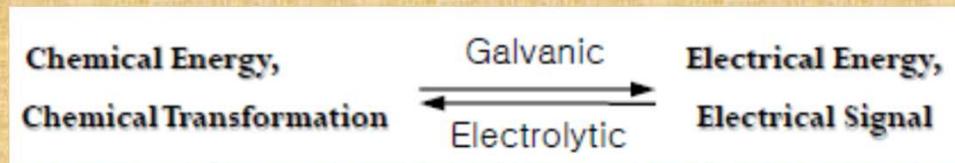
CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

- Electricity and Current
- 전기화학이란 무엇인가?
- 전기에너지의 위력
- 전기와 원자의 구조
- 전하란?
- 쿨롱의 법칙과 뉴턴의 만유인력법칙
- 전기포텐셜 (Electrostatic Potential, 전위)
- 전류(current)

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.1 전기화학이란 무엇인가?

- 전기화학: Electrochemistry (Electricity + Chemistry)
⇒ 전기적에너지와 화학적에너지의 변환에 관한 학문



- 산화-환원반응
 - 질량보존의 법칙과 전하보존의 법칙이 성립
 - 반응물의 총전하 = 생성물의 총전하
 - 반응물의 산화상태 변화가 일어나는 반응
 - 산화(oxidation): 전자를 잃고 산화수 증가
 - 환원(reduction): 전자를 얻어 산화수 감소
 - 산화제: 환원되는 물질
 - 환원제: 산화되는 물질

산화	환원
산화수 증가 전자를 잃음 수소를 잃음, 산소를 얻음	산화수 감소 전자를 얻음 수소를 얻음, 산소를 잃음

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.1 전기화학이란 무엇인가?



- Zn : $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e^-$
 - Zn 는 전자를 잃음 (de-electronation)
 - 산화수 증가
- Cu : $\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$
 - Cu 는 전자를 얻음 (electronation)
 - 산화수 감소

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.2 전기화학은 어떻게 발전하였나?

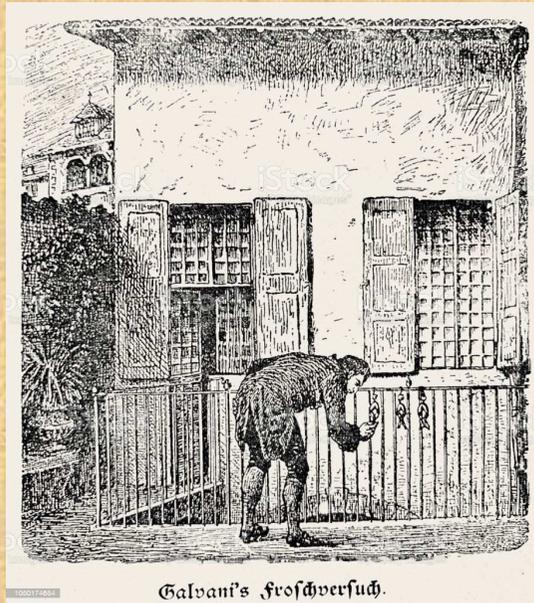
- 역사의 시작

- 1791. Luigi Galvani
 - 개구리 뒷다리 실험
- 1800. Alessandro Volta → Voltaic pile
 - 전기화학의 중요한 원리 및 현상의 발견의 시작
- 1807. Humphry Davy
 - 용융염의 전기분해로 알칼리 금속의 석출
- Michael Faraday
 - 전기분해반응의 진행정도가 전기의 양에 비례함을 밝힘 → Faraday의 법칙
- 19세기. Walter Nernst
 - Nernst 식을 만들어 열역학적 측정이나 분석방법의 원리로서의 본격적인 전기화학의 이론 시작

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.2 전기화학은 어떻게 발전하였나?

- 1791. Luigi Galvani의 개구리 뒷다리 실험



- 18세기는 라이든 병이 발명, 천둥이 전기방전 현상으로 설명되는 등 전기현상에 관한 초창기의 많은 진전이 있었다.
- 전기충격이나 전기뱀장어의 충격과 같이 생체가 나타내는 전기현상에 많은 관심이 쏟아지고 있었다.
- 1791년 볼로냐 대학의 갈바니(Luigi A. Galvani, 1737-1798)는 실험실에서 개구리의 다리를 절개하다가, 개구리 다리의 근육신경조직을 두 가지 다른 금속 조각들에 접촉시켜 놓으면 개구리의 다리에 경련이 일어난다는 사실을 발견.
- 해부학자였던 갈바니는 이것을 동물전기 현상의 한 가지로 전기뱀장어처럼 개구리의 다리가 전기를 발생시키는 것이라고 생각했다.
- 당시의 기술은 동물의 신경자극 같은 복잡한 전기화학적 기술이 너무 미약한.

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.2 전기화학은 어떻게 발전하였나?

- 1800. Alessandro Volta – 전기를 가두다

동물이 전기를 만들어낸다!



루이지 갈바니



전기가 개구리의 신경 속에 숨겨져 있다

전기가 통하는 금속 사이에 동물이 있는 것일 뿐!



알렉산드로 볼타



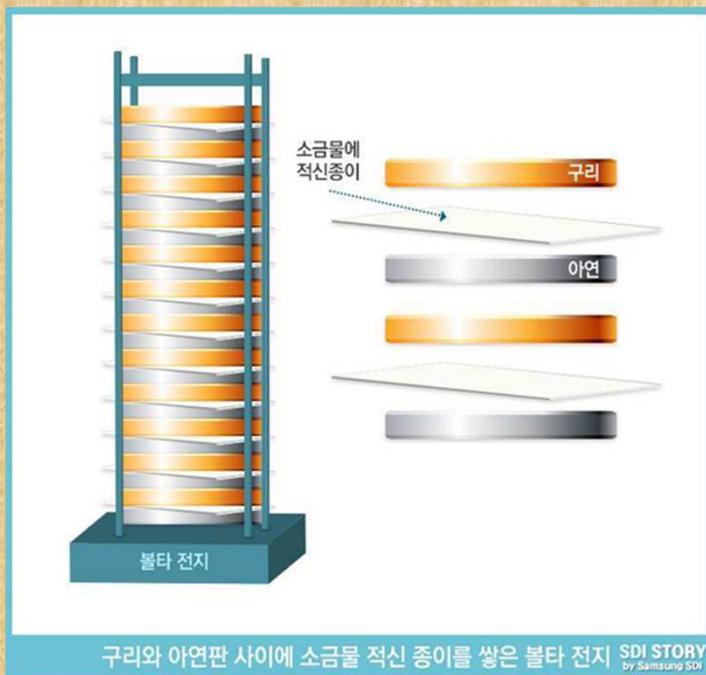
전기는 종류가 다른 두 금속이 접촉하면 일어난다

- 볼타는 여러차례의 실험 결과 동물이 전기를 만들어내는 것이 아니라 두 개의 금속이 전기를 만들어낼 때, 전기가 통하는 금속 사이에 동물이 있는 것 뿐이라고 주장.
- 이 실험 결과는 과학계에 큰 혼란을 일으켰고, 과학계는 갈바니파와 볼타파로 나뉘어져서 서로 다투는 양상까지 벌어지게 되었다.
- 볼타는 이 혼란을 종식시키기 위해 구리와 아연만으로 전기를 만들어내는 실험을 하게 된다.
- 구리판과 아연판 사이에 소금물을 적신 종이를 끼워 놓고, 이것을 반복해서 쌓으니 전기 불꽃이 일어났다. 동물 전기 없이도 단지 금속만으로 전기가 흐를 수 있다는 것을 증명한 셈이다.

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.2 전기화학은 어떻게 발전하였나?

- 1800. Alessandro Volta – 전기를 가두다

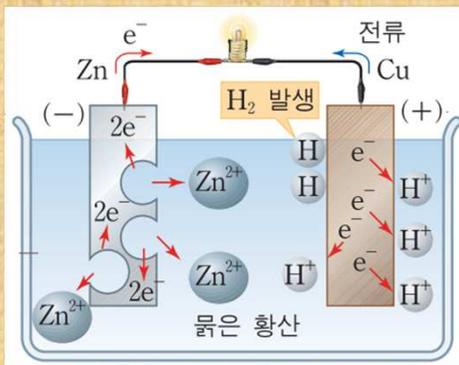
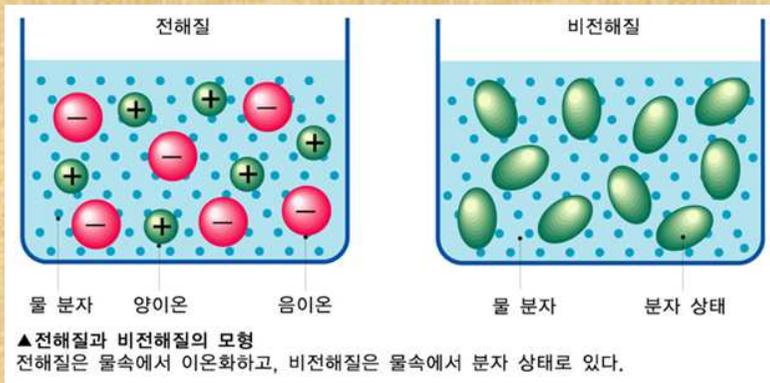


- 이 전기 반응은 오랫동안 계속되었고, 그것은 볼타의 이론이 맞다는 것을 확인하는 순간이었다.
- 볼타는 자신이 실험했던 방식을 더욱 개량해서 약한 황산 용액에 구리판과 아연판을 놓으면 전기가 오랫동안 발생하는 것을 알게 되었다.
- 라이덴병의 전기는 가만히 저장되어 있다가 전기를 통하면 바로 사라지는 반면, 볼타가 만든 전지의 전기는 마치 강물처럼 천천히 계속 흐르는 것이 특징이었다.
- 이렇게 한 금속판에서 다른 금속판으로 전자가 움직이는 흐름을 전류(電流)라고 하는데, 이는 금속판 사이에 전자가 잘 다닐 수 있게 하는 용액인 전해질(電解質)을 두었기 때문이다.

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.2 전기화학은 어떻게 발전하였나?

- 1800. Alessandro Volta – 전기를 가두다

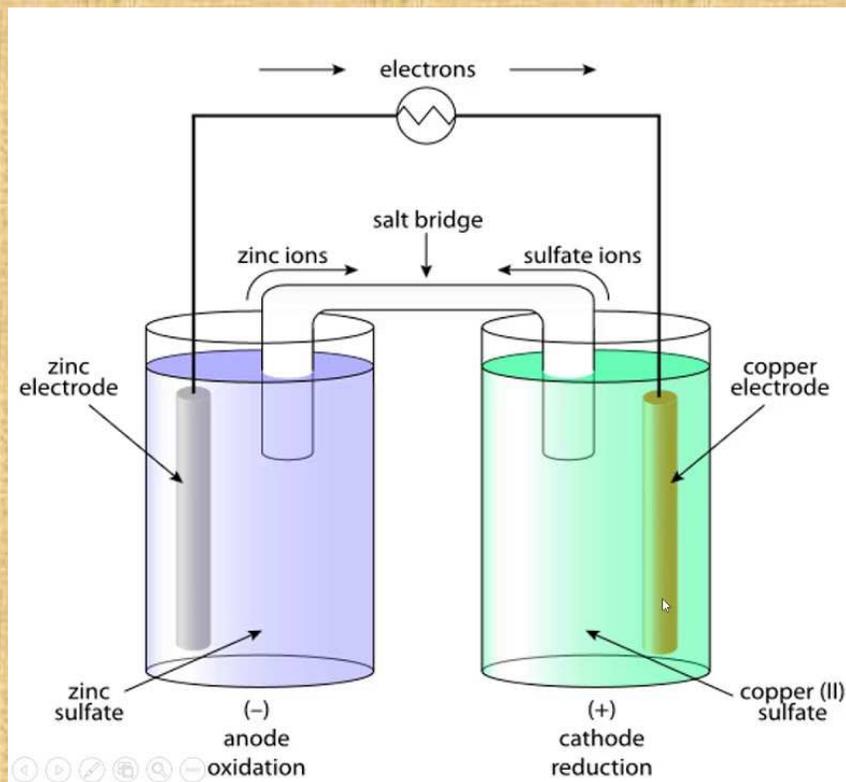


- 전해질인 소금물은 양이온과 음이온을 내놓아, 이온들이 서로 반대 전기를 띤 금속으로 끌려가면서 전류가 흐를 수 있는 것이다.
- 1800년 연속 전류를 공급할 수 있는 전지를 처음 개발한 공을 인정하여, 전압을 측정하는 단위를 볼타의 이름을 따서 '볼트(V)'라 부르게 되었다.
- 이렇게 금속과 용액의 화학 반응을 이용한 것을 화학 전지라고 불렀고, 볼타가 만든 전지는 계속 개량되면서 요즘 마트에서 흔히 살 수 있는 건전지가 되었다.
- 볼타가 전기를 가두는데 성공함으로써 인류는 어느 장소에서든 전기를 자유롭게 쓸 수 있게 된 것이다.

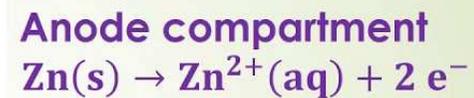
CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.3 전기화학 공업의 연계

- 최초의 상업용전지 – Daniel Cell



The Daniell Cell



$$E_{\text{red}}^{\circ} (\text{Zn}^{2+}(\text{aq})/\text{Zn(s)}) \text{ is } -0.7618 \text{ V}$$

$$E_{\text{red}}^{\circ} (\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu(s)}) \text{ is } +0.34 \text{ V}$$

"Galvanic cell labeled" by Hazmat2 - Own work. Licensed under CC BY 3.0 via Wikimedia Commons - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galvanic_cell_labeled.svg#/media/File:Galvanic_cell_labeled.svg

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

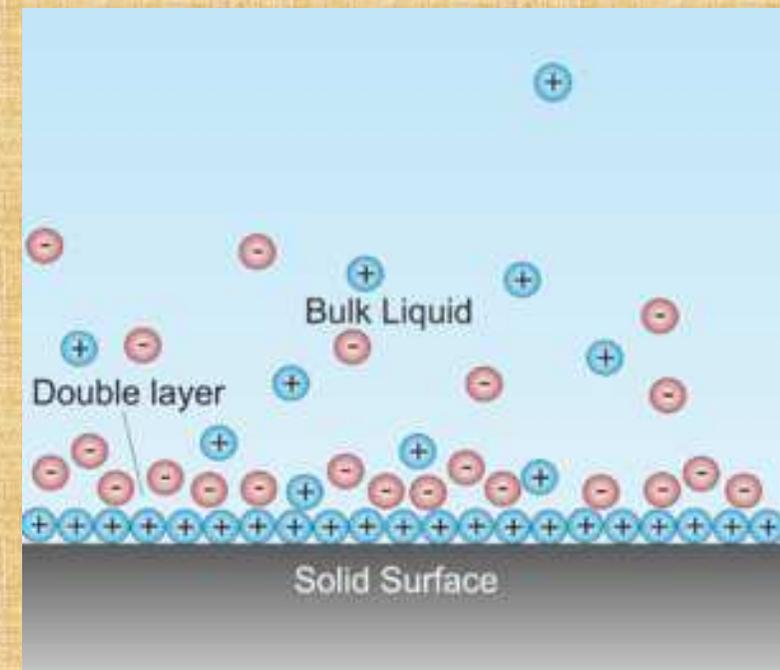
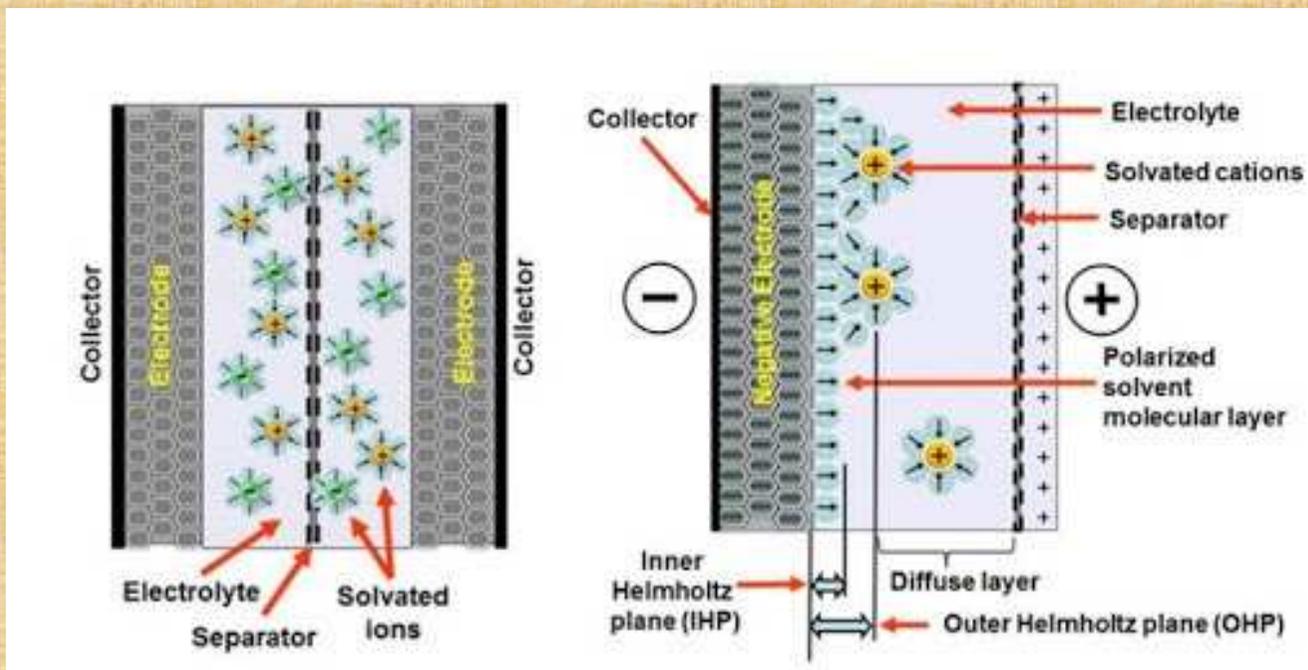
1.4 전기화학 이론의 발전

- 전기화학의 이론은 20세기에 이르러 많은 발전을 이룸
- 19세기 후반 Helmholtz로부터 제안된 커패시터 모델
→ 전기이중층 이론
- Guoy-Chapman의 확산이중층 모델
- Stern의 흡착층에 보정을 더한 전기이중층 모델
- 1887 Arrhenius 제안 전리설 → 1923년 Debye-Hückel의 강전해질 이론

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.4 전기화학 이론의 발전

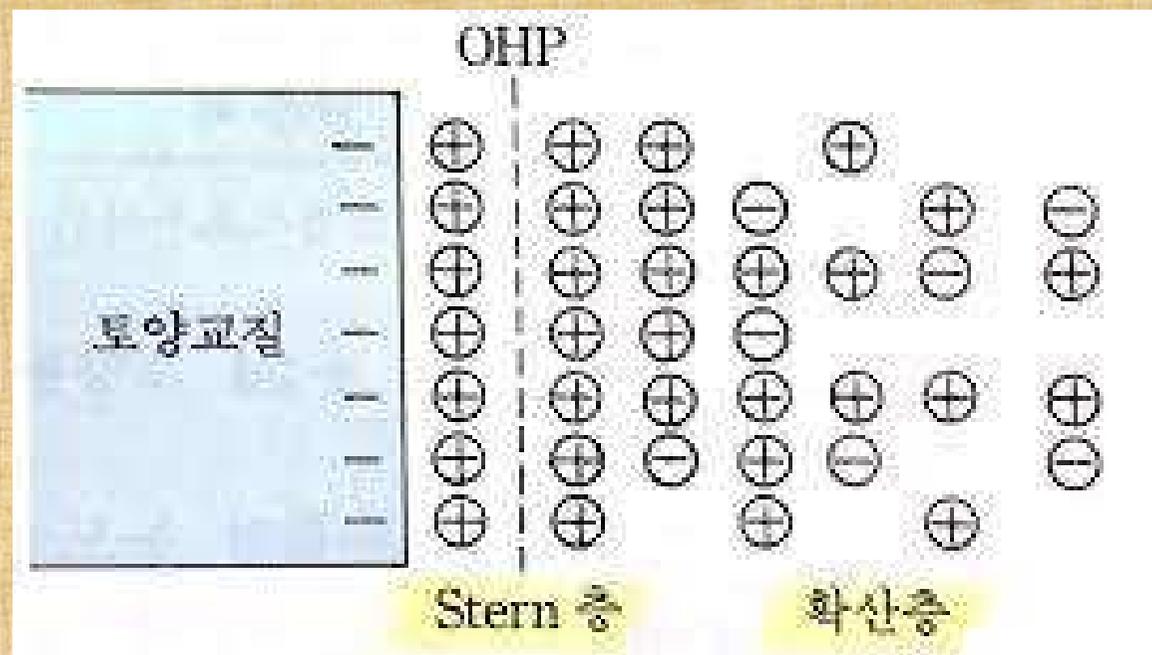
- Helmholtz로부터 제안된 콘덴서모델
→ 전기이중층 이론



CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.4 전기화학 이론의 발전

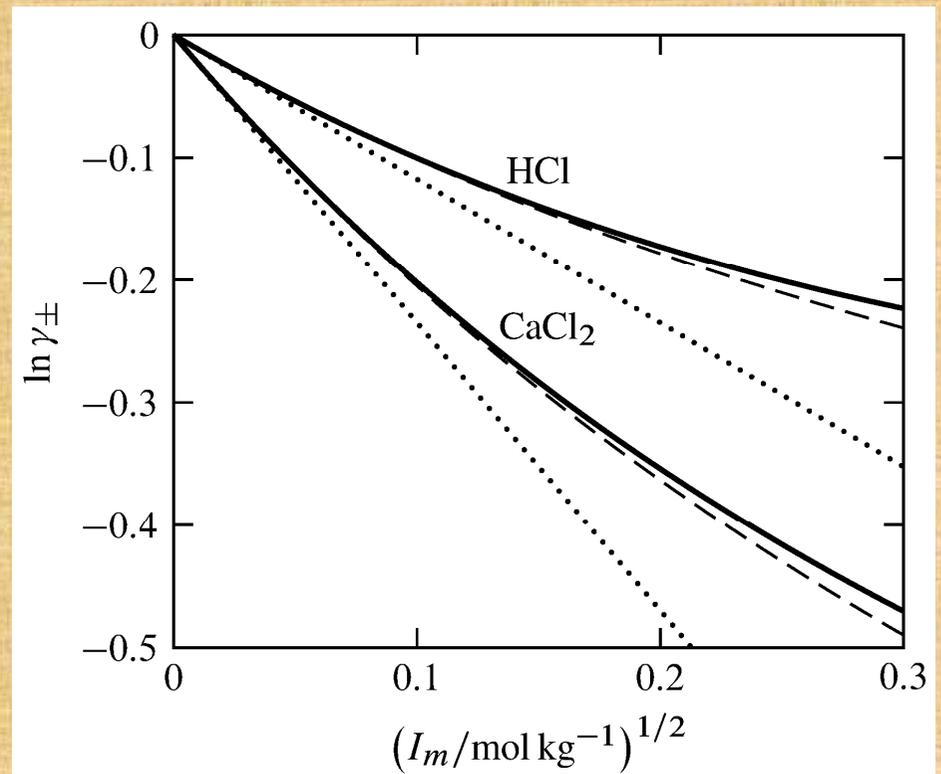
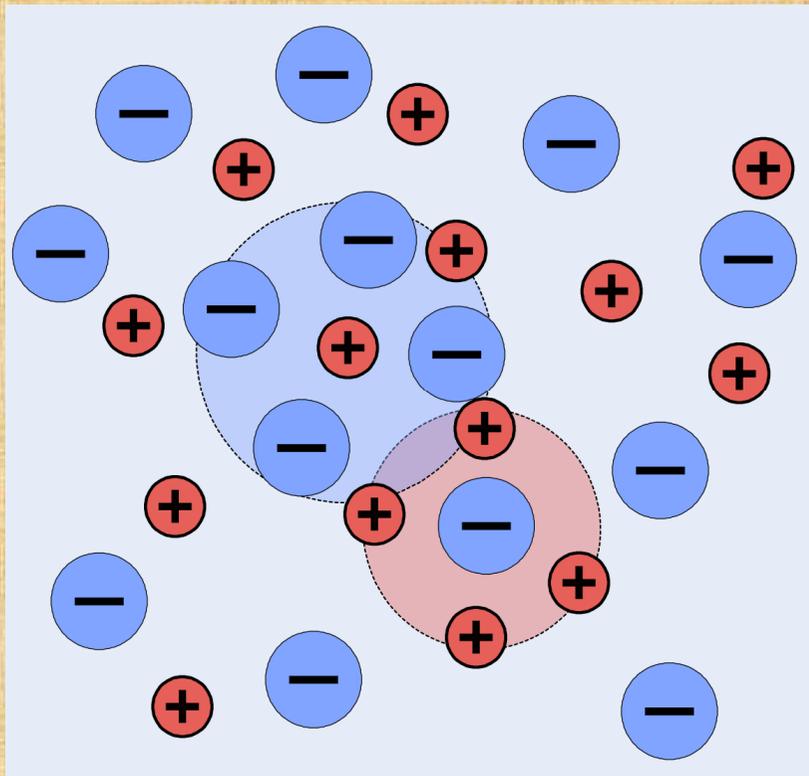
- Stern의 흡착층에 보정을 더한 전기이중층 모델



CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.4 전기화학 이론의 발전

- Debye-Hückel의 강전해질 이론



CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

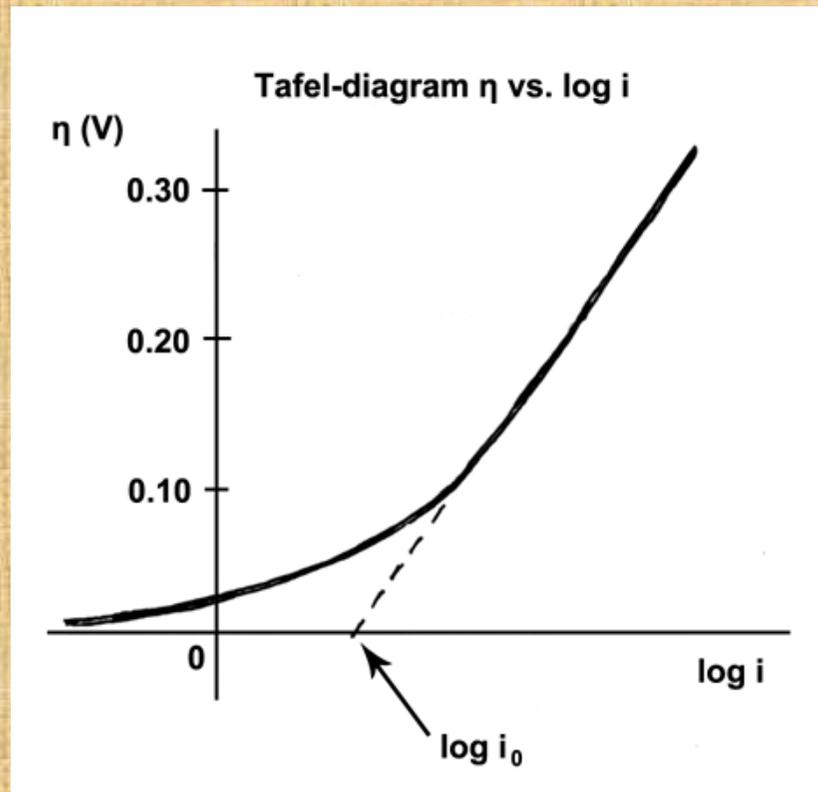
1.5 현대 전기화학으로의 발전

- Tafel에 의한 전류와 과전압의 관계를 나타낸 식
- 1950년대에 계면에서의 전기화학반응의 속도론적 연구
- 1960년대에 전기화학은 영역간 학문으로 자리를 굳힘
- 전기화학은 물리화학의 발전에 지대한 영향을 끼침
- Space power, 재료의 안정성, 나일론합성, 최근에는 자동차에 까지

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.5 현대 전기화학으로의 발전

- Tafel plot



CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.5 현대 전기화학으로의 발전

- 과전압 (overpotential, η)

- When the cell is producing current, the electrode potential changes from its zero-current value, E , to a new value, E' .
- The difference between E and E' is the electrode's *overpotential*, η .

$$\eta = E' - E$$

- The $\Delta\Phi = \eta + E$,
- Expressing current density in terms of η

$$j_a = j_0 e^{(1-a)\eta} \quad \text{and} \quad j_c = j_0 e^{-a\eta}$$

where j_0 is called the exchange current density, when $j_a = j_c$

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.6 전기화학의 영역 및 타 분야와의 관련성

- Ionics
 - 이온의 거동, 수율, 가역전극 등
- Interfacial phenomena
 - 전기이중층, 흡착, 전극반응속도, 계면전기화학
- Electronics
 - 전극반응, 전자이동반응, 반도체, 전극, 전자촉매 등

CHAP 1. ELECTROCHEMISTRY

1.7 전기화학의 분야

- Battery
 - 이온의 거동, 수율, 가역전극 등
- 전해공정
 - 식염전해, 알루미늄전해, 현재 가장 각광받는 수소전해
- 표면처리 기술
 - 전기영동 등의 자동차 표면처리,
- 광전기화학
 - 태양전지 등
- 전자공학
 - 반도체제조 등
- 전기화학센서, 생물전기화학
 - 자동차 배가스, 혹은 효소센서
 - 생체전기, 이온체와 유체간의 산화-환영평형 등
- 환경보존
 - 이산화탄소 저감 등