

範例三 鄭建立老師之教材教法(一)

一、教學單元：電池

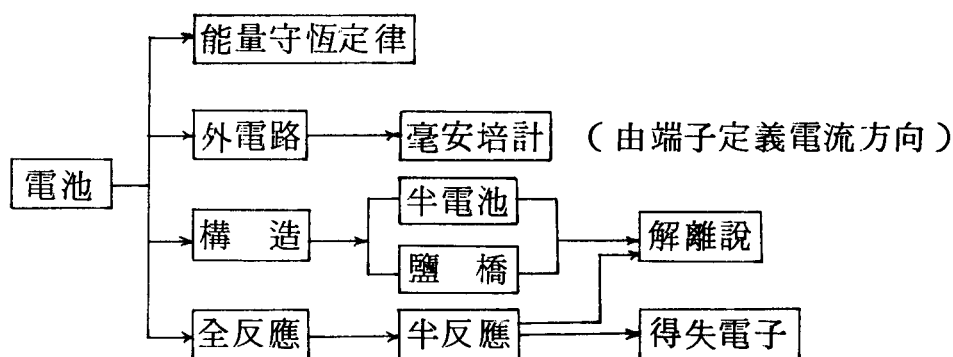
二、教學目標：

- (一) 能夠認識一般化學電池的構造，如 Zn-Cu 電池，進而能瞭解鉛電池和乾電池。
- (二) 能夠由實驗中觀察判定電流的方向，進而定義電池的正、負極以及電子得失情形。
- (三) 能夠瞭解鹽橋在化學電池中的功能。
- (四) 能夠由半電池溶液顏色的變化判斷濃度、電流大小變化的趨勢。
- (五) 能夠由伏打電池推導出鉛蓄電池及乾電池的放電原因，並能圖示其化學電池。
- (六) 能夠寫出電池的半反應以及全反應。

三、教學對象：三年級學生（常態班級，理化 A 組）

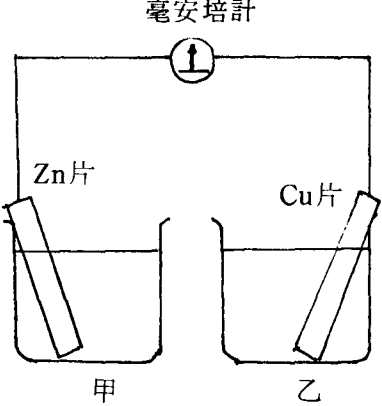
四、教學時間：二小時（含實驗課程）

五、概念分析：



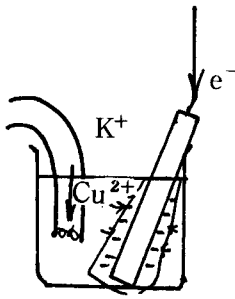
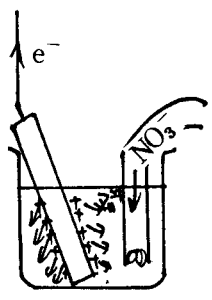
六、教學活動：

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
10分	電池構造	<p>1.講解：<u>電池的構造</u> (1)半電池是由金屬與電解質溶液構成的。(通常金屬片與電解質的陽離子是相同的元素，係為避免一些其他反應。) 甲杯：Zn片與$0.1\text{M ZnSO}_4(\text{aq})$無色水溶液 乙杯：$\text{Cu}$片與$0.1\text{M CuSO}_4(\text{aq})$藍色水溶液</p> <p>(2)將毫安培計與兩個半電池(Zn-Cu半電池)用導線聯結，裝配線路示範給同學看。(註：此時尚未接上鹽橋)</p> <p>(3)請同學預測： 問：此時毫安培計指針是否會發生偏轉呢？</p>	<p>同學觀察金屬片與溶液之顏色等外觀情形。</p> <p>部分同學答：(會)。(對於直流電路中“斷路”還不甚明白。)</p>	<p>(實驗室中)</p> <p>(留一些備用以作為對照)</p>
20分	鹽橋功能	<p>2.講解、說明、板書：<u>鹽橋的功能和用途</u>(繪出Zn-Cu電池電路圖) (1)由於未接上U型管的裝置(稱為鹽橋)，觀察到整個裝置是呈斷路狀態。</p>		

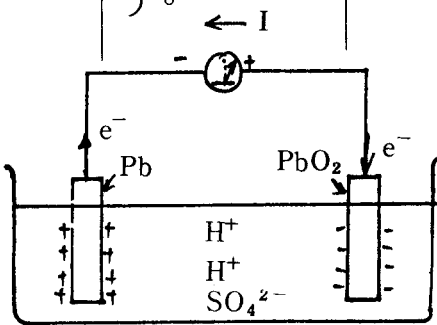
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>A. Zn-Cu 電池：</p>  <p>0.1M ZnSO_{4(aq)} (無) 0.1M CuSO_{4(aq)} (藍)</p> <p>(A)若兩燒杯間無鹽橋，則毫安培計指針的讀數為零（無電流）呈斷路狀態。</p> <p>(2)展示鹽橋給同學觀察。 說明鹽橋的構造： 由可溶性的鹽類水溶液所組成的電解質水溶液，置於U型管中兩端用棉花塞住兩端，儘量避免內部有氣泡。</p> <p>(B)鹽橋的功用（電流的橋樑） (a)藉可溶性的鹽類溝通電路。 (b)使兩極的溶液保持電中性。 (c)使電流通過的作用。</p>	<p>學生聆聽，筆記重點。</p>	

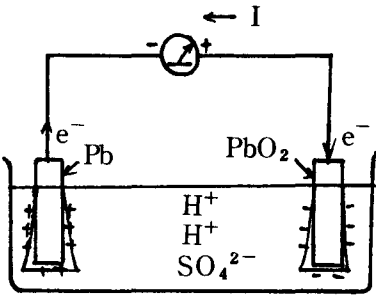
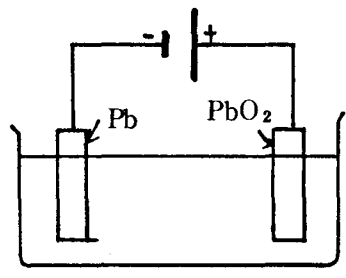
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
20分	電池半反應	<p>(3)待會兒同學實作時，要注意觀察幾件事情：</p> <p>①接上鹽橋後，電流是由毫安培計的那一個端子進入的？</p> <p>②藉由上述的判定，能否推測出電池的正負極呢？鋅是什麼極？銅是什麼極？</p> <p>③經過一段時間後，兩極金屬的表面變化如何？重量變化如何？溶液顏色變化如何？請同學觀察並記錄之（約20分鐘）</p> <p>3. 講解、板書：<u>正、負極、電流方向</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>(C)接上鹽橋後，由毫安培計判定導線上的電流是由銅片端流出，向鋅片端流入。</p> <p>(D)定義：（電流由高電位流向低電位）</p> <p>{ 負極：鋅片（Zn） 正極：銅片（Cu）</p> <p>而電流與電子流動方向相反，故知鋅片（負極）放出電子（e^-），而銅片（正極）得到電子（e^-）。</p> <p>（板書：將圖形補充）</p> </div>	同學實作、觀察並記錄（4人一小組）。	

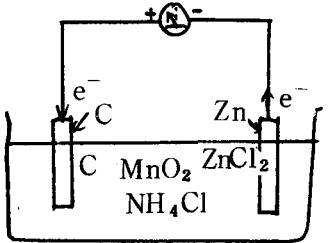
時間	概念	老師活動	學生活動	備註
		<div data-bbox="493 331 909 663" data-label="Diagram"> </div> <div data-bbox="454 741 956 951" data-label="Text"> <p>(E)毫安培計指針讀數逐漸變小，表示其電流減弱了，由於〔Cu^{2+}〕的顏色逐漸變淡，內電阻增加所致。</p> </div> <div data-bbox="493 995 956 1470" data-label="Text"> <p>④現在將銅半電池內的銅片取出，外觀有何變化？（用刀片刮刮看）。 則銅片（正極）的重量較原來如何？ 相對地，鋅片（負極）的重量又較原來如何？ （一般由外觀可稍許判斷出一些端倪）</p> </div> <div data-bbox="454 1515 956 1736" data-label="Text"> <p>(F)正極的半反應： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$ 因Cu析出，且溶液中Cu^{2+}濃度變小，故反應為Cu^{2+}，得到</p> </div>		

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>$2e^-$ 變成 Cu。</p> <p>(圖示)</p>  <p>銅片重量增加，而 $[Cu^{2+}]$ 減少，使溶液顏色變淡，而鹽橋中以 K^+ 來補充正電荷，即陽離子游向正極，使溶液保持電中性。</p> <p>(G) 負極的半反應：</p> $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ <p>因 Zn 片重量減輕，而且放出電子，故反應為 Zn 放出 $2e^-$ 變成 Zn^{2+}。</p> <p>(圖示)：</p>  <p>鋅失去電子，成為 Zn^{2+} 溶於水，燒杯中 $[Zn^{2+}]$ 增大，但顏色不變，鹽橋以 NO_3^- 陰離</p>		

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>子來使溶液保持電中性。</p> <p>(H)總反應式：</p> $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-}$ $+ \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$ <hr/> $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ <p>(負) (正) (紅)</p> <p>故可由本實驗判斷金屬的活性大小 $\Rightarrow \text{Zn} > \text{Cu}$。</p> <p>(I)全部電路中電池的內電路是藉陰陽離子來傳遞電荷，而外電路則藉著電子來傳遞電荷，且電子由鋅片流向銅片。</p> <p>4.交待作業：</p> <p>同學回家花一些時間將整個鋅銅電池的電路圖記下來，下堂上課前請同學完成下列幾個電池的電路圖，比照今天的課程內容。</p> <p>{ (1) Cu-Ag 電池。 (2) Zn-Ag 電池。 (3) Ni-Ag 電池。</p>	<p>(藉繪圖熟悉伏打電池的應用，以使學生能夠瞭解半電池、全反應式、電解質溶液、正、負極的分辨、... etc。)</p>	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
5分	電池構造	<p>1. 講解、說明：<u>鉛蓄電池基本構造</u></p> <p>(1) 將課堂上所交待作業解答、說明，指正同學錯誤後，請同學特別注意：<u>鉛蓄電池</u>、乾電池也可以仿照伏打電池將圖形繪出。</p> <p>(2) 先列出構成鉛蓄電池的幾個基本要件：</p> <p>{ 兩電極：鉛 (Pb)、 二氧化鉛 (PbO₂) 電解質：均為稀硫酸 (H₂SO₄) (d ≈ 1.24g/mL)</p> <p>(3) 請學生依據上述所列的資料，試以簡略圖示說明。</p> <p>2. 展示鉛蓄電池，並說明。<u>實物說明</u></p> <p>3. 講解、板書：</p>	<p>(上課時教師於課堂上逐一檢閱作業，並指派 3~5 名同學到黑板上繪圖。)</p> <p>學生繪圖演練 (仍有部分同學無法明確地用圖形來表示)。</p> 	
		<p>A. 鉛蓄電池：約 2 伏特</p> <p>(A) 比較：</p> <p>(a) 伏打電池：半電池由金屬浸在電解質水溶液而成的電池。</p>		

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
20分	充電、放電概念	<p>(b)蓄電池：電池放電後，消耗電能，若施加<u>外加電壓</u>，進行逆反應，使其將電能以化學能的方式儲存起來（充電），尚可重覆使用者。</p> <p>(B)裝置：</p> <p>(a)放電：</p>  <p>正、負極最終產物均變成白色的硫酸鉛（PbSO_4），故重量皆增加。</p>		
15分	預測電池反應	<p>(b)充電：</p>  <p>充電是放電的逆反應，故此 時 Pb 應得 e^-，PbO_2 應失</p>		

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
10分		<p>電子，所以，Pb 應接於外電源的負極，而 PbO₂ 接外電源的正極。</p> <p>外電源之正極接電池之正極 外電源之負極接電池之負極</p> <p>(C)鉛電池製成多層片狀的目的，係增加鋅與硫酸的接觸面積以促進反應速率。而正、負極間加塑膠絕緣板的目的係使正負極板隔離。</p> <p>(D)鉛電池放電一段時間後，硫酸減少，且水量增加，故電解質溶液濃度變稀，使內電阻增大，供應的電流減少。</p> <p>(E)缺點：相當笨重（如隨身聽 walk man + 鉛電池 ⇒ ？），酸霧… etc，造成使用上不方便，而乾電池是較方便的。</p> <p>B. 乾電池：約 1.5 V</p> <p>(A)構造：（課本 22 頁圖）</p>  <p>（黑：C 粉，MnO₂，白：NH₄Cl，ZnCl₂）</p>	要求同學練習繪圖說明	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		◎環保電池（綠色電池） 因含重金屬宜回收，如水銀電池（MERCURY）、鋰電池（LITHIUM）、銀電池（SILVER）鹼性電池（ALKALINE）。		

(A) 概念分析試題：

1. 電池產生電流的原因是什麼？
2. Zn-Cu 電池中鹽橋有何功能？
3. Zn-Cu 電池在負極燒杯〔 $\text{ZnSO}_4(\text{aq})$ 〕中，那一種離子的濃度在反應中發生了改變？
Zn-Cu 電池在正極燒杯〔 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 〕中，那一種離子的濃度在反應中發生了改變？
那又如何使二燒杯中的溶液保持電中性呢？
4. 鹽橋中的電解質之陰陽離子是如何游動的呢？
5. 正極（Cu 片）半反應方程式如何表示？負極（Zn 片）半反應方程式如何表示？全反應方程式又如何表示呢？
6. 由全反應方程式中，你如何判斷金屬活性大小呢？何者較大？
7. 電池使用一段時間後，毫安培計讀數漸小的原因為何？
8. Zn-Cu 電池放電過程中，正極（Cu 片）所得電子數與負極（Zn 片）失去電子數的關係是如何？理由是什麼？
9. 試繪出 Zn-Cu 電池放電的電路圖形。
10. Zn-Cu 電池放電過程中，兩極金屬片的重量總和較放電前增加、減少或不變？（ $\text{Zn} = 65.4$ ， $\text{Cu} = 63.5$ ）理由何在？
11. 承上題，是否違反了質量守恆定律？理由何在？

(B) 試題分析：

- | 1. 電池產生電流的原因是什麼？ | 百分比 |
|---------------------------|------|
| (1) 化學能轉換成電能。 | 15 % |
| (2) 有電位差。 | 43 % |
| (3) 粒子(離子、電子、... etc)之流動。 | 13 % |
| (4) 金屬活性大小。 | 4 % |
| (5) 空白。 | 25 % |

評析：約有四分之一的學生不會答本題，一般對日常生活的現象視為理所當然，而近一半的同學都以因有電位差而產生電流來答題，顯然學生剛學完電學單元較熟悉教材。另有一些學生能夠用能量守恆的概念來答題，頗值鼓勵，但有少數學生認為電池“用光了”是因為電池中的“電子消耗光了”，值得加以注意，予以修正。

- | 2. Zn-Cu 電池中鹽橋有何功能？ | |
|-----------------------|------|
| (1) 溝通電路，並使二電極溶液保持電中性 | 33 % |
| (2) 溝通電路。 | 27 % |
| (3) 使溶液保持電中性。 | 19 % |
| (4) 幫助導電。 | 12 % |
| (5) 空白。 | 9 % |

評析：八成以上同學對鹽橋均有一些概念，一般由於教師教學上均能有效地強調此一概念，而且學生對於“填充式”的問題較熟悉，但“溝通電路”與“溝通電流”二名詞上的運用，應指導學生用前者較正確的名詞。

- | 3. Zn-Cu 電池在負極燒杯 [$\text{ZnSO}_4(\text{aq})$] 中，那一種離子的濃度在反應中發生了改變？ (1) | |
|--|------|
| Zn-Cu 電池在正極燒杯 [$\text{CuSO}_4(\text{aq})$] 中，那一種離子的濃度在反應中發生了改變？ (2) | |
| 那又如何使二燒杯中的溶液保持電中性呢？ (3) | |
| (1) Zn^{2+} 正確者。 | 76 % |
| (2) Cu^{2+} 正確者。 | 74 % |

(3) 正確者。 76 %

評析：約有 $\frac{3}{4}$ 左右的學生知道燒杯中離子的濃度發生改變，但少數

同學不知何種離子濃度改變，甚至還有認為 $[\text{SO}_4^{2-}]$ 改變

者。 $\frac{3}{4}$ 的學生知道用鹽橋可保持溶液的電中性，唯如何使之

保持電中性，確須要另外命題以評定之。

4. 鹽橋中的電解質之陰陽離子是如何游動的呢？

(1) 陽離子(K^+)游向正極，陰離子(NO_3^-)游向負極。 63 %

(2) 陽離子游向負極，陰離子游向正極。 22 %

(3) 空白。 15 %

評析：約 $\frac{1}{4}$ 左右的學生還不是很清楚“電中性”的概念，均錯誤地

背誦以“陽離子游向負極，陰離子游向正極”，以“正、負電相吸”的概念來解釋，但亂套概念以答題，足見其沒有概念。

5. 正極(Cu片)半反應方程式如何表示？負極(Zn片)半反應程式如何表示？全反應方程式又如何表示呢？

(1) 全部正確。 71 %

(2) 部分正確。 12 %

(3) 空白。 13 %

評析：學生多能將正、負極，全反應都能書寫完整，使預定之教學目標均能達成。

6. 由全反應方程式中，你如何判斷金屬活性大小呢？何者較大？

(1) 老師告知活性大小順序。 56 %

(2) 由方程式判斷。 32 %

(3) 無法判斷。 8 %

(4) 空白。 4 %

評析：多數同學知道的活性大小是由教師告知而記憶的，僅三成同學可以作判斷，足見很多同學在學習“電池”單元時由經驗

中先知道活性大小的已知條件，再判定電池的正、負極。應該由鋅 (Zn) 失去電子 (e^-) 形成 Zn^{2+} ，銅離子 (Cu^{2+}) 得到電子 (e^-) 形成 Cu，故 Zn 片活性大於銅片。

7. 電池使用一段時間後，毫安培計讀數漸小的原因為何？
- | | |
|------------|------|
| (1) 能量消耗了。 | 14 % |
| (2) 濃度減小了。 | 9 % |
| (3) 內電阻漸大。 | 15 % |
| (4) 電流減少了。 | 35 % |
| (5) 空白。 | 27 % |

評析：由同學回答中往往只答到問題的表面，對問題深入的答案較無法真正地去作答。

8. Zn-Cu 電池放電過程中，正極 (Cu 片) 所得電子數與負極 (Zn 片) 失去電子數的關係是如何？理由是什麼？
- | | |
|--------------------|------|
| (1) 相同，由總反應及半反應說明。 | 46 % |
| (2) 相同，呈電中性。 | 9 % |
| (3) 相同，但無理由。 | 15 % |
| (4) 相同，理由錯誤。 | 9 % |
| (5) 增加。 | 2 % |
| (6) 減少。 | 8 % |
| (7) 空白。 | 11 % |

評析：近半數同學能正確回答本題，而答“相同”者近八成，其中含有三成的同學是用猜題的方式作答，故命題方式若欲評定學生概念了解程度，以問答題優於填充題，而填充題又優於選擇題，但往往聯考爲了“公平性”暨“節省時間”卻忽略對學生概念的了解，所以，建議教師於平日的診斷性評量試題，不妨採用多樣化的命題方式，以真正能診斷出學生的概念了解程度。

9. 試繪出 Zn-Cu 電池放電的電路圖形。
- | | |
|---------|------|
| (1) 正確。 | 50 % |
| (2) 錯誤。 | 15 % |

(3) 空白。 35 %

評析：一般錯誤情形是將毫安培計繪成電池，Zn, Cu 片得失電子情錯誤，即“電池”與“電解”的概念弄混了，應再多提醒同學此二者的差異處。

10. Zn-Cu 電池放電過程中，兩極金屬片的重量總和較放電前增加、減少或不變？(Zn = 65.4, Cu = 63.5) 理由何在？

(1) 減少，理由正確(原子量 Zn > Cu, 故負極減輕 1 mole Zn, 正極增加 1 mole Cu 時, 正、負極總質量減輕)。 27 %

(2) 減少，無理由。 14 %

(3) 減少，理由不正確。 5 %

(4) 增加。 8 %

(5) 不變。 33 %

(6) 空白。 13 %

評析：本題屬高難度試題，聯考曾命題過，然不到三成的同學會答此題，而三成以上的同學答不變，誤解“質量守恆”的概念，故七成同學無法答本題，或許對於“莫耳”的粒子概念並不十分清楚，建議複習課程時還得提醒同學“莫耳”概念。

11. 承上題，是否違反了質量守恆定律？理由何在？

(1) 否，理由正確。 13 %

(2) 否，無理由。 17 %

(3) 否，理由錯誤。 29 %

(4) 是。 12 %

(5) 空白。 29 %

評析：雖已暗示“質量守恆”概念，但對此概念並不十分清楚，應考慮 Zn-Cu 電池總反應方程式中 ($\text{Zn} + \text{Cu}^{2+}$) 與 ($\text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$) 的關係，故一般學生對概念的試題之命題方式較不能適應，且回答方式多屬“填鴨”，教學宜從概念著手，以建立良好的科學基礎，不必期望給學生太多的“灌輸”，而是讓學生要有更多的“思考”。

結論：電池概念中的能量守恆定律是一般學生多數還未建立之概念，教師欲了解學生在概念學習的成效上以問答題方式作評量，必有多方發現。

鄭建立老師之教材教法(二)

一、教學單元：電解、電鍍

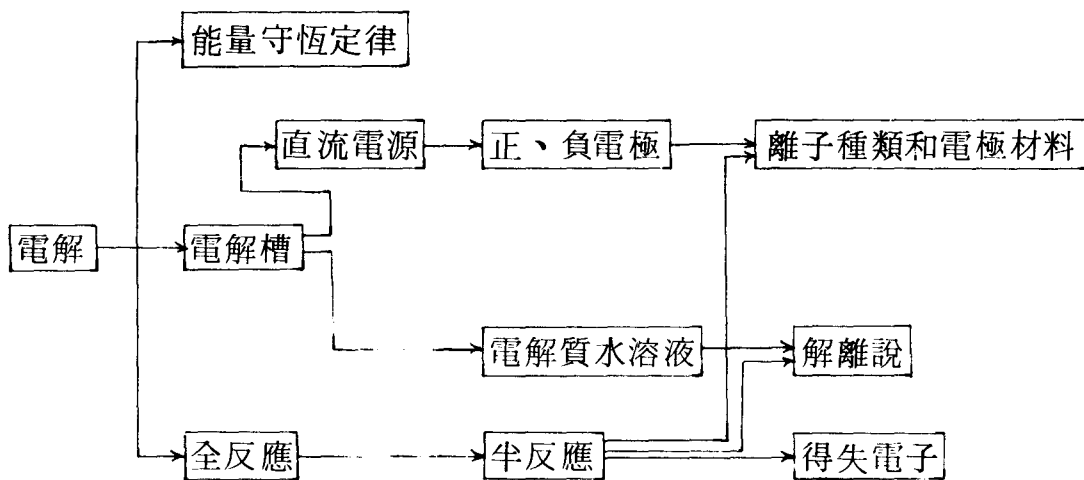
二、教學目標：

- (一) 能夠認識電流的化學效應。
- (二) 能夠解析出正、負極和電解槽的反應。
- (三) 能夠利用電解原理應用於電鍍、電煉、電鑄……等。
- (四) 能夠分辨出電極材料與正、負極反應的關係。

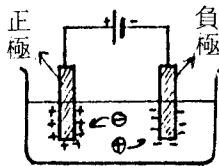
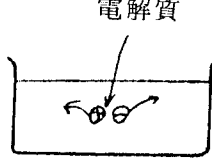
三、教學對象：三年級數理分組班學生（A組）。

四、教學時間：3小時。（以實驗進行為主）

五、概念分析：

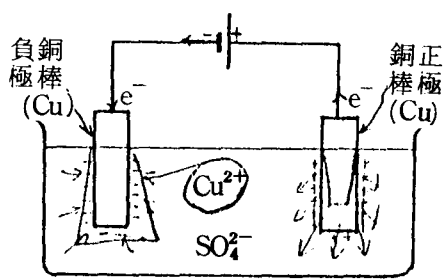


六、教學活動：

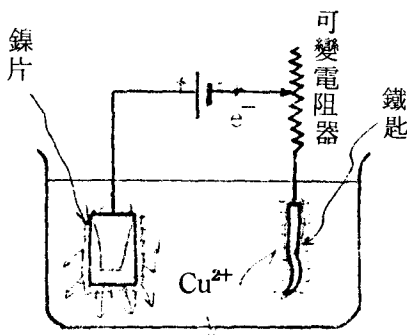
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
15分	電解定義	<p>1.引起動機：</p> <p>問(1)：電解水實驗時必須加入何種物質以幫助導電呢？</p> <p>問(2)：氫氧化鈉為電解質，那電解的定義又是什麼呢？</p> <p>2.講述、板書及說明：<u>電流的化學效應</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>A.電解定義：通直流電使電解質於正、負兩極上分解產生元素態物質的化學作用。</p> <p>(1)電解≠解離</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>電解</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>解離</p> </div> </div> <p>(2)使用直流電的目的係使產物分離，但是，使用交流電源依然有反應發生。</p> </div> <p>3.講述、板書、說明：<u>電解的規定</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>B.影響電解的因素：</p> <p>(1)電極：規定接於電池之正極</p> </div>	<p>答：氫氧化鈉</p> <p>多半學生說明條件並不足夠，須教師引導補充說明。</p>	(實驗室)

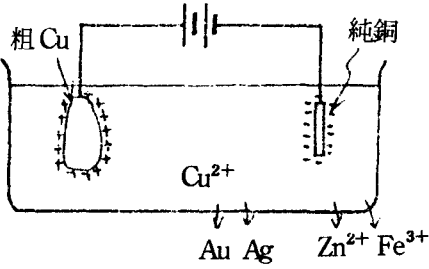
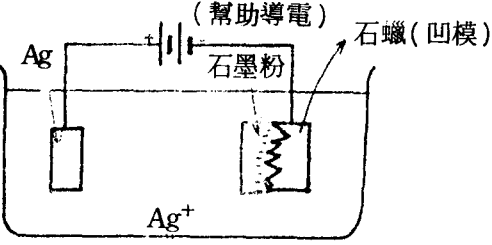
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
5分	(實作)	<p>(高電位)者為“正極”，接於電池之負極(低電位)者為“負極”。</p> <p>(a)惰性電極：石墨(C)棒、鉑(Pt)… etc。</p> <p>(b)活性電極：銅、鎳、銀棒等。</p> <p>4.實驗、觀察： 將 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 電解，以電源供應器來提供直流電源，且分別將二杯溶液以不同的電極材料(石墨棒、銅棒)為電極。 請同學注意觀察下列幾項事項： (1)接上電源後，正、負極是否有反應？ (2)正、負極的反應是如何呢？ (3)燒杯中溶液的顏色是否有變化？ (4)二燒杯的正、負極、電解質溶液的顏色作對照。 (5)電解前應先作一些處理事項：用砂紙將石墨棒、銅棒磨光。 (6)電解後也應作一些處理：蒸餾水、丙酮、乾燥等程序。</p> <p>5.總結、綜合說明： (1)那一杯反應中有明顯的氣泡？發生在那一極？ (2)那一杯溶液的顏色仍維持不變呢？ (3)工業上用的電鍍法採用那一種方式效果較好呢？試著去想原因。</p>	<p>指導學生使用電源供應器，學生觀察、記錄，指導學生聯結電路。(實驗完畢後即將記錄呈交教師)</p> <p>石墨棒、正極 銅棒</p>	<p>$\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 備用作對照。</p>

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
10分		<p>(2)電解質\Leftrightarrow注意考慮H_2O(水分子)的存在。</p> <p>(a)負極產物(金屬)： $Ag^+, Cu^{2+}, Pb^{2+}, Ni^{2+} \dots etc$ 金屬在負極析出；金屬離子(得電子能力$>H^+$) 金屬析出非金屬離子(活性大於H^+)或金屬活性大於H_2。$Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Al^{3+} \dots etc$金屬無法在負極上析出，此時， $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2$</p> <p>(b)正極產物(非金屬或酸根) Cl^-, Br^-, OH^-, \dots 會出現在正極附近；$SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, NO_3^-, F^-, \dots etc$ 無法出現於正極附近，此時， $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ (酸性大，pH值小)</p> <p>(c)口訣： ①用H_2O平衡O(氧)。 ②用H^+平衡H(氫)。 ③用e^-平衡電荷。</p> <p>C.電解硫酸銅$CuSO_4(aq)$： (a)以石墨棒(C棒)為電極：</p>	要求學生聆聽、理解，並將圖形記憶。	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
20分	電解 (電極材料不同) 概念	<p>①負極反應：$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$</p> <p>+)正極反應：$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$</p> <p>總反應：$\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}^+$</p> <p>②負極質量增加，因為紅色的銅析出，正極上有助燃性的氧氣(O_2)\uparrow，且附近水溶液呈酸性(H^+)，即水溶液之pH值變小。電解槽內因$[\text{Cu}^{2+}]$減少，使藍色變淡。</p> <p>③電解時，Cu^{2+}游向負極，而H_2O水分子游向正極。</p> <p>(b)以銅棒(Cu棒)為電極：</p>  <p>①負極反應：$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{紅})$</p> <p>+)正極反應：$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$</p> <p>總反應：$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu} + \text{Cu}^{2+}$</p> <p>②以銅棒(Cu棒)為電極時： 負極因Cu^{2+}獲得電子e^-形成銅原子(Cu)析出，故重量增加。正極因Cu片(放出電子e^-)形成Cu^{2+}，溶於水溶液，故重量減輕。但電解槽溶液中，</p>		

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>則 $[Cu^{2+}]$ 濃度不增亦不減，即顏色不改變。</p> <p>(c)綜合上述，本實驗係作對照實驗</p> <p>控制變因：電解質 ($CuSO_4$)</p> <p>操縱變因：電極材料</p> <p>結論：電解時，電極的化學變化與電極材料有關，故可利用電解原理從事電鍍、電煉、電鑄… etc。</p>		
		<p>但上述二種方法以(b)方式較適宜從事電鍍，因 $[Cu^{2+}]$ 不變，使得電鍍過程電流穩定，而且(a)方式最後變為電解水的反應，無法源源不斷地提供 $[Cu^{2+}]$ 使 Cu 析附於負極上。</p> <p>下一次實驗課請同學準備硬幣，或者可供電鍍用之金屬刀片、鑰匙、etc 作“電鍍”實驗。</p>		
10分	電鍍概念	<p>1.講解、說明：</p> <p>(1)電鍍前處理： 用砂紙除銹斑→用 NaOH 除油污。</p> <p>(2)電鍍後處理： 用稀硫酸、蒸餾水清洗→丙酮沖洗→烘乾。</p>		(實驗室)

時間	概念	老師活動	學生活動	備註
20分	電鍍概念	<p>(3)電鍍中處理： 被鍍物（硬幣）須置於負極，擬鍍金屬須置於正極，電鍍液中金屬陽離子須與擬鍍金屬相同。</p> <p>電鍍完成後檢驗成品，可帶回家作紀念品。但須注意“慢工出細活”。</p> <p>2.講述，板書：<u>電鍍</u> 先請學生繪出電鍍的電路裝置圖</p>	<p>學生實作，每人均可實際體會電鍍時正、負極應掛何物。</p> <p>多能重點繪出</p>	
		<p>(1)電鍍：利用電解原理，將鍍物置於直流電源的負極，而把擬鍍金屬置於正極，而其電鍍液（電解質溶液）為含有與擬鍍金屬相同之陽離子化合物，此項程序稱為電鍍。</p> <p>例：鐵匙（被鍍物）鍍銅（擬鍍金屬）</p>  <p>硫酸銅 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 藍色</p>		

時間	概念	老師活動	學生活動	備註
20 分		<p>負極反應：$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$</p> <p>+ 正極反應：$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$</p> <hr/> <p>總反應：$\text{Cu}(\text{正}) \rightarrow \text{Cu}(\text{負})$</p> <p>(2)電煉(電解精煉)：將粗製金屬經電解原理成爲精製金屬。</p> <p>粗銅(泡銅, 99%) $\xrightarrow{\text{電煉}}$ 精製銅(電解銅, 99.95%)</p>  <p>負極：$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$</p> <p>+ 正極：$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$</p> <p>$\text{Cu}(\text{正}) \rightarrow \text{Cu}(\text{負})$</p> <p>(3)電鑄：</p>  <p>以上均爲電解原理的應用，在化學工業上顯得極爲重要。</p>		

※專題講座篇：電解

1. “電解”的定義是什麼？為什麼我們要用直流電當作電源呢？
2. 硫酸銅水溶液（ $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ ）為什麼是藍色的呢？可能在水溶液中含有那些離子存在其中呢？
3. 以石墨棒（C）為兩極電解硫酸銅 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 水溶液時，其正、負極的反應式為何？電解槽內溶液的變化又如何？
4. 改以銅棒（Cu）為兩極電解硫酸銅 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 水溶液時，其正、負極的反應式為何？電解槽內溶液的變化又如何？
5. 若用於電鍍時，3、4兩題的方式，何者較佳？理由是什麼？
6. 為什麼在電鍍時，其一電極（擬鍍金屬）必須與電解質具有相同的陽離子呢？
7. 一般在電鍍時，兩極的金屬重量和較電鍍前增加、減少或不變？為什麼？（設以鐵片鍍銅， $\text{Fe} = 56$ ， $\text{Cu} = 64$ ）
8. 試利用 Zn-Cu 電池電解 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ （以銅為兩電極材料）之電路圖，請描繪之。
9. 用交流電源電解水時，你認為電解槽內是否會發生變化？為什麼？

※概念分析：

1. “電解”的定義是什麼？為什麼我們要用直流電當作電源呢？
 - (1) 完整寫出。 44 %
 - (2) 將電能 \leftrightarrow 化學能。 18 %
 - (3) 不知解釋“電解”的定義。 2 %
 - (4) 不知解釋“為何用直流電源”。 38 %
 - (5) 空白。 25 %
 - (6) 誤將“電解”當成“解離”。 13 %

評析：“電解”與“解離”的定義混淆不清，仍有一成以上學生會發生誤解，而電解的定義往往寫到利用直流電產生化學變化（或電能轉換成化學能）時，對電解的定義已多能掌握，而也有許多學生誤以為交流電不發生化學變化。

2. 硫酸銅水溶液（ $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ ）為什麼是藍色的呢？可能在水溶液中含

有那些離子存在其中呢？

- (1) Cu^{2+} , SO_4^{2-} , H^+ , OH^- 均寫出 28 %
- (2) Cu^{2+} , SO_4^{2-} 64 %
- (3) 空白。 8 %

評析：約三成同學，能寫出可能出現的離子，而六成以上僅寫出 Cu^{2+} 和 SO_4^{2-} 二種離子而已。而對“水會解離”這樣的概念，在學習 pH 值已建立了。

3. 以石墨棒 (C) 為電極電解硫酸銅水溶液時，其正、負極的反應式為何？電解槽內溶液的變化又如何？

- (1) 正極正確： $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ 。 76 %
- (2) 負極正確： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 。 80 %
- (3) 完全正確。 48 %
- (4) $[\text{Cu}^{2+}]$ 減少。 71 %
- (5) 空白。 8 %

評析：記憶性題目，對學生作題較能適應，而答題的正確率也頗高，雖本題的正極的答案 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ 不易作答，但有效是不容置疑的。

4. 改以銅棒 (Cu) 為兩極電解硫酸銅水溶液時，其正、負極的反應式為何？電解槽內溶液的變化又如何？

- (1) 正極： $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ 85 %
- (2) 負極： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 86 %
- (3) 全對。 48 %
- (4) $[\text{Cu}^{2+}]$ 不變。 67 %
- (5) 空白。 7 %

評析：正確答題率近九成，比第3題答題人數還要高，本題是以較簡易的答案。

5. 若用於電鍍時，3、4兩題的方式，何者較佳？理由是什麼？

- (1) 4 較好。 72 %
- (2) 3 較好。 8 %
- (3) 空白。 16 %

評析：有七成答(4)方式較好，但其中有1/3學生人數可以解釋理由，但2/3人數卻無法將理由清楚說明，甚至理由錯誤，可見很多學生還是知其然但不知其所以然。

6. 爲什麼在電鍍時，其一電極（擬鍍金屬）必須與電解質具有相同的陽離子呢？

- | | |
|-------------|------|
| (1) 爲使濃度不變。 | 11 % |
| (2) 理由錯誤。 | 38 % |
| (3) 空白。 | 51 % |

評析：僅一成同學對本題能作完整答覆，然約九成同學無法解釋原因。多半原因是因爲學生對問答題方式作答不熟悉，且平時訓練也無法作此方面的加強。

7. 一般在電鍍時，兩極的金屬重量和較電鍍前增加、減少或不變？爲什麼？（設以鐵片鍍銅， $Fe = 56$ ， $Cu = 64$ ）

- | | |
|--------------------|------|
| (1) 不變（負極增加，正極減少）。 | 81 % |
| (2) 減少。 | 8 % |
| (3) 增加。 | 6 % |
| (4) 空白。 | 15 % |

評析：八成學生答案正確。

8. 試利用 Zn-Cu 電池電解 $CuSO_4(aq)$ （以銅爲兩電極材料）之電路圖，請描繪之。

- | | |
|----------|------|
| (1) 正確。 | 42 % |
| (2) 不正確。 | 14 % |
| (3) 空白。 | 44 % |

評析：約六成學生不會繪圖或繪圖錯誤。

9. 用交流電源電解水時，你認爲電解槽內是否會發生變化？爲什麼？

- | | |
|---------|------|
| (1) 是。 | 20 % |
| (2) 否。 | 44 % |
| (3) 空白。 | 36 % |

評析：僅二成學生認爲交流電源會發生變化，但多數同學還是認爲僅直流電可以電解水，而不知使用直流電源的目的是因正極一直

維持是正極，負極一直是維持負極，故爲了使電解產物能在同一電極生成而加以分離，故教師也應該特別強調交流電源依然可使反應發生，唯其變化無法分離產物。

結論：由電解和解離的概念知學生還不十分清楚如何去分辨，而電解需要使用直流電的概念中，往往發現會以爲“交流電”無法使電解發生，是吾人教師應注意的。