

109年國立中正大學高教深耕計畫 1-5
理學院「自然科學與技術」跨領域微課程



電化學實驗操作技巧

Interdisciplinary Experimental Techniques

于淑君

國立中正大學化學暨生物化學系

2020.08.12



《電化學原理與化學電池》

台灣是電子產業王國，電化學在電子工業上扮演著相當重要的一環，包括大家所熟悉的名詞如電解、金屬加工、電池、海水淨化和廢水處理等應用。本課程特別設計如化學電池、電位測量、電解、電鍍內容，讓學生可以熟悉學術研究與產業的實際應用面向。



電化學

(Electrochemistry)

電化學主要研究電能和化學能之間的相互轉換，如電解和化學電池，除了探討化學反應之外，也包含相關物理化學過程，如金屬的腐蝕，以及電解質溶液中金屬離子的置換反應等



化學電池

(Galvanic Cell or Voltaic Cell)

化學電池是一種將化學能轉換為電能的裝置，由電極、電解液、鹽橋及導線所組成。



電池組成要件-1

一. 電極

陽極—釋放電子發生氧化反應，
也稱為負極。 **ex.** $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^{-}$

陰極—得到電子發生還原反應，
也稱為正極。 **ex.** $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$

電子流由陽極流向陰極；
而電流由陰極流向陽極。



電池組成要件-2

二. 電解液

含有參與氧化還原反應之相關離子的電解質水溶液。

三. 鹽橋

電池內部連接兩半電池之橋樑，用以溝通電路、平衡電荷，通常為U型玻璃管及多孔性材料，內裝硝酸鹽或氯化鹽類水溶液。



電池組成要件-3

四. 電極種類

活性電極—電極參與化學電池的氧化還原反應，如鋅銅電池中，鋅棒及銅棒均屬活性電極。

惰性電極—電極不參與反應，但電子可經由電極出入。通常為石墨棒電極、鉑電極或金電極。



電化學基本原理-1

一. 氧化還原反應 (redox reaction)

氧化反應 (oxidation)：失去電子

還原反應 (reduction)：獲得電子

氧化還原反應是電子轉移反應，
必須同時發生，氧化劑得到電子
被還原；還原劑失去電子被氧化



電化學基本原理-2

二. 化學電池

利用氧化還原化學反應將化學能轉成電能的裝置稱之為化學電池。
屬自發反應 ($\Delta E^0 > 0$)

陽極(anode)——發生氧化半反應，
又稱負極。

陰極(cathode)——發生還原半反應，
又稱正極。



電化學基本原理-3

三. 鹽橋

連接兩半電池，以平衡電荷，通常選用不參與電池氧化還原反應之電解質溶液。其中陽離子往陰極移動，平衡半電池進行還原反應時陽離子的損耗。而電陰離子往陽極移動，平衡半電池進行氧化反應時陽離子的釋出。



電化學基本原理-4

四. 電池電位 electromotive force (emf) or cell potential (E_{cell})

電池位能稱為電位，單位是伏特，volt (V)。電流是由電位高的陰極(正極)經由外部導線往電位低的陽極(負極)流動，產生正值電位($\Delta E^0 > 0$)。電流與電子流方向相反。



電化學基本原理-5

電池電位

$$\begin{aligned}\Delta E &= \text{陽極氧化電位} + \text{陰極還原電位} \\ &= \text{陽極氧化電位} - \text{陰極氧化電位} \\ &= \text{陰極還原電位} - \text{陽極還原電位}\end{aligned}$$

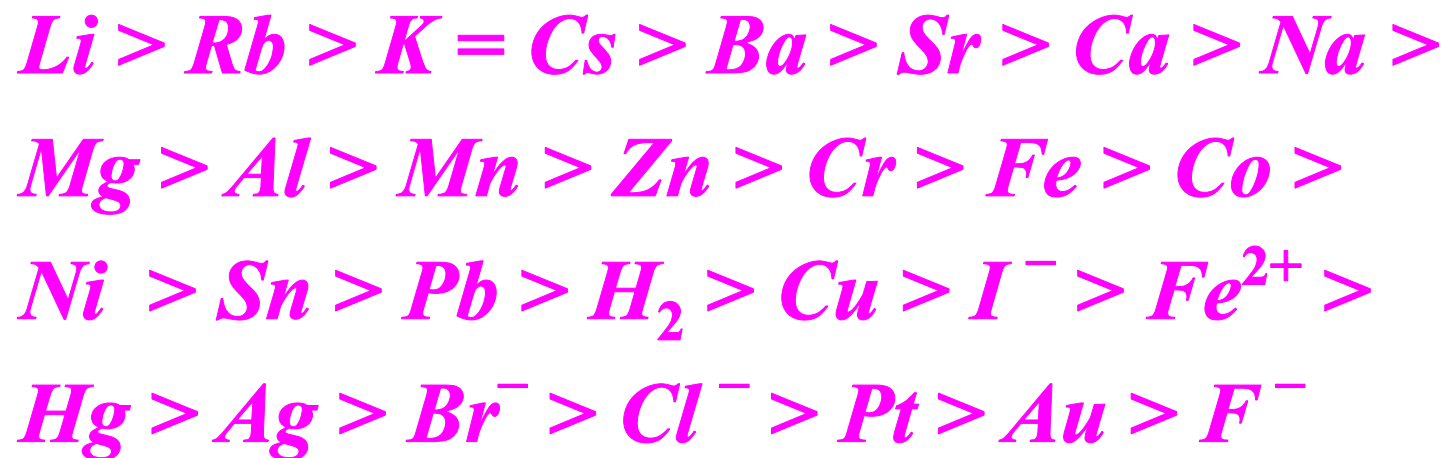
ΔE^0 為標準電位 (1 atm, 1 M, 25 °C)



電化學基本原理-6

五. 金屬氧化電位

活性大的金屬其氧化電位亦大，故
氧化電位大小：



電池記號 (Cell Notation)

化學電池可用簡單記號來表示：

陽極 | 陽極溶液 || 陰極溶液 | 陰極

| 符號：半電池中金屬與溶液的界面

|| 符號：分隔陰陽兩半電池的鹽橋

$Zn | ZnSO_{4(aq)} || CuSO_{4(aq)} | Cu$ (鋅銅電池)

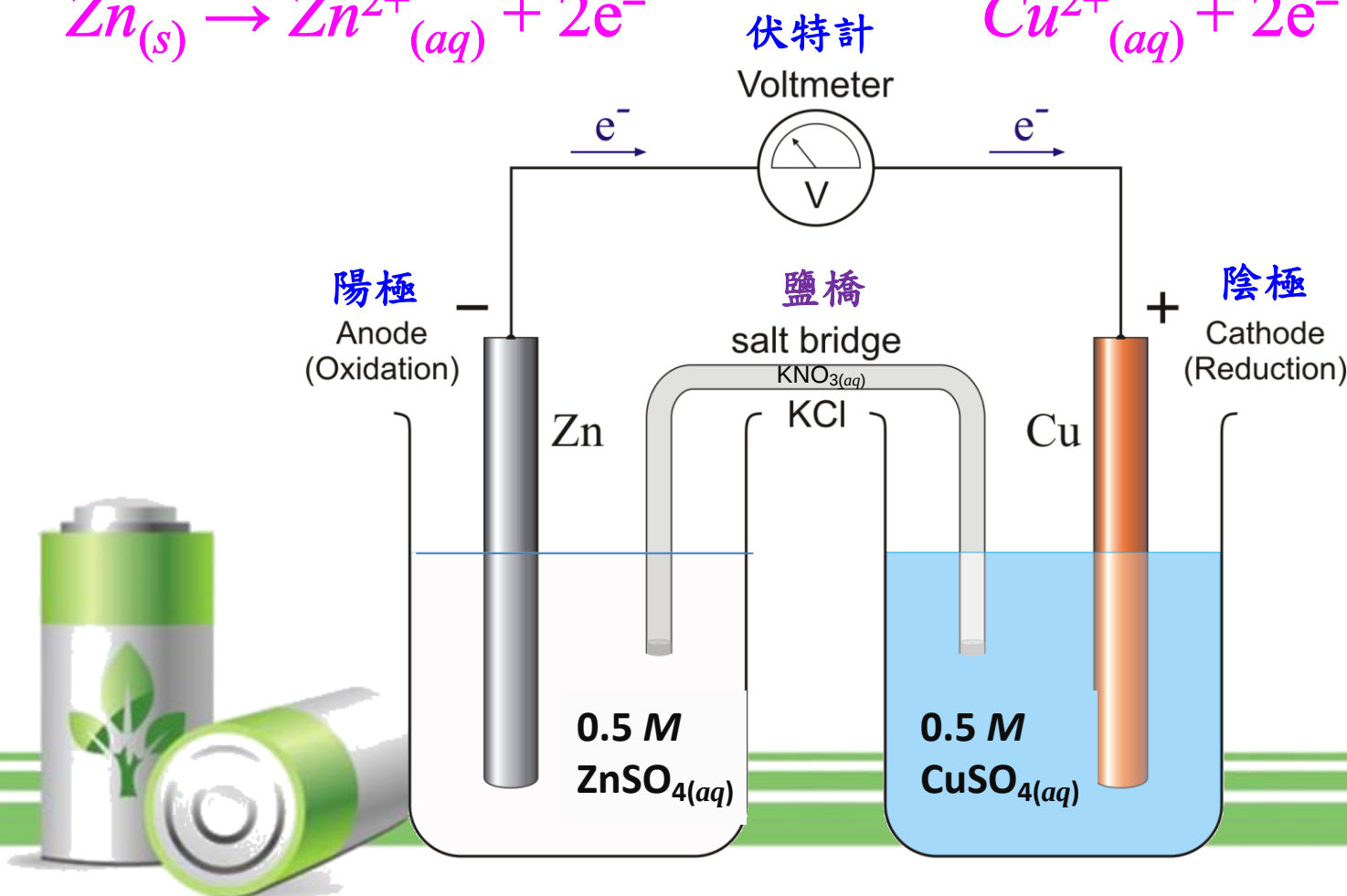
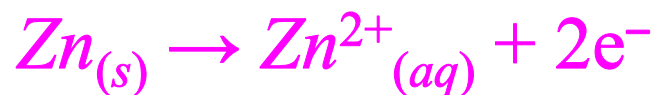
陽極： $Zn | Zn^{2+}$ 陰極： $Cu^{2+} | Cu$



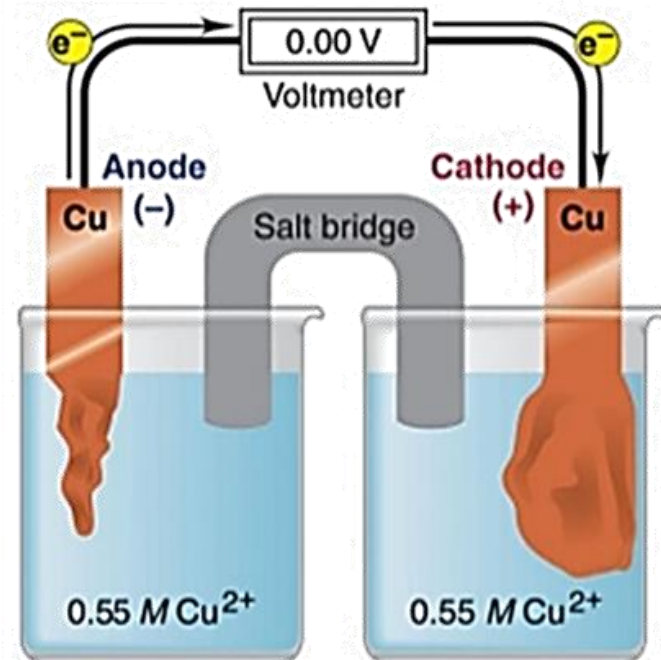
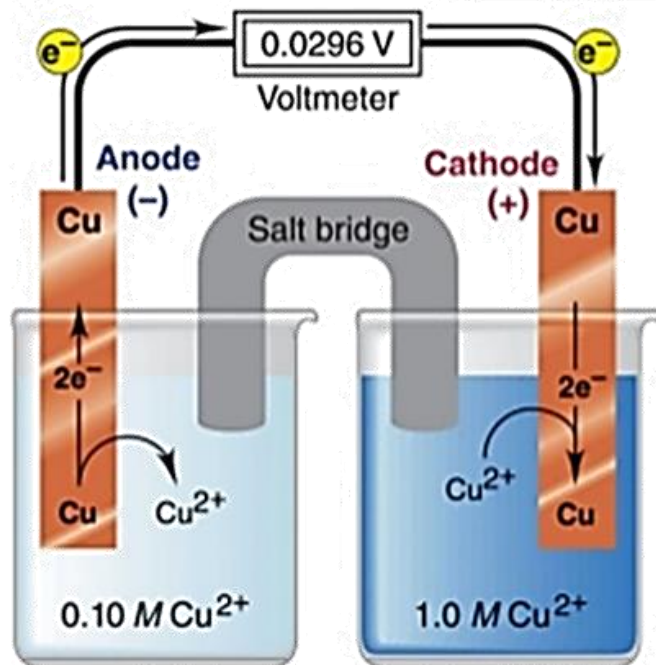
鋅銅電池

陽極半電池： $Zn | Zn^{2+}$

陰極半電池： $Cu^{2+} | Cu$



濃差電池 (Concentration Cell)



陽極半反應： $Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq, 0.1M)} + 2e^{-}$

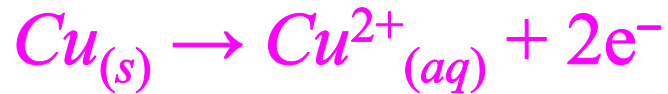
陰極半反應： $Cu^{2+}_{(aq, 1.0M)} + 2e^{-} \rightarrow Cu_{(s)}$

電池全反應： $Cu^{2+}_{(aq, 1.0M)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq, 0.1M)}$

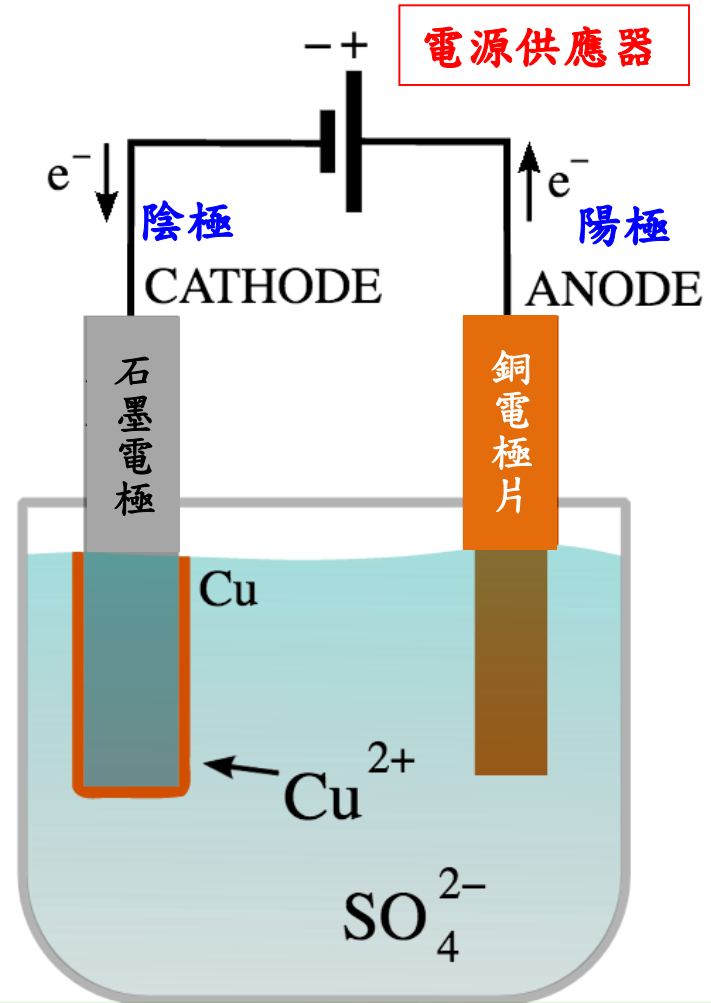


電解電池 (Electrolytic Cell)

陽極：接電源供應器正極

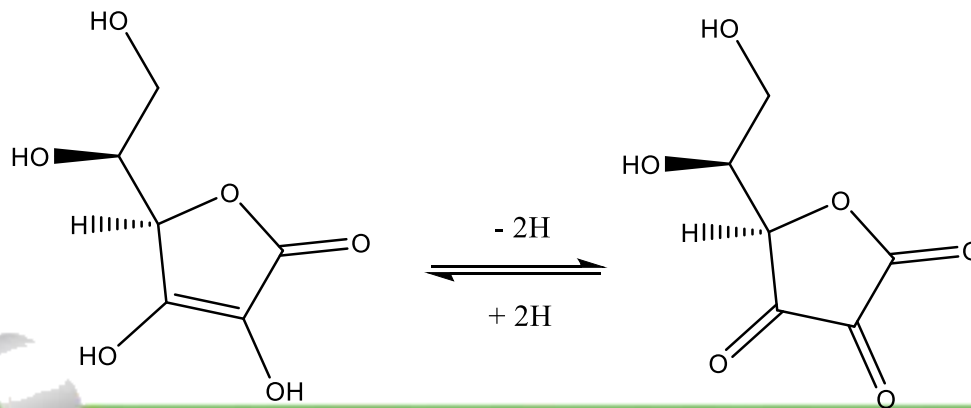


陰極：接電源供應器負極



鋅銅電池示範一 (檸檬汁電解液)

檸檬含有豐富的維生素C（抗壞血酸），本實驗將利用檸檬汁酸性物質的氫離子在正極被還原成氫氣，陽極的鋅被氧化，所產生的電位差使LED燈泡發光。反應式如下：



維生素C脫氫
的可逆反應式



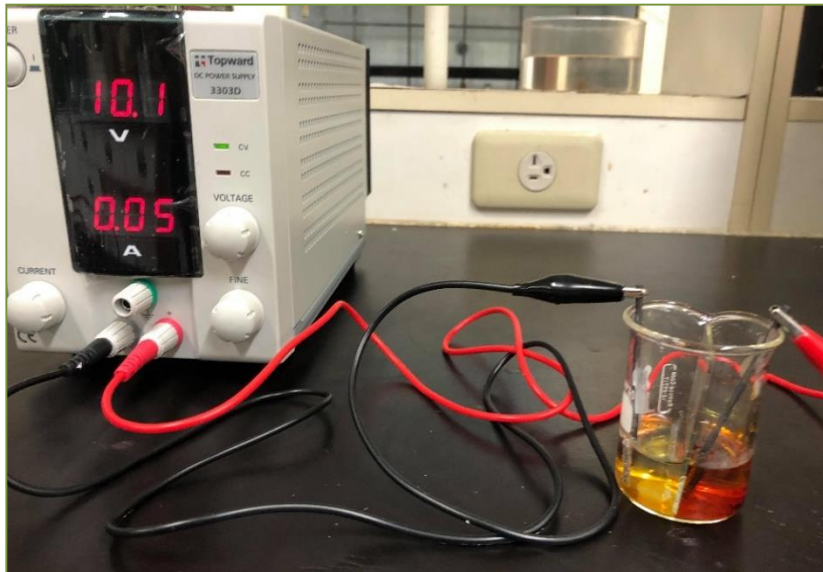
鋅銅電池示範二 (可樂電解液)

在沾滿可樂的濾紙上，接上鋅片以及銅片後，經三用電表測定發現以可樂當電解液的鋅銅電池發電量約為 1 V。

可樂當作電解液，是因含有碳酸鈉，經分解後得到 Na^+ , CO_3^{2-} 等可作為電解質之離子，而讓鋅銅電池發電。



電解碘化鉀示範三



碘化鉀溶液作為電解液，碘離子在陽極氧化成碘分子，水在陰極還原成氫氣和氫氧化鉀。

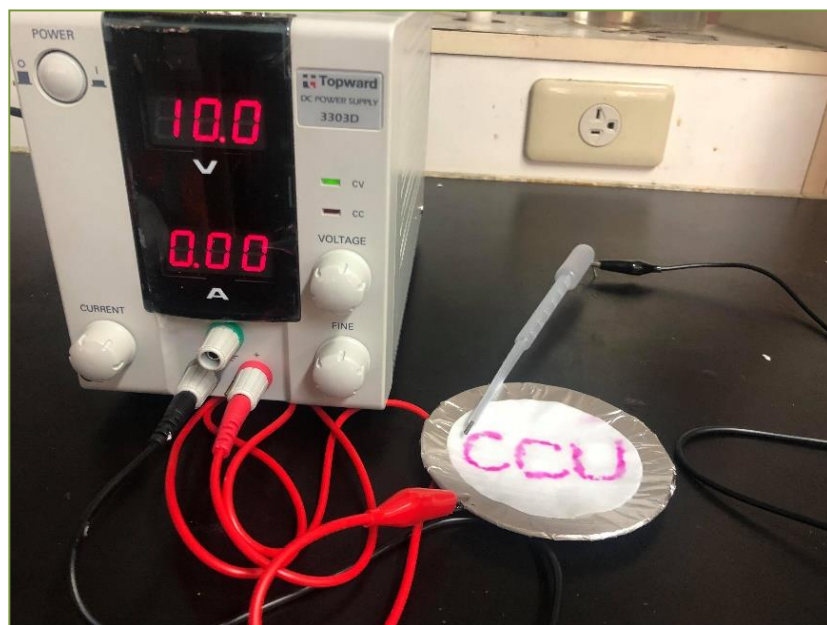
陽極半反應： $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$

陰極半反應： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- + 2\text{K}^+ \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{KOH}$

全反應： $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) + 2\text{K}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{KOH}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq})$



微型電解實驗示範四(電解筆)



碘化鉀溶液作為電解液時，陽極的碘離子氧化成碘分子，陰極的水還原成氫氣和氫氧化鉀。電解液中酚酞指示劑與氫氧化鉀形成紫色的錯合物。

陽極半反應： $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$

陰極半反應： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- + 2\text{K}^+ \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{KOH}$

全反應： $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) + 2\text{K}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{KOH}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq})$



標準還原電位表

Standard Reduction Potentials at 25°C (298 K) for Many Common Half-reactions

Half-reaction	$\mathcal{E}^\circ$ (V)	Half-reaction	$\mathcal{E}^\circ$ (V)
$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{F}^-$	2.87	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$	0.40
$\text{Ag}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}^+$	1.99	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	0.34
$\text{Co}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Co}^{2+}$	1.82	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$	0.27
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1.78	$\text{AgCl} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^-$	0.22
$\text{Ce}^{4+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}$	1.70	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0.20
$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.69	$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^+$	0.16
$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.68	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0.00
$\text{IO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	1.60	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0.036
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	1.51	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$	-0.13
$\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	1.50	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}$	-0.14
$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.46	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	-0.23
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	1.36	$\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0.35
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1.33	$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cd}$	-0.40
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1.23	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0.44
$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.21	$\text{Cr}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cr}^{2+}$	-0.50
$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \frac{1}{2}\text{I}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1.20	$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}$	-0.73
$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-$	1.09	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0.76
$\text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	1.00	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0.83
$\text{AuCl}_4^- + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Au} + 4\text{Cl}^-$	0.99	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}$	-1.18
$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.96	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1.66
$\text{ClO}_2 + \text{e}^- \rightarrow \text{ClO}_2^-$	0.954	$\text{H}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}^-$	-2.23
$2\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	0.91	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	-2.37
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	0.80	$\text{La}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{La}$	-2.37
$\text{Hg}_2^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Hg}$	0.80	$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$	-2.71
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	0.77	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ca}$	-2.76
$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$	0.68	$\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ba}$	-2.90
$\text{MnO}_4^- + \text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$	0.56	$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{K}$	-2.92
$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{I}^-$	0.54	$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3.05
$\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	0.52		

學程名稱	永續發展與循環科技學程
開設學期	110 學年度第 1 學期
主要開設單位(院, 處, 中心)	理學院
協同開設單位(院, 處, 中心)	工學院、通識教育中心
師資來源(系、所、中心)	化生系、物理系、地環系、機械系、化工系、 電機系、通識教育中心
學生來源(院、系)	全校學生

開設課程：(預計在未來五年內開設以下課程)

院/系所/中心		課程屬性	課程名稱	
理學院		必修	●普通化學(一)、(二)(6 學分)	
		選修	●有機金屬化學 (3 學分, 學碩博) ●無機化學 (3 學分) ●觸媒化學 (3 學分, 學碩博) ●工業觸媒 (2 學分, 學碩博) ●電分析與感測器 (3 學分, 學碩博) ●化學儀器 (3 學分) ●光譜化學分析與化學計量 (3 學分, 學碩博) ●材料化學導論 (3 學分)	
	物理系	選修	●材料科學 (3 學分, 學碩博)	
	地環系	選修	●環境工程(一)(3 學分) ●環境微生物 (3 學分)	
	理學院	選修	●綠色化學 (3 學分, 新課, 學碩博)	
	理學院	必修	●專題研究 (3 學分, 新課)	
	工學院	化工系	選修	●化工質能均衡 (3 學分) ●工業觸媒 (3 學分, 學碩博) ●觸媒化學概論 (3 學分)
		機械系	選修	●氫能與燃料電池 (3 學分)
電機系		選修	●綠色能源專題(一)、(二)(4 學分)	
通識教育中心		必選 (4 學分)	●綠色能源簡介 (2 學分) ●綠色科技的開發與展望 (2 學分) ●綠色建築概論 (2 學分) ●循環科技 (2 學分, 新課) ●永續綠生活 (2 學分) ●永續發展 (2 學分) ●永續都市規劃概論環境倫理－從綠色產業談起 (2 學分) ●永續綠能新契機 (2 學分) ●氣候變遷下維生基礎調適、氣候變遷調適與防災 (其中一門, 2 學分) ●地景欣賞與保育 (2 學分) ●地球與環境科學 (2 學分) ●地球演化與資源 (2 學分) ●自然觀察與紀錄 (2 學分)	



109年度國立中正大學高等教育深耕計畫

理學院「自然科學與技術」跨領域微課程

循環科技模範企業參訪

109年8月27日(星期四)



◆ 訪活動資訊:

參訪地點：光洋應用材料科技、台糖東海豐農業循環園區

參加對象：理學院學、碩士班學生

學生名額：38名 (採先報名, 先錄取, 額滿為止)

報名網址：<https://forms.gle/6Y9R99hgU4gpCkXh9>

領隊教師：通識教育中心 胡維平 主任、化生系 于淑君 教授

◆ 參訪行程：

時間	活動內容
08:30-08:40	集合(中正大學活動中心)
08:40-09:30	出發前往光洋科技
09:30-12:00	參訪光洋應用材料科技(柳營光科場)
12:00-12:30	用餐休息(光洋應用材料科技員工餐廳)
12:30-13:40	出發前往台糖
13:40-16:10	參訪台糖東海豐農業循環園區
16:10-17:30	賦歸

◆ 企業簡介

● 光洋應用材料科技柳營光科廠 (台南市柳營區環園東路二段1號)

光洋科技為全球規模最大之「光儲存媒體薄膜靶材製造廠」, 也是領先全球的貴金屬與稀有金屬回收精煉、特殊成型、加工以及銷售供應商之一, 為光電、資通、石化及消費性產業提供關鍵性原料、產品與整合型服務。其主要產品包括：貴金屬化學品/材料、薄膜鍍蒸鍍靶材、特用化學品及回收性資源四大類。

● 台糖東海豐農業循環園區 (屏東縣長治鄉德新路91巷37號)

台糖東海豐農業循環園區是台灣第一座具觀光與環境教育功能的現代化養豬場, 擁有現代化養殖設備及綠能發電技術, 除了豬舍屋頂架設太陽能板之外, 還擁有一座區域沼氣中心與污水處理設施, 可將豬糞尿及農業廢棄物共消化處理後產生之沼氣用於發電, 並將沼渣、沼液製作成有機肥料與土地澆灌肥分再利用。

助教

廖建勳、盧昱瑋、郭名軒

廖啟仲、廖任浩、潘子歡

