

2015/2016 學年教學設計獎勵計劃

生活中的氧化還原和電池



參選編號：C070

科目：化學

教育階段：高二

目錄

■ 課程簡介	03
■ 教學進度表	04
■ 教學簡介	06
■ 教學設計	
第一、二節 氧化數和氧化還原反應.....	08
第三、四節 平衡氧化還原反應.....	15
第五、六節 氧化還原反應的計算.....	19
第七節 電化電池的組成.....	25
第八節 鹽橋和電池圖.....	32
第九、十節 電池電位計算.....	36
■ 試教評估	42
■ 反思與建議	43
■ 參考資料	44
■ 附件一 平衡氧化還原反應—氧化數法	45
■ 附件二 平衡氧化還原反應—半反應法.....	46
■ 附件三 常見的氧化劑和還原劑.....	48
■ 附件四 氧化還原反應計算.....	50
■ 附件五 電化電池計算.....	51
■ 附件六 實驗工作紙—電化電池的測定.....	54
■ 附件七 實驗工作紙—蔬果電池.....	57
■ 附件八 實驗工作紙—檸檬中的維他命 C 測定.....	58

課程簡介

本課程是根據本校高二化學的學習內容編製而成的。內容適用於國內聯考及台灣考試，而在課程中引入化學的專有名詞，希望可以幫助中文學校的學生參加國外或香港的公開試。

“氧化還原反應”是化學反應的其中一個重點，其實在初三階段已經有初步介紹其定義；而在高一階段就進一步學習其實質及運用；而在高二 “電化電池” 這一部份內容，實質上也是涉及氧化還原反應。由於這部份內容繁多，而且在電化學這部份內容佔在重要地位，故本教案教學過程會分兩大部份進行，第一部份是高一已學內容的複習--- “氧化還原反應”，第二部份是高二的新內容--- “電化電池”。

在學習這部份內容的過程中，有一部份學生會對概念產生混淆，為了令學生更清晰地理解概念，在教學過程中多採用列表比較以及圖示說明；而且當今的學生參與活動繁多，對於枯燥的理論知識缺乏興趣，故在教學的過程中加插了多次實驗，以提升學生的學習興趣。

教學進度表

課節	課題	課題內容	授課時間	課時
第一節	1.氧化反應和還原反應 2. 氧化數	1.氧化還原反應的意義和實質 2. 如何判斷氧化還原反應 3. 常見的氧化數 4. 氧化數的計算	2015-10-19	1
第二節	氧化劑及還原劑	1. 氧化劑及還原劑的判別 2. 比較氧化劑及還原劑的強弱	2015-10-20	1
第三節	平衡化學反應方程式	運用”雙線橋”方法平衡氧化還原反應	2015-10-23	1
第四節	平衡化學反應方程式	利用”半反應式”平衡氧化還原反應	2015-10-26	1
第五節	氧化還原反應的計算	氧化劑、還原劑的當量計算	2015-10-27	1
第六節	氧化還原反應的計算	氧化還原反應的滴定原理及計算	2015-10-28	1
第七節	電化電池	1. 電化電池的組成 2. 電池中電極(陰、陽極)的判別及電極反應	2015-10-28	1
第八節	電化電池	3. 鹽橋的組成及其功能 4. IUPAC 電池圖的寫法	2015-10-30	1
第九節	電池電位計算	1. 氧化電位和還原電位的定義及區分 2. 電池電位的計算	2015-11-02	1

課節	課題	課題內容	授課時間	課時
第十節	電池電位計算	3. 電池電位的運用	2015-11-03	1
第十一節	實驗—電化電池的測定	---以不同金屬與溶液組裝出的化學電池，其化學反應式與電壓的變化	2015-11-04	2
第十二節	探究性活動	利用不同蔬果製作簡易的電化電池	2015-11-05	2
第十三節	實驗—氧化還原滴定	測定檸檬中的維他命 C	2015-11-16	

壹、教學簡介

<p>教學目標</p>	<p>1. 知識方面</p> <p>1.1 瞭解氧化還原的定義---能說出氧化還原的狹義及廣義。</p> <p>1.2 瞭解氧化劑還原劑的定義---會區分氧化劑還原劑並能夠比較其性質強弱。</p> <p>1.3 學會平衡氧化還原反應---會利用 “雙線橋” 和 “半反應” 平衡反應式。</p> <p>1.4 瞭解氧化還原滴定所需步驟流程及其計算---會獨立完成滴定的操作及氧化還原反應的計算。</p> <p>1.5 瞭解電化電池的裝置---能看的懂電池的裝置圖及說出陽極與陰極的差異。</p> <p>1.6 瞭解電池的原理---會寫出電池反應方程式及掌握電池運作原理。</p> <p>1.7 瞭解電池電位---會區分氧化電位和還原電位及掌握電池電位的計算。</p> <p>1.8 瞭解雙電池---明白雙電池的運作原理及計算。</p> <p>1.9 瞭解電池的種類---能說出常用電池的名稱。</p>
	<p>2.技能方面</p> <p>2.1 能夠獨立完成氧化還原滴定操作。</p> <p>2.2 能夠畫出一個簡易電池---能利用老師給的藥品及儀器做出一個簡易電池。</p> <p>2.3 能夠自己製作電化電池---能利用生活中的物質設計出一個電池。</p>
	<p>3. 情意方面</p> <p>3.1 能知道善用資源。</p> <p>3.2 能物盡其用的運用生活中的物質。</p>
<p>教學策略</p>	<p>1.以生活中氧化還原反應的例子引入，引發學生興趣；</p> <p>2.第一部份內容以提問形式溫故而知，了解學生掌握的情況，並且活躍課堂；</p> <p>3. 教學難點，多加入圖示及影片，協助學生瞭解；</p> <p>4. 教學過程中，加插多個化學實驗，希望引起學生的興趣，啟發學生的思維，以及提升學生的操作能力和合作性。</p>
<p>教學活動</p>	<p>1. 小組討論並總結</p> <p>2. 運用多媒體講解抽象知識</p> <p>3. 融入實驗增加學習興趣</p> <p>4. 列表比較和總結</p>

教學評估

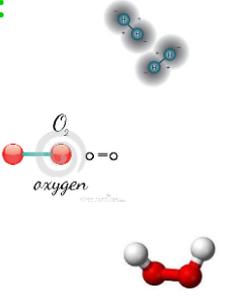
1. 課堂練習
2. 小測
3. 實驗工作紙
4. 學生自我評估

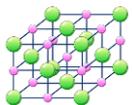
貳、教學設計

第一、二節：氧化還原反應及氧化數(複習)	
時間	80 分鐘
教學對象及人數	高二年級，52 人
教學重點	還原反應的實質
教學難點	1. 如何區分氧化劑、還原劑 2. 判斷氧化劑和還原劑的強弱氧化
設計構思	先由日常生活中常見的氧化還原反應引入，然後通過提問的方式讓同學回想起高一階段所學的氧化數及氧化還原反應的重點內容，最後以對比和總結的方法鞏固所學的知識點。
教學目標	1.學會標出常見物質中的各元素氧化數； 2.會總結歸納氧化還原反應的廣義和狹義； 3.學會判斷氧化劑和還原劑，並且會比較其強弱。
教學資源	電腦、投影機、相關講義、工作紙

【教學活動】

活動設計	教學	時間	教學評量
------	----	----	------

	資源	分配	
<p>第一部份</p> <p>[提問] 在初三時，我們學過氧化數，那麼，你們還記得常見元素的氧化數和其規則嗎？</p> <p>[複習]</p> <div data-bbox="304 510 916 853" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>一、氧化數的定義</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (a) 定義：假設將鍵結電子分配給電負度較大的元素時，一原子所得失的電子數。 ▪ (b) 性質：若得到電子，則氧化數為負；若失去電子，氧化數為正。  </div> <div data-bbox="304 938 916 1281" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>二、氧化數的決定法則：</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1. 單質氧化數為 0； 例如：O₂，Cl₂，Fe，Na的氧化數均為0； ▪ 2. 化合物中，各元素氧化數的代數和為 0； 例如：HNO₃各元素的氧化數之和為： (+1) + (+5) + (-2) × 3 = 0 ▪ 3. 元素的氧化數不超過族數，最多以族數為氧化數 例如：H₂SO₄中，硫的氧化數為 +6 ▪ 4. 氟在化合物中氧化數恆為 -1  </div> <div data-bbox="304 1368 916 1711" style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>二、氧化數的決定法則：</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 5. 氫的氧化數 <ul style="list-style-type: none"> ▪ (1) 金屬氫化物中，氫的氧化數為 -1； 【例】LiH，MgH₂ ▪ (2) 非金屬氫化物中，氫的氧化數為 +1； 【例】HCl，HCN，NH₃ ▪ 6. 氧的氧化數 <ul style="list-style-type: none"> ▪ (1) 化合物中，氧的氧化數一般為 -2 ▪ (2) 但有例外，例如H₂O₂，Na₂O₂  </div>	<p>ppt</p>	<p>20min</p>	<p>學生可標出常見元素的氧化數及總結其規則</p>

<p>二、氧化數的決定法則：</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 7. 在金屬化合物中，金屬的氧化數恆為正值 ▪ (1) IA族的化合物，IA族的氧化數為 +1 ▪ (2) IIA族的化合物，IIA族的氧化數為 +2 <p>8. 離子的氧化數</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ (a) 單原子離子，元素的氧化數即為離子的電荷 ▪ (b) 多原子離子，各元素氧化數和為離子電荷數  			
<p>三、氧化數的應用：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 判別化學反應是否屬於氧化還原反應，最簡便的方法為 <u>看氧化數是否有升降</u> 2. 判別同類酸鹼之強度: 氧化數愈高，鍵結之共價性愈強，故酸性愈強。(除磷之含氧酸外) 3. 判斷氧化還原扮演之角色。 4. 平衡化學方程式。 	<p>第二部份</p> <p>[引入] 氧化還原反應時常發生在我們的生活，同學們，你們可否用高一已學的氧化還原知識去解釋下圖發生何種變化？</p>  <p>圖 8-1 生活中的氧化還原反應</p> <p>[提問] 那麼，何謂「氧化反應」？</p> <p>[學生回答] 涉及氧的得失的反應</p> <p>[繼續提問] 那麼金屬鋅和稀硫酸的反應是否氧化還原反應？</p> <p>[學生思考後補充回答] 涉及電子數得失的反應</p>	<p>Ppt</p> <p>5min</p> <p>15min</p> <p>ppt</p>	<p>學生會講出所發生的反應</p> <p>能正確回答「氧化」和「還原」的定義</p>

[總結]

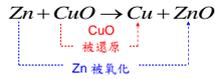
一、氧化還原反應的定義

❖ 氧化還原反應的定義：氧化反應與還原反應相伴發生的反應

(1) 狹義的定義：涉及 **氧** 的得失

① **氧化**：物質與氧作用的反應（**得到氧** 的反應）(oxidation)

② **還原**：**氧化物** 失去氧的反應（**失去氧** 的反應）(reduction)

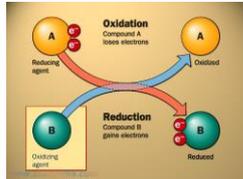


一、氧化還原反應的定義

(2) 廣義的定義：涉及 **電子數** 的得失

① **氧化**：物質失去電子者

② **還原**：物質得到電子者



[提問] 如何判斷氧化劑和還原劑？

何謂氧化劑

物質本身進行**還原反應**，使另一物質發生**氧化反應**者，稱為**氧化劑**。反應時物質會**得到電子**。

何謂還原劑

物質本身進行**氧化反應**，使另一物質發生**還原反應**者，稱為**還原劑**。反應時物質會**失去電子**。

Ppt

5min

能正確講出氧化劑和還原劑的特徵

10min

<p>[練習] 在下述反應中，何者是還原劑？何者是氧化劑？</p> $4\text{Na}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{O}_{(s)}$ $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + 3\text{C}_{(s)} \longrightarrow 2\text{Fe}_{(s)} + 3\text{CO}_{(g)}$ <p>[總結] 還原劑在反應中其氧化數增加；氧化劑在反應中其氧化數減少。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>在上述反應中，何者是還原劑？何者是氧化劑？</p> <p>$4\text{Na}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{O}_{(s)}$</p> <p>在反應中，鈉失去電子，氧化數升高，是還原劑； 氧氣得到電子，氧化數降低，是氧化劑。</p> <p>$\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + 3\text{C}_{(s)} \longrightarrow 2\text{Fe}_{(s)} + 3\text{CO}_{(g)}$</p> <p>在反應中，碳失去電子，氧化數升高，是還原劑； 氧化鐵中的鐵元素得到電子，氧化數降低，是氧化劑。</p> <div style="border: 1px solid green; padding: 2px; margin-top: 5px;"> <p>總結：還原劑在反應中其氧化數增加；氧化劑在反應中其氧化數減少。</p> </div> </div> <p>[提問] 如何判斷氧化性或還原性的強弱？ 學生自行討論後總結</p>			
<p>氧化性強弱的比較如下：</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>氧化性強弱的比較：</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1. 根據化學方程式判斷 ▪ 氧化劑 (氧化性) + 還原劑 (還原性) → 還原產物 + 氧化產物 ▪ 氧化性 (得到電子的能力) : 氧化劑 > 氧化產物 ▪ 還原性 (失去電子的能力) : 還原劑 > 還原產物 <p>例如：</p> $\text{Zn}_{(s)} + \text{Cu}_{(aq)}^{2+} \rightarrow \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + \text{Cu}_{(s)}$ <p>還原性：Zn > Cu 氧化性：Cu²⁺ > Zn²⁺</p> </div>	ppt	20min	學生會自行討論及得出答案

氧化性強弱的比較：

2、根據物質活動性順序比較

- 金屬單質的還原性強弱一般與**金屬活動性**順序相同，對應的順序為：
K>Ca>Na>Mg>Al>Mn>Zn>Cr>Fe>Ni>Sn>Pb>(H)>Cu>Hg>Ag>Pt>Au
- 金屬**陽離子**氧化性的順序則與**金屬活動性**順序相反

非金屬活動性順序(常見元素)

F---Cl/O---N---Br---I---S---C---P---Si---H⁺

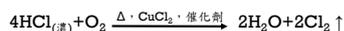
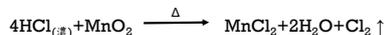
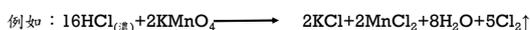
- 原子**(或單質)氧化性逐漸減弱，對應陰離子還原性增強(注意元素的氧化性不一定等同於單質的氧化性,以上順序為元素氧化性排列)



氧化性強弱的比較：

3、根據反應條件判斷

- 當不同氧化劑分別與同一還原劑反應時，如果氧化產物價態相同，可根據**反應條件的難易**來判斷。反應越容易，該氧化劑氧化性就強。



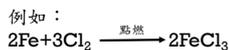
氧化性： $\text{KMnO}_4 > \text{MnO}_2 > \text{O}_2$



氧化性強弱的比較：

4、根據氧化產物的價態高低來判斷

- 當含有變價元素的還原劑在相似的條件下作用於不同的氧化劑時，可根據氧化產物價態的高低來判斷氧化劑氧化性強弱。



氧化性： $\text{Cl}_2 > \text{S}$



氧化性強弱的比較：

5、根據元素週期表判斷

(1) 同**主族元素**(從上到下)

- 非金屬原子(或單質)氧化性逐漸減弱，對應陰離子還原性逐漸增強。
- 金屬原子還原性逐漸增強，對應陽離子氧化性逐漸減弱

(2) 同**週期主族元素**(從左到右)

- 單質還原性逐漸減弱，氧化性逐漸增強
- 陽離子氧化性逐漸增強，陰離子還原性逐漸減弱。



氧化性強弱的比較：

- 6. 根據元素化合價態高低判斷
- 一般來說，變價元素位於**最高價態**時**只有氧化性**，處於**最低價態**時**只有還原性**，處於中間價態時，既有氧化性又有還原性。一般處於最高價態時，氧化性最強，隨著化合價降低，氧化性減弱還原性增強。
- 例：H₂SO₄ 中的硫元素氧化數為+6，故其只有氧化性；
H₂S 中的硫元素氧化數為-2，故其只有還原性；
而SO₂中的硫元素氧化數為+4，故其可以作氧化劑又可以作還原劑。



[課後練習]

1. 在反應 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{HCl} + \text{S} \downarrow$ 中，下列敘述何者正確？
 - (A) Cl₂ 被氧化成 HCl
 - (B) 單質硫被還原出來
 - (C) HCl 是 H₂S 還原後的產物
 - (D) H₂S 被氧化而析出 S
 - (E) S 是 Cl₂ 被還原後的產物

2. 三種金屬 X、Y、Z，其活性的大小順序為 X > Y > Z，而 XO、YO、ZO 分別為其氧化物，則下列哪一反應是正確的？
 - (A) $\text{XO} + \text{Y} \rightarrow \text{X} + \text{YO}$
 - (B) $\text{YO} + \text{Z} \rightarrow \text{Y} + \text{ZO}$
 - (C) $\text{XO} + \text{Z} \rightarrow \text{X} + \text{ZO}$
 - (D) $\text{ZO} + \text{Y} \rightarrow \text{Z} + \text{YO}$

ppt

5min

學生可課後
獨立完成

第三、四節：平衡化學反應方程式	
時間	80 分鐘
教學對象及人數	高二年級，52 人
教學重點	利用氧化數法和半反應法平衡反應方程式
教學難點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如何找出氧化劑和還原劑的氧化數變化； 2. 如何正確寫出對應的氧化產物或還原產物； 3. 如何平衡電荷。
設計構思	先用投影片 演示平衡氧化還原反應的步驟和注意事項，再用例子演練，最後由學生完成工作紙鞏固。
教學目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學會用「氧化數法」平衡氧化還原反應； 2. 學會用「半反應法」平衡氧化還原反應；
教學資源	電腦、投影機、相關講義、工作紙

【教學活動】

活動設計	教學資源	時間分配	教學評量
<p>[引入] 在上一節課中，大家複習了有關氧化還原的一些重要概念，而這一節課我們主要學習如何平衡氧化還原反應。</p> <p>現在先讓我們看看投影片：</p> <div data-bbox="240 539 826 869" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; color: purple;">氧化還原方程式的平衡方法：</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 氧化數法(oxidation number method) ▪ 半反應法(half reaction method)  </div> <div data-bbox="240 920 826 1249" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>1. 運用氧化數法來平衡</p> <p style="background-color: #e0ffe0; padding: 2px;">氧化數增加的總量=氧化數減少的總量</p> <p>➢ 步驟：</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 寫出反應物及生成物的化學式 ▪ 先標示出變價原子之氧化數 ▪ 用“雙線橋”找出氧化數變化的元素及其改變量 ▪ 乘上適當的係數來平衡氧化數改變之原子數量，以使得失電子總數相等 ▪ 平衡電荷-酸性用H⁺，鹼性用OH⁻ ▪ 用H₂O平衡H原子或OH⁻離子 </div> <div data-bbox="240 1301 826 1630" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>運用氧化數法來平衡方程式(一)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 在酸性溶液中，過錳酸根離子與草酸根離子會發生什麼反應呢？ <p>反應式：</p> <div style="background-color: #e0e0ff; padding: 5px; text-align: center;"> $\text{MnO}_4^- + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ </div> </div> <div data-bbox="240 1637 826 1966" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>運用氧化數法來平衡方程式(二)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▣ 先標示所有原子之氧化數 ▣ 找出氧化數變化的元素及其改變量 <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <p>(+1) × 5 氧化數增加</p> <p>(-5) × 2 氧化數減少</p> </div> </div>	<p>ppt</p>	<p>15min</p>	<p>學生學會用「氧化數法」平衡氧化還原反應</p>

<p>運用氧化數法來平衡方程式(三)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✦ 乘上適當的係數來平衡氧化數改變之原子數量 ✦ 依氧化數改變量乘上適當的係數，來平衡氧化數改變之原子 ✦ 平衡電荷(用H⁺平衡電荷) ✦ 用H₂O平衡H原子或OH⁻離子 <p style="text-align: center;">$2MnO_4^- + 5C_2O_4^{2-} + 16H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$</p>																								
<p>[課堂練習] 附件一練習紙(第 1~3 題) 邀請三位學生到黑板完成並講解。</p>	練習紙	10min	學生可以自行完成練習。																					
<p>[講述] 接着,在高二階段我們繼續學習用另一種方法平衡氧化還原反應，這種方法稱為「半反應法」。請留意投影片，以下是配平的步驟：</p>	Ppt	15min	學生瞭解用「半反應法」配平的基本步驟。																					
<p>2. 運用半反應法來平衡</p> <p style="text-align: center;">氧化還原反應=氧化半反應+還原半反應</p> <p>配平步驟</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 寫出反應物及其產物 (2) 用視察法配平有氧化數改變元素的原子數 (3) 由氧化數之改變算出電子得失數寫入方程式中 (4) 加入H⁺(酸性溶液)或OH⁻(鹼性溶液)於其中一方使方程式兩方之電荷數配平 (5) 加入H₂O於其中一方使氧原子數配平 																								
<p>當然，要學會運用「半反應法」來平衡氧化還原反應，我們要先記得常用氧化劑或還原劑其共軛的生成物，同學可見附件三。 讓我們一起來完成以下的半反應(ppt 演練)</p>	ppt	15min	學生可以與老師共同完成半反應的書寫流程。																					
<p>例1 寫出 I₂ → I⁻ 的還原半方程式</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">配平套路</th> <th style="text-align: left;">方程演化</th> <th style="text-align: left;">檢查</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>一 寫出反應物及生成物</td> <td>I₂ → I⁻</td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>二 配平碘原子</td> <td>I₂ → 2I⁻</td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>三 配上電子 (I氧化數下降1x2)</td> <td>I₂ + 2e⁻ → 2I⁻</td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>總檢查：</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1. 原子守恆</td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>2. 電荷守恆</td> <td></td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>	配平套路	方程演化	檢查	一 寫出反應物及生成物	I ₂ → I ⁻	✓	二 配平碘原子	I ₂ → 2I ⁻	✓	三 配上電子 (I氧化數下降1x2)	I ₂ + 2e ⁻ → 2I ⁻	✓	總檢查：			1. 原子守恆		✓	2. 電荷守恆		✓			
配平套路	方程演化	檢查																						
一 寫出反應物及生成物	I ₂ → I ⁻	✓																						
二 配平碘原子	I ₂ → 2I ⁻	✓																						
三 配上電子 (I氧化數下降1x2)	I ₂ + 2e ⁻ → 2I ⁻	✓																						
總檢查：																								
1. 原子守恆		✓																						
2. 電荷守恆		✓																						

例2 寫出酸性溶液中 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 作氧化劑之還原半方程式

配平套路	方程演化	檢查
一 寫出主要反應物及生成物	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow \text{Cr}^{3+}$	✓
二 配平鉻原子數	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$	✓
三 配上電子 (鉻的氧化數下降3x2)	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$	✓
四 配平電荷 (左方加14H ⁺)	$14\text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$	✓
五 配平氧原子數 (右方加7H ₂ O)	$14\text{H}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	✓
總檢查:		
1. 原子守恆		✓
2. 電荷守恆		✓

例3 寫出氯氣與高錳酸鉀水溶液的氧化還原反應的平衡離子方程式

高錳酸根作氧化劑的還原半反應

$$8\text{H}^+ + \text{MnO}_4^- + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$$

氯離子作還原劑的氧化半反應

$$2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$$

合併

$$\begin{array}{r} 16 \\ 8\text{H}^+ + \text{MnO}_4^- + 5\text{e}^- \end{array} \xrightarrow{\times 2} \begin{array}{r} 2 \\ \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} \end{array} \quad (\times 2)$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ 2\text{Cl}^- \end{array} \xrightarrow{\times 5} \begin{array}{r} 5 \\ \text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \end{array} \quad (\times 5)$$

$$16\text{H}^+ + 2\text{MnO}_4^- + 10\text{Cl}^- \rightarrow 5\text{Cl}_2 + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$$

[課堂練習] 附件二練習紙(第 1~5 題)
邀請三位學生到黑板完成並講解。

練習
紙

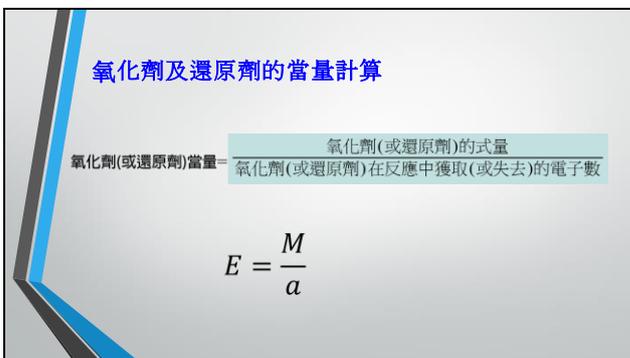
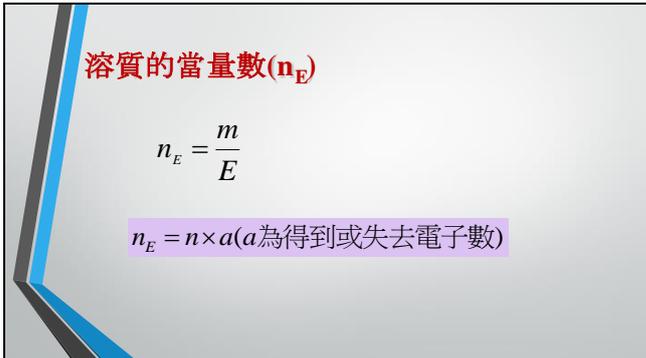
25min

學生可以自行完成練習。

第五、六節：氧化還原反應的計算	
時間	80 分鐘
教學對象及人數	高二年級，52 人
教學重點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 氧化劑、還原劑當量的計算； 2. 氧化還原滴定的操作原理； 3. 氧化還原滴定的計算。
教學難點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 氧化劑、還原劑當量與酸、鹼當量計算的區別； 2. 氧化還原滴定計算的步驟
設計構思	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用比較和練習的方法找出氧化還原當量計算與酸鹼當量計算的差別； 2. 通過實驗短片，重溫氧化還原滴定的原理和技巧； 3. 通上黑板演練使學生掌握氧化還原滴定的計算技巧。
教學目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學會氧化劑、還原劑當量的計算； 2. 掌握氧化還原滴定的操作技巧； 3. 掌握氧化還原滴定計算。
教學資源	電腦、投影機、實驗短片、相關講義、工作紙

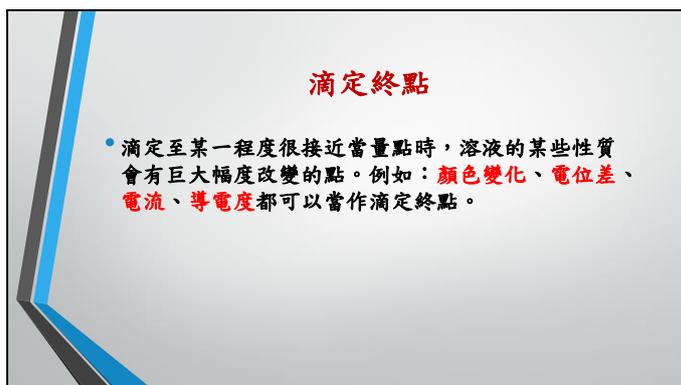
【教學活動】

活動設計	教學資源	時間分配	教學評量
<p>[回顧] 在高一時，大家學過酸鹼滴定，那麼，大家還記得以下幾個重要的概念及其公式嗎？</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 酸的當量和鹼的當量 2. 當量數 3. 當量濃度 <p>[提問] 由學生回憶並作答，最後在黑板總結。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 酸的當量和鹼的當量 (1). 定義： <div data-bbox="279 779 916 880" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>(克)當量 反應中釋出1莫耳H⁺所需酸之克數，稱為該酸之(克)當量</p> </div> (2). 公式： $\text{酸的當量} = \frac{\text{酸的分子量}}{1\text{mol 酸放出的H}^+\text{的 mol 數}}$ <p>註：鹼的當量與上述相同。</p> 2. 當量數 <ol style="list-style-type: none"> (1) 定義：在酸鹼反應中，所釋出 H⁺之莫耳數，稱為該酸的克當量數 (2) 公式： $\text{克當量數} = \frac{\text{重量}}{\text{克當量}} = \frac{\text{重量}}{\text{分子量}} \times \text{可釋出H}^+\text{數}$ $= \text{mol 數} \times a(\text{釋出的H}^+\text{數})$ 3. 當量濃度 <ol style="list-style-type: none"> (1) 定義：每升溶液中所含酸之當量數，以 C_N表示 (2) 公式： $\text{當量濃度 } C_N = \frac{\text{當量數}}{\text{體積}} = \frac{\text{mol 數} \times n}{V} = C_M \times n$ <p>[練習]：試計算以下物質的當量</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) H₂SO₄ (2) NaOH 	<p>板書</p>	<p>15min</p>	<p>學生可以和老師一起回顧並總結。</p> <p>學生已掌握這類型計算</p>

<p>[引入] 那麼氧化劑和還原劑當量與酸鹼當量是否相同？</p> <p>學生回答</p> <p>[引發興趣] 我們試從投影片中找出它們的異同之處。</p> 	<p>Ppt</p>	<p>10min</p>	<p>學生可以找出其不同之處。</p>
<p>[例題]</p> <p>1. $KMnO_4 \xrightarrow{H^+} Mn^{2+}$</p> <p>2. $KMnO_4 \rightarrow MnO_2$</p> <p>[練習]</p> <ol style="list-style-type: none"> $H_2O_2 \rightarrow O_2$ $H_2O_2 \rightarrow H_2O$ $Na_2S_2O_3 \rightarrow Na_2S_4O_6$ $Cl_2 \rightarrow 2Cl^-$ <p>[強調] 氧化劑(還原劑)當量與其還原產物及氧化產物有關，相同的氧化劑(還原劑)對應不同的生成物其當量會不同。</p>	<p>黑板</p>	<p>10min</p>	<p>學生可以掌握氧化劑(還原劑)當量的計算。</p>
<p>[觀看 ppt]</p> 	<p>ppt</p>	<p>5min</p>	

<p>當量濃度計算</p> <p>當量濃度 = $\frac{\text{溶質當量數}}{\text{溶液體積升數}} = \text{摩爾濃度} \times \text{每摩爾得失電子數}$</p> $C_N = \frac{n_E}{V} = \frac{n \times a}{V} = \frac{n}{V} \times a = C_M \cdot a$			
<p>[總結] 而當量數和當量濃度的計算公式與酸鹼的當量數和當量濃度基本一致。</p> <p>[過渡] 在氧化還原反應中,氧化還原滴定的操作原理在定性分析實驗中佔有一個很重要的地位,因此,我們必須要學會其滴定原理及操作。</p> <p>1. 首先,我們先看看這個實驗的原理</p>	ppt	10min	學生初步明白滴定的原理和計算。
<p>氧化還原滴定</p> <p>氧化還原滴定的原理類似於酸鹼滴定,將已知濃度的氧化劑(或還原劑)裝入滴定管中,滴定未知濃度的還原劑(或氧化劑);當氧化劑得到的電子數等於還原劑失去的電子數時,稱為當量點。</p> <p>得到電子總莫耳數 = 失去電子總莫耳數</p>			
<p>2. 接着,我們再看看其計算公式</p> <p>計算公式</p> $C_{N\text{氧化劑}} \times V_{\text{氧化劑}} = C_{N\text{還原劑}} \times V_{\text{還原劑}}$ $C_{M\text{氧化劑}} \times a_{\text{氧化劑}} \times V_{\text{氧化劑}} = C_{M\text{還原劑}} \times a_{\text{還原劑}} \times V_{\text{還原劑}}$ <p>在實際操作中,很難找到當量點精準辨查的方法,故通常以滴定終點代替當量點。</p>			

3. 如何判斷滴定終點



4. 請觀看「氧化還原滴定」的短片。



[講述] 好，接着我們看例題，嘗試如何完成氧化還原滴定的計算。

例 1：滴定 30.0 毫升某 Sn^{2+} 酸性溶液，達滴定終點時共消耗了 10 毫升 $KMnO_4$ 溶液(0.12 M)，此溶液中 Sn^{2+} 之起始濃度為何？

[解答過程請看 ppt]

短片

10min

學生瞭解滴定的操作步驟。

ppt

13min

學生學會完成滴定計算。

例題解答：

例題： 滴定30.0毫升某Sn²⁺酸性溶液，達滴定終點時共消耗了10毫升KMnO₄溶液(0.12 M)，此溶液中Sn²⁺之起始濃度為何？

解： 設Sn²⁺的起始濃度為x M

$$2\text{MnO}_4^- + 16\text{H}^+ + 5\text{Sn}^{2+} \rightarrow 5\text{Sn}^{4+} + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O}$$

∴ 氧化劑之當量數=還原劑之當量數

$$\therefore \text{CM}_1 \cdot V_1 \cdot a_1 = \text{CM}_2 \cdot V_2 \cdot a_2$$

$$0.12 \times 10.0 \times 5 = \text{CM}_2 \times 30.0 \times 2$$

$$\text{CM}_2 = 0.10 \text{ M}$$

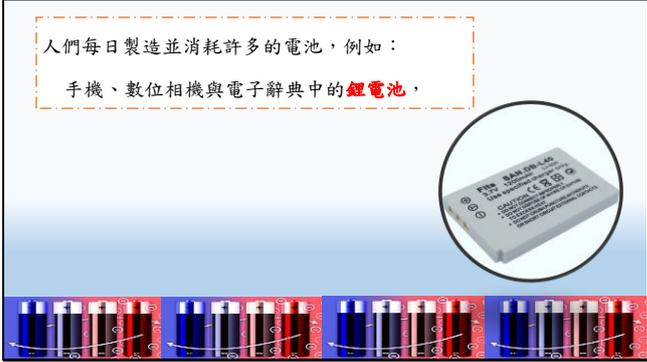
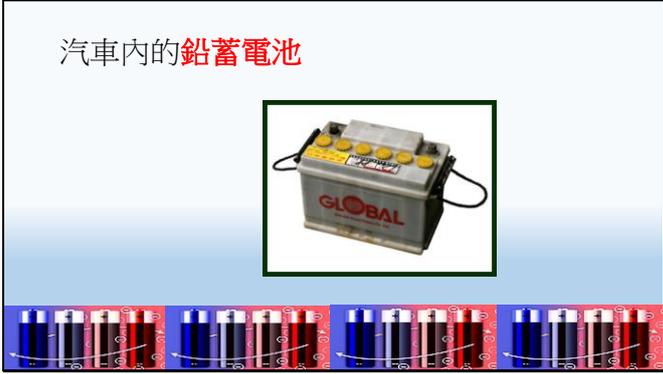
[練習] 附件三練習題第 1 題

練習
紙

7min

第七節：電化電池—電化電池的組成	
時間	40 分鐘
教學對象及人數	高二年級，52 人
教學重點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電化電池的組成； 2. 電化電池中的陰陽極判別 3. 電極反應的書寫
教學難點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電化電池中陰陽極與外電源正負的判別 2. 陽極反應，陰極反應及全反應的書寫
設計構思	<ol style="list-style-type: none"> 1. 先用水果電池的製作短片吸引學生的興趣； 2. 再用日常中常見的電池讓學生明白化學與我們日常生活息息相關； 3. 用動畫讓學生瞭解電化電池的組成； 4. 通過舉例、分類及總結讓學生掌握陰陽反應的書寫。
教學目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 瞭解電化電池的組成 2. 學會判別電化電池中陰陽極與外電源正負極 3. 學會書寫陽極反應，陰極反應及全反應
教學資源	電腦、投影機、實驗短片、相關講義、工作紙

【教學活動】

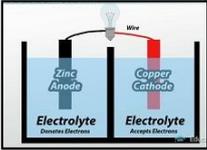
活動設計	教學資源	時間分配	教學評量
<p>[引入] 播放 “水果電池” 短片，吸引學生對此課題的興趣。</p> <p>[介紹] 生活中的常見電池</p> <div data-bbox="240 551 887 913"> <p>人們每日製造並消耗許多的電池，例如： 手機、數位相機與電子辭典中的鋰電池，</p>  </div> <div data-bbox="240 976 903 1350"> <p>汽車內的鉛蓄電池</p>  </div> <div data-bbox="240 1408 903 1783"> <p>鐘錶、玩具、遙控器裡的乾電池、鈕扣電池等</p>  </div> <p>[提問] 何謂電化電池？ 1. 定義：利用化學反應將化學能轉變成電能的裝置稱為電化電池。</p>	<p>互聯網</p> <p>Ppt</p> <p>ppt</p>	<p>5min</p> <p>3min</p> <p>5min</p>	

2. 電化電池的結構

電化電池的結構

電極：

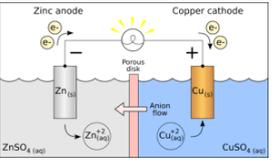
- (1)陽極：又稱**負(-)**極
 ⇒發生**氧化**半反應的電極
 ⇒電子由此釋出
- (2)陰極：又稱**正(+)**極
 ⇒發生**還原**半反應的電極
 ⇒電子由此流入



[提問] 電化電池的電流是如何產生的？你會區分電流和電子流嗎？

電流和電子流

- **電流：**任何**正電荷**的流動就是電流。國際通用的電流是指**正電荷**由**正極**向**負極**方向的流動。
- **電子流：****電子**在電路中由**負極**向**正極**方向的流動，其方向與電流方向**相反**。



[提問] 電化電池的是如何運作的？(以已學的置換反應為基礎，逐步加入電化電池的原理)

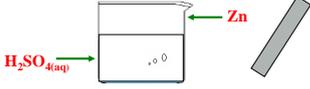
- 用 ppt 動畫演示實驗過程。

電化電池原理

將磨亮的鋅片放入1M硫酸溶液中

氧化半反應： $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ (鋅片逐漸溶解)

還原半反應： $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ (有氣體出現)



全反應： $\text{Zn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$

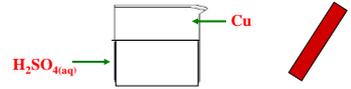
ppt

7min

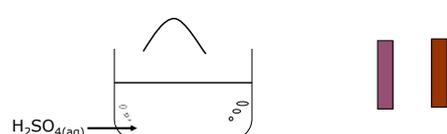
學生瞭解電化電池產生電流的原理。

電化電池的原理

將磨亮的銅片放入1M硫酸溶液中
 有無氣體產生？ 溶液的顏色有無變化？
 有無反應發生？



何者表面會出現氣泡？
 用導線連接後，會有什麼現象？
 溶液顏色有否變化？



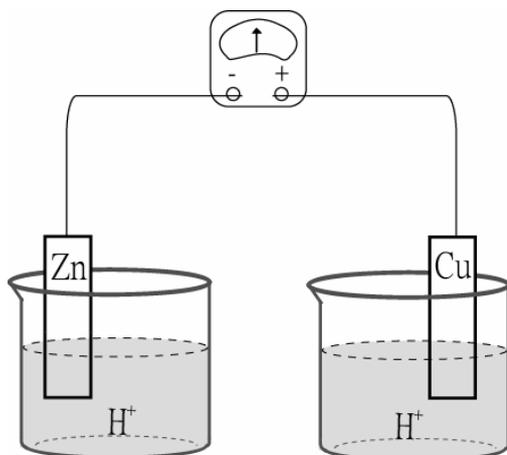
- [學生討論]
1. 為何在銅片上有氫氣泡出現？
 2. 有無氧化還原發生？離子方程式為何？

學生討論後得出答案，老師總結：

討論：

- 為何在銅片上有氫氣泡出現？
- 因為電子經導線流到銅片表面，而溶液中的氫離子得到電子，產成氫氣。
- 有無氧化還原發生？離子方程式為何？
- 有， $Zn + 2 H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2 \uparrow$

[提問] 如果把電極分別放在兩杯稀硫酸溶液中，會有電流產生嗎？

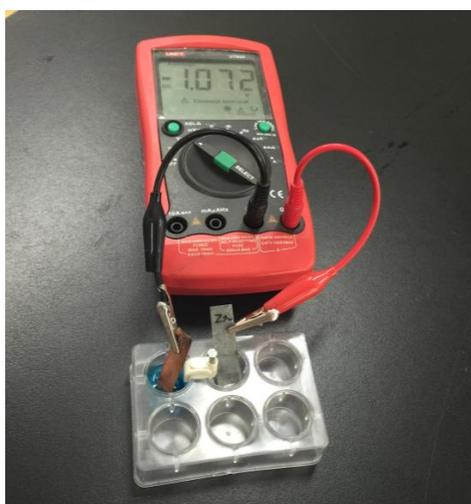


學生思考並嘗試作答，老師展示實驗圖片。



[思考] 為何這樣沒有電流產生呢？缺少了什麼？

再看一下另一幅實驗圖：



ppt

10min

學生知道兩個裝置的差別

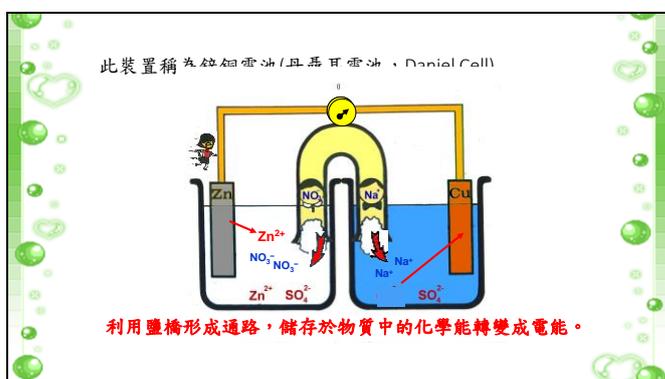
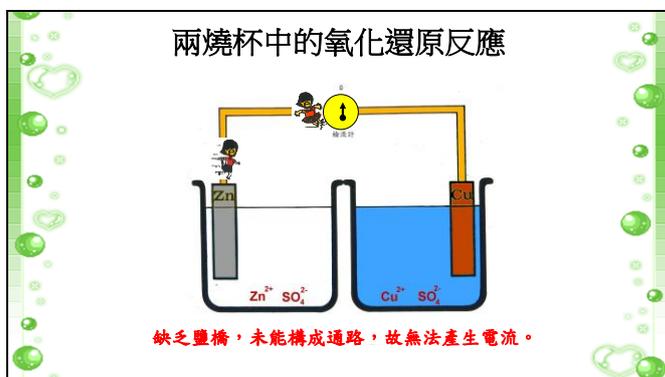
[追問並引發思考] 這兩個裝置有什麼差別？

[學生回答] 第二幅圖兩個孔穴中間多了一個白色的裝置。

[老師繼續提出問題] 那你們知道中間那個白色裝置是什麼嗎？它有何作用？

[回答] 中間那個裝置稱為「鹽橋」，它是用來溝通電路的，而關於鹽橋的詳細介紹下一節課再講。

展示 ppt：



[總結] 電化電池中應有：

- (1) 電解質溶液(內部導電物質)
- (2) 電極(兩種不同的金屬或金屬氧化物)
(分活性電極和惰性電極)
- (3) 鹽橋
- (4) 金屬導線

學生可以總結出電化電池的組成

[講述] 現在我們一起來學習如何區分電池的陰、陽極以及其反應。

[黑板] 電池的兩極：

1. 陽極：電子流出，發生氧化反應，為負極
2. 陰極：電子流入，發生還原反應，為正極

再一起看看，兩極發生何反應？

板書
ppt

10min

學生能夠判別陰、陽極及可寫出兩極反應。

鋅銅電池—原理

❖ 鋅銅電池：利用鋅和銅兩種不同的金屬、電解質溶液及鹽橋製成的化學電池。

∵ 鋅的活性 > 銅的活性
∴ 鋅較銅易失去電子

鋅：失去電子 ⇒ 陽極
銅：得到電子 ⇒ 陰極

鋅銅電池—原理

❖ 陽極反應：鋅片放出電子而解離出鋅離子(Zn^{2+})

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$$

❖ 陰極反應：硫酸銅溶液中的 Cu^{2+} 移向銅片得到電子而析出銅。

$$Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$$

❖ 總反應：

負極： $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$

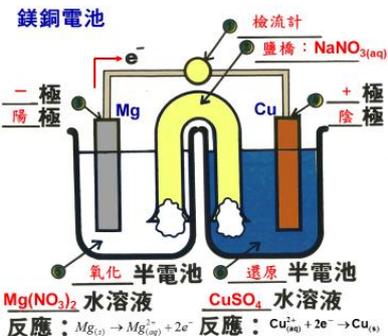
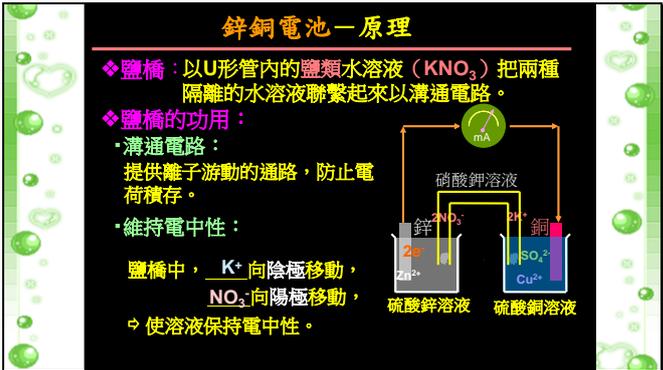
正極： $Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$

$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$$

硫酸鋅溶液顏色不變
硫酸銅溶液顏色變淡

第八節：電化電池—鹽橋和電池圖	
時間	40 分鐘
教學對象及人數	高二年級，52 人
教學重點	1. 鹽橋的組成及作用 2. 電池圖的畫法
教學難點	如何準確書出 IUPAC 電池圖
設計構思	1. 用 PPT 介紹鹽橋的組成及功能 2. 先用 PPT 說明書寫 IUPAC 電池圖的規則及技巧，再通過練習講解不同類型電池的電池圖畫法。
教學目標	1.明白鹽橋的功能以及學會選取正確的鹽橋； 2.學會畫出 IUPAC 電池圖。
教學資源	電腦、投影機、相關講義

【教學過程】

活動設計	教學資源	時間分配	教學評量
<p>[複習] 以下為鎂銅電池，請講出其陽極、陰極及其反應。</p>  <p>反應：$Mg_{(s)} \rightarrow Mg_{(aq)}^{2+} + 2e^{-}$ 反應：$Cu_{(aq)}^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu_{(s)}$</p>	PPT	5min	學生可以回答老師的問題。
<p>[引入] 上一節課提及「鹽橋」這個裝置，那麼這一節課我們來學習一下其功能。</p> <p>[講解] 鹽橋</p> <ol style="list-style-type: none"> 組成：不與電池液反應的強電解質鹽類飽和溶液 例如：KNO₃ 溶液、NaNO₃ 溶液、NH₄NO₃ 溶液等。 功用：藉離子移動形成導電現象、維持溶液之電中性及避免兩溶液混合。 	ppt	10min	學生明白鹽橋的組成及功能。
 <p>鋅銅電池—原理</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆鹽橋：以U形管內的鹽類水溶液 (KNO₃) 把兩種隔離的水溶液聯繫起來以溝通電路。 ◆鹽橋的功用： <ul style="list-style-type: none"> 溝通電路：提供離子游動的通路，防止電荷積存。 維持電中性： <ul style="list-style-type: none"> 鹽橋中，K^{+} 向陰極移動，NO_3^{-} 向陽極移動，\rightarrow 使溶液保持電中性。 			

[講述] 接下來，我們來學習如何畫 IUPAC 電池圖。

PPT

15min

學生可以寫出簡單的電池圖。

電池圖的表示法：

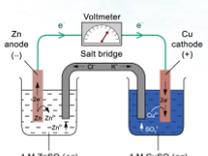
陽極 | 陽極溶液 || 陰極溶液 | 陰極

單垂線：表示相的界面，界面間存在電位差。

雙垂線：表示鹽橋，鹽橋中的電解質離子不起任何化學反應。

電池的表示方法：(IUPAC電池圖)

- 氧化半電池(負)在左，
- 還原半電池(正)在右。



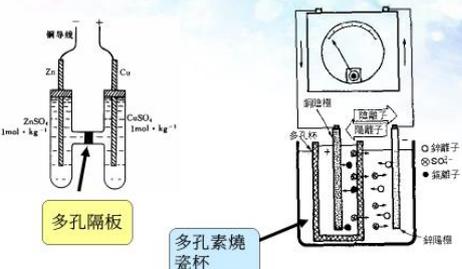
The diagram shows a Daniell cell. On the left is the Zn anode (-) in a 1 M ZnSO₄(aq) solution. On the right is the Cu cathode (+) in a 1 M CuSO₄(aq) solution. A salt bridge connects the two solutions. A voltmeter is connected between the two electrodes, showing a positive reading. Electrons (e⁻) flow from the Zn anode to the Cu cathode.

電池圖

- 表示法：
陽極 | 陽極溶液 || 陰極溶液 | 陰極
- 單垂線：表示相的界面，界面間存在電位差。
- 雙垂線：表示鹽橋，鹽橋中的電解質離子不起任何化學反應。
-  表示多孔素燒瓷杯
-  表示多孔隔板

[講述] 除了鹽橋，還可以用：

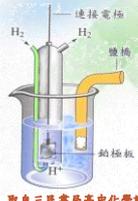
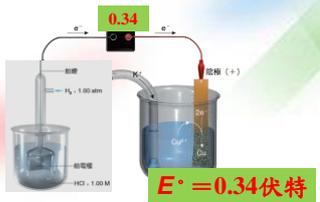
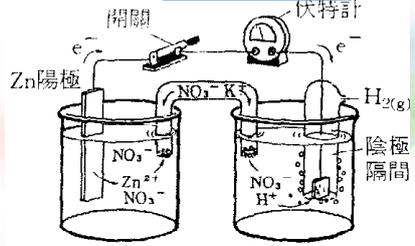
亦可使用：



The diagram shows two alternative designs for a Daniell cell. The left design uses a porous ceramic cup (多孔素燒瓷杯) to hold the Zn electrode in ZnSO₄ (1mol · kg⁻¹) and the Cu electrode in CuSO₄ (1mol · kg⁻¹). The right design uses a porous partition (多孔隔板) to separate the two solutions. A voltmeter is connected between the electrodes. A legend indicates: ○ 銅離子 (copper ions), ⊙ SO₄²⁻ (sulfate ions), ● 鎘離子 (cadmium ions).

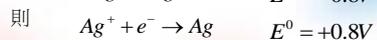
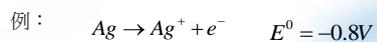
<p>IUPAC 電池圖的書寫規則：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 半電池的反應物先寫，生成物後寫，兩物質之間有界面者用 隔開。 2. 若在同一溶液相中用 「,」 逗號隔開。 3. 若有多種反應物或生成物時，寫在 [] 內。 4. 電極物質寫在首尾兩端。若電極物質同時為反應物或生成物，不須重寫。若另用惰性電極，則須另寫出來。 5. 物質應注明狀態，電解質溶液應注明濃度，氣體物質應注明氣壓。 	<p>ppt</p>	<p>10min</p>	<p>學生瞭解書寫規則並會畫出簡單的電池圖。</p>
<p>PPT</p> <div data-bbox="239 772 901 1142"> <p style="text-align: center;">電池圖書寫規則：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 半電池的反應物先寫，生成物後寫，兩物質之間有界面者用 隔開。 • 若在同一溶液相中用 「,」 逗號隔開。 • 若有多種反應物或生成物時，寫在 [] 內。 • 電極物質寫在首尾兩端。若電極物質同時為反應物或生成物，不須重寫。若另用惰性電極，則須另寫出來。 • 物質應注明狀態，電解質溶液應注明濃度，氣體物質應注明氣壓。 </div>			
<p>例子：</p> <div data-bbox="239 1254 901 1635"> <p>例如：(1) 鋅-銅電池可用 $Zn_{(s)} Zn^{2+}_{(aq)} Cu^{2+}_{(aq)} Cu_{(s)}$ 表示</p> <p>(2) 標準氫電極與一銅片浸於 $1.0M CuSO_4(aq)$ 所構成的電池</p> $Pt H_2(1atm.g) H^+_{(aq)} Cu^{2+}_{(1M.aq)} Cu_{(s)}$ </div>			

第九、十節：電池電位的計算	
時間	80 分鐘
教學對象及人數	高二年級，52 人
教學重點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 氧化電位和還原電位的定義及區分 2. 電池電位的計算 3. 電池電位的運用
教學難點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如何區分氧化電位和還原電位 2. 如何利用電池電位比較氧化劑、還原劑的強弱。
設計構思	運用比較法讓學生區分氧化電位和還原電位，然後利用圖示幫助學生完成電化電位的運算。
教學目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學會區分氧化電位和還原電位； 2. 學會利用電化電位比較性質強弱。
教學資源	電腦、投影機、相關講義

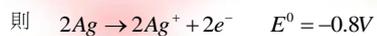
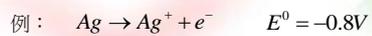
<p>標準氫電極 _ (standard hydrogen electrode , 簡稱 SHE)</p> <p>標準電極電動勢是以氫電極作一參考標準</p> <p>標準氫電極的標準條件是:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 電極的溫度: 298 K (25°C) 2. 氫氣的壓力: 1 atm 3. 水合氫離子的濃度: 1M (or 1 mol dm⁻³) 4. 鍍上鉛黑的鉑電極 			
<p>電池電位的測定(觀看「電池電位測定」短片) 請看 ppt 總結:</p> <p>電極電位</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 待測半電池作為陰極，標準氫電極作為陽極，如下圖(將鋅半電池換成氫電極): ▶ 此電池測得之電動勢，即為該半電池之 還原電位。  <p>標準電極測定之實例</p> <p>氧化電位 $E^0 = 0.76V$ 還原電位 $E^0 = -0.76V$</p>  <p>$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ $2H_{(aq)}^+ + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$</p>	<p>短片 ppt</p>	<p>15min</p>	<p>學生知道電池電位如何得到</p>
<p>[提問] 電池電位有什麼特性?</p> <p>電池電位的特性:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 半反應逆寫時，其 E^0 值為等值異號 2. 半反應的係數 $\times n$ 倍時，其 E^0 值不變 	<p>ppt</p>	<p>10min</p>	<p>學生會處理半反應與電池電位的關係。</p>

半電池電位的特性

• 半反應逆寫時，其 E^0 值為等值異號。



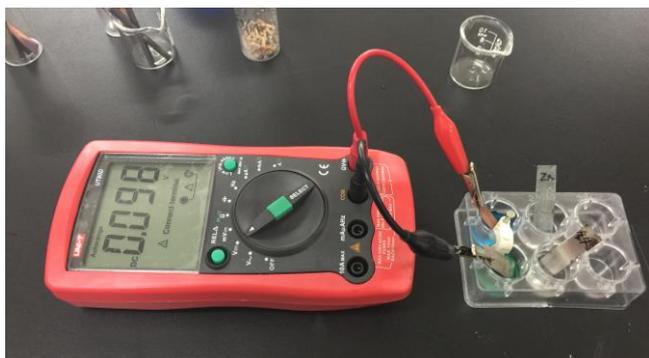
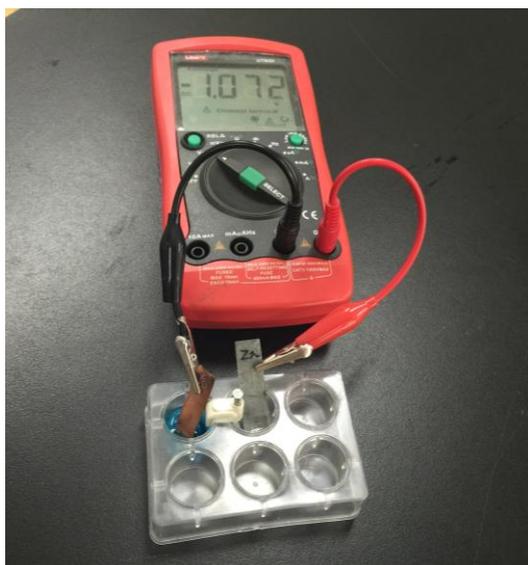
• 半反應的係數 $\times n$ 倍時，其 E^0 值不變。



[總結] 影響電池電壓的因素：與電極物種、溶液離子濃度、氣體物種分壓、溫度有關；與電極粗細、反應係數無關。

[講述] 接着，我們來學習半電池電位的運用。

1. 預測氧化劑、還原劑的強弱。



ppt

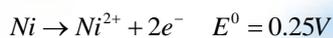
15min

學生學會判斷氧化劑(還原劑)的強弱。

如上圖所示，不同的半電池與 Cu-CuSO_{4(aq)} 半電池相聯，會得到不同的電池電位，根據電池電位的大小可以知道還原劑的還原性強弱。

例如：

比較下列物質還原性強弱：

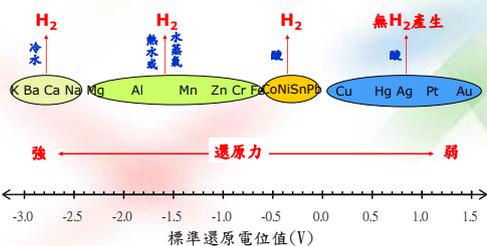


還原性：**Zn > Ni > Ag**

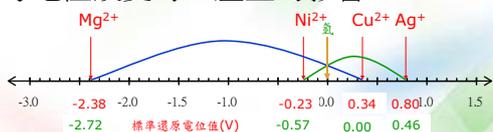
氧化性：**Zn²⁺ < Ni²⁺ < Ag⁺**

[總結] 氧化電位愈大者為愈強的還原劑；還原電位愈大者為愈強的氧化劑。

利用測出之標準還原電位值
比較不同金屬在水中的活性



參考電極改變時，產生的影響



鐵銅電池的標準電位差： $\Delta E^0 = 0.00\text{V} - (-2.72\text{V}) = 2.72\text{V}$
或 $\Delta E^0 = 2.72\text{V} - (-0.00\text{V}) = 2.72\text{V}$

銀銅電池的標準電位差： $\Delta E^0 = 0.46\text{V} - (-0.57\text{V}) = 1.03\text{V}$
或 $\Delta E^0 = 0.57\text{V} - (-0.23\text{V}) = 1.03\text{V}$

2. 預測氧化還原反應是否自然發生。

可以通過計算電池電動勢，然後預測。

計算電池的電動勢

$$E^{\circ}_{\text{電池}} = \text{陽極的 } E^{\circ}_{\text{氧化}} + \text{陰極的 } E^{\circ}_{\text{還原}}$$

計算電池的電動勢

➢ 鋅銅電池的標準電動勢 $E^{\circ}_{\text{電池}}$:

陽極 $\text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$	$E^{\circ}_{\text{氧化}} = 0.76$ 伏特
+ 陰極 $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$	$E^{\circ}_{\text{還原}} = 0.34$ 伏特
全反應 $\text{Zn}_{(s)} + \text{Cu}^{2+}_{(aq)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{Cu}_{(s)}$	$E^{\circ}_{\text{電池}} = 1.10$ 伏特

➢ 鎳銀電池的標準電動勢 $E^{\circ}_{\text{電池}}$:

陽極 $\text{Ni}_{(s)} \rightarrow \text{Ni}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$	$E^{\circ}_{\text{氧化}} = 0.23$ 伏特
+ 陰極 $2 \times (\text{Ag}^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightarrow \text{Ag}_{(s)})$	$E^{\circ}_{\text{還原}} = 0.80$ 伏特
全反應 $\text{Ni}_{(s)} + 2\text{Ag}^{+}_{(aq)} \rightarrow \text{Ni}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Ag}_{(s)}$	$E^{\circ}_{\text{電池}} = 1.03$ 伏特

[總結] 若全反應之 $\Delta E^0 > 0$ ，則反應自然發生；若全反應之 $\Delta E^0 < 0$ ，則反應不能自然發生。

[練習] :1.下列各化合物水溶液，在其中分別加入鋅片，不起反應者為何?(附件四)

- (A) AgNO_3 (B) MgCl_2
 (C) FeSO_4 (D) CuSO_4

2.預測 $2\text{Au} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{Au}^{+3} + 6\text{Cl}^-$ 可否自發性產生?
 $(\text{Au}/\text{Au}^{+3} \quad E^0 = -1.42\text{V} \quad \text{Cl}_2/\text{Cl}^- \quad E^0 = 1.36\text{V})$

Ppt

15min

學生學會預測反應是否自然發生。

練習紙

10min

叁、試教評估

本單元教學大致能完成所訂立之目標。總括來說，有以下幾點特色：

1. 課堂多數使用多媒教學，不但可以提高課堂效率，而且可以增加課程的趣味性；
2. 由於這個單元內容理論較為繁多，學生較易感到枯燥，因此在教學的過程中加插了多個短片以吸引學生的興趣；
3. 本教案在一些較為重要的計算章節，提供了不同類型的練習，讓學生可以練習嫻熟，而且使其概念更為清晰；
4. 在此單元中設置了三個實驗：其中有一個(電池電位的測定)全部學生均要完成，我們採用了微量實驗，不單節約了藥品，而實驗效果良好；另外兩個實驗(氧化還原滴定和蔬果電池)由化學興趣小組同學完成，然後拍成短片與其他同學分享，可以節省教學時間，提高教學效率，而且培養了同學的資訊科技素養。

當然，亦存在一些不足之處，如個別同學基礎不太牢固，對於氧化還原反應的掌握不太理想，而出現了知識混淆的情況；也有一部份同學沒有獨自完成練習，因此對計算部份產生了恐懼心理。

肆、反思與建議

一、教學反思：

優點：

1. 課堂上採用不同形式(例如短片，圖片、投影片等)呈現教學內容，而且設置了提問、分組討論、影片分享等環節，讓同學不會感到枯燥乏味。
2. 課後加插不同類型的練習題，有利於學生進一步瞭解本單元的核心問題，深化知識，訓練解題能力，並幫助學生克服對計算的心理恐懼。
3. 設置探究性實驗，讓學生學以致用，發揮學生的擴散性思維，並且可以提高學生的動手能力和增進同學之間的合作性和感情。
4. 增加了兩個趣味性實驗，將化學融入生活中，不但提升了學生的學習興趣和動機，還培養了學生的資訊科技素養。

缺點：

1. 內容繁多，對於一部份學習能力較低的同學仍然出理了概念混淆，解題思維混亂的情況。
2. 由於部份內容程度較高，有部份同學出理了畏難情緒，而令其學習情緒低下，對學習缺乏興趣。
3. 實驗內容較多，再加上課時不足，有部份內容未能深入展開，以及沒有足夠時間與學生完成練習，以及講解習題。

二、改善建議：

新的課框將要實行，化學科課時將要削減，但如何可以做到「減時不減質」呢？這個問題我相信是現今老師都在思索的問題。現今科技發達，如果可以把現有的科技在教學生上運用恰當的話，我相信在教學上會事半功倍，例如：可以用「玩轉課堂」讓學生先自行預習；用「電子書」將所學內容更形象的呈現於學生面前，然後再運用「Powerlesson」中的測試功能去評量學生的掌握情況。我相信只要使用恰當，應該可以提升教學效率和學習效果。

另一方面，應該增力師生之間的互動，培養師生關係，只要師生關係良好，就會更易引發學生的學習興趣，才能更有效地幫助學生掌握學習的重點。

參考文獻

1. 科學 online <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=4949>
2. Graham Hill ,John Holman -- “Chemistry in context”
3. Google 圖片
4. 「化學探知」文達·名創教育
5. 「選修化學(上)」—陳忠義
6. 「電化電池」-- 陳素芬
7. 維基百科

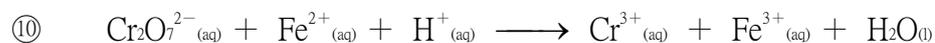
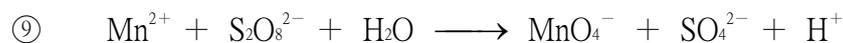
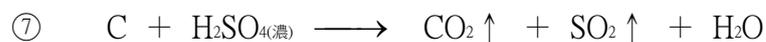
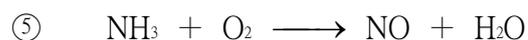
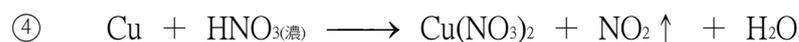
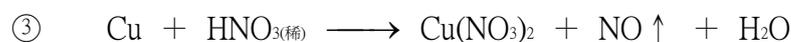
附件

[附件一]

高二化學練習紙一(平衡氧化還原反應—氧化數法)

班別：高二____班 姓名：_____ 學號：____號

用“氧化數法”平衡下列的氧化還原反應

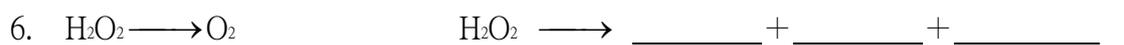
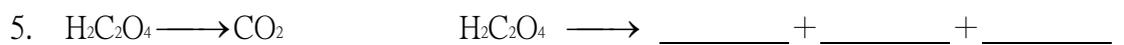
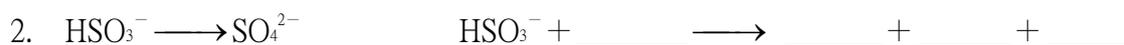
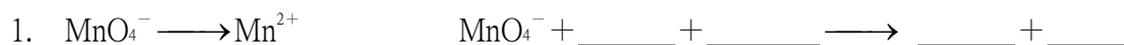


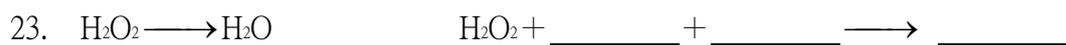
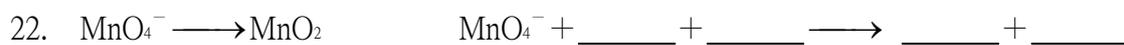
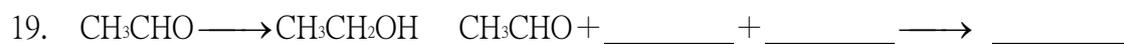
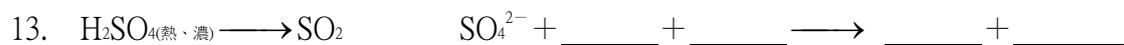
[附件二]

高二化學練習紙二(平衡氧化還原反應—半反應法)

班別：高二____班 姓名：_____ 學號：____號

寫出下列變化的氧化半反應式/還原半反應式：





[附件三]

常見還原劑和氧化劑的共軛生成物及半反應

還原劑	共軛生成物	半反應式
H ₂ S	S	$H_2S \rightarrow S + 2H^+ + 2e^-$
SO ₂	SO ₄ ²⁻	$SO_2 + 2H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-$
SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	$SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^-$
Fe ²⁺	Fe ³⁺	$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$
Sn ²⁺	Sn ⁴⁺	$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$
C ₂ O ₄ ²⁻	CO ₂	$C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2e^-$
HCOOH	CO ₂	$HCOOH \rightarrow CO_2 + 2H^+ + 2e^-$
H ₂ O ₂	O ₂	$H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-$
S ₂ O ₃ ²⁻ (與作用)	S ₄ O ₆ ²⁻	$2S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2e^-$
S ₂ O ₃ ²⁻ (與其它氧化劑)	SO ₄ ²⁻	$S_2O_3^{2-} + 5H_2O \rightarrow 2SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^-$
NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	$NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e^-$
X ⁻	X ₂	$2X^- \rightarrow X_2 + 2e^-$
CO	CO ₂	$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + 2H^+ + 2e^-$

氧化劑	共軛生成物	半反應式
MnO ₂	Mn ²⁺	$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
KMnO ₄ 酸性液中	Mn ²⁺	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
KMnO ₄ 中性，弱鹼	MnO ₂	$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
KMnO ₄ 強鹼	MnO ₄ ²⁻	$\text{MnO}_4^- + \text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$
H ₂ SO ₄ (濃)	SO ₂	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
HNO ₃ (濃)	NO ₂	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
HNO ₃ (稀)	NO	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$
K ₂ Cr ₂ O ₇	Cr ³⁺	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$
H ₂ O ₂	H ₂ O	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
Fe ³⁺	Fe ²⁺	$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
Ce ⁴⁺	Ce ²⁺	$\text{Ce}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ce}^{2+}$
X ₂	X ⁻	$\text{X}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{X}^-$

[附件四]

高二級化學練習紙(氧化還原滴定)

(原子量：H—1 O—16 Na—23 S—32 K—39 Cr—52 Mn—55 Fe—56)

1. 在稀酸性溶液中，欲使 2 g 的 FeSO_4 氧化，試計算所需 0.05 M KMnO_4 的體積。

2. 取某過氧化氫的水溶液 10 mL，以水稀釋至 100 mL 後，取其 10.0 mL 滴入稀硫酸數滴，再用 0.0128 M KMnO_4 溶液對它進行滴定时，消耗 KMnO_4 溶液 30.7 mL，試計算：(1) 原過氧化氫水溶液的摩爾濃度。

(2) 設原過氧化氫水溶液之比重為 1.01，計算過氧化氫原溶液之重量百分比濃度(ω)。

3. 求下列還原劑之當量：

① $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 與 KMnO_4 之酸性溶液作用。

② FeSO_4 與 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 之酸性溶液作用。

③ H_2O_2 與酸性 KMnO_4 作用。

4. 將鑄鐵 3.00 g 溶於稀硫酸中成 FeSO_4 溶液 200 mL，取出 25 mL 用 0.04M KMnO_4 對它進行滴定，需 KMnO_4 溶液 32.0 mL，試計算此鑄鐵中的含鐵量(%)。

[附件五]

高二級化學練習紙(電化電池)

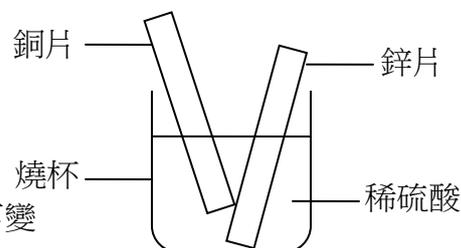
班別：高二____班

姓名：_____

學號：_____號

(原子量：Cu—64 Zn—65 Ag—108)

1. 如右圖所示，把一塊銅片和一塊鋅片放入盛有稀硫酸的燒杯中。這兩片金屬互相接觸，下列觀察結果中正確的是 ()



- A. 燒杯中的溶液變為藍色 B. 鋅片的質量保持不變
C. 在燒杯中有白色沉澱生成 D. 在銅片表面有氣泡產生

2. 對 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 進行電解時，使用碳電極，會出現的情況是 ()

- A. 陰極溶解 B. 溶液的 pH 值下降
C. 產生氫氣 D. 溶液中的 Cu^{2+} 濃度增加

3. 某原電池的總反應方程式為： $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} \longrightarrow 3\text{Fe}^{2+}$ ，不能實現該反應的原電池為 ()

- A. 正極為 Cu，負極為 Fe，電解質溶液為 FeCl_3
B. 正極為 Fe，負極為 Zn，電解質溶液為 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
C. 正極為 C，負極為 Fe，電解質溶液為 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
D. 正極為 Ag，負極為 Fe，電解質溶液為 CuSO_4

4. 把鐵釘與碳棒用導線連接後，浸入的 0.1 mol/L 的 $\text{NaCl}(\text{aq})$ 中，兩極發生的變化是 ()

- A. 碳棒上有氫氣放出 B. 鐵釘上有氫氣放出
C. 碳棒上有氯氣放出 D. 鐵釘被氧化發生腐蝕

5. 電解 CuSO_4 溶液時，若在陰極上析出 1.6 g Cu ，則在陽極所產生的氣體的物質的量是 ()

- A. 0.025 mol B. 0.0125 mol C. 0.050 mol D. 0.00625 mol

6. 做電解水的實驗時，為了加快電解速度，可以在水中加入的電解質是 ()

- A. NaCl B. KOH C. H_2SO_4 D. HCl

7. 用鉑作電極，電解一定濃度的下列物質的水溶液，電解結束後，向剩餘電解質溶液中加入適量的水，能使電解質溶液回復到電解前的狀況的是 ()

- A. AgNO_3 B. H_2SO_4 C. NaOH D. NaCl

8. 有一微型電池，其電極分別是 Zn 和 Ag_2O ，電解質是 KOH 溶液，該電池的電極反應式為： $\text{Zn} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{ZnO} + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O}$



在此電池中：① Zn 為_____極， Ag_2O 為_____極；

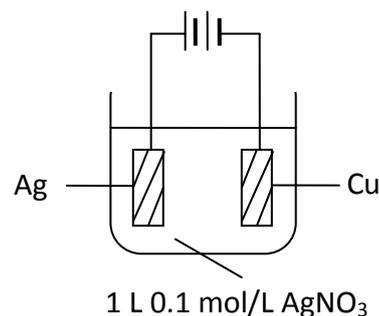
② 放電時，正極附近溶液的 pH 值_____，負極附近溶液的 pH 值_____。

9. 金屬 A 不純，混有金屬 C，發生腐蝕時，A 先腐蝕。將 A 與金屬 B 組成原電池時，A 為電池的正極，A、B、C 三種金屬的活動性順序為（ ）

- A. $\text{A} > \text{C} > \text{B}$ B. $\text{A} > \text{B} > \text{C}$ C. $\text{B} > \text{A} > \text{C}$ D. $\text{B} > \text{C} > \text{A}$

10. 如右圖所示進行電解，當陰極質量增加 2.16 g 時，下列說法正確的是（ ）

- A. 溶液的濃度變為 0.08 mol/L
 B. 陽極產生 112 mL O_2 (標準狀況)
 C. 有 1.204×10^{22} 個電子轉移
 D. 反應中有 0.02 mol 物質被氧化



11. 用石墨作電極電解下列物質的水溶液時，在陰極上會有金屬析出的是（ ）

- A. Na_2SO_4 B. AgNO_3 C. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ D. MgCl_2

12. 用石墨作電極電解 1 mol/L 下列物質的水溶液，溶液的 pH 值保持不變的是（ ）

- A. HCl B. NaOH C. Na_2SO_4 D. NaCl

13. 用石墨作電極電解下列物質的水溶液時，陰、陽兩極均產生氣體，體積比為 2 : 1，且電解後溶液的 pH 值增大的是（ ）

- A. KCl B. NaOH C. KNO_3 D. H_2SO_4

14. 在鉛蓄電池放電的過程中，下列說法正確的是（ ）

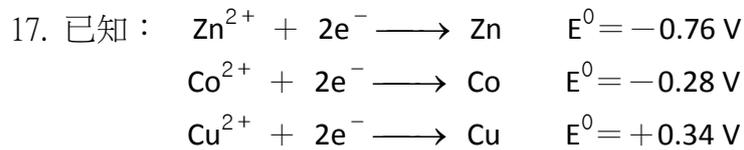
- A. PbO_2 之量增加 B. Pb^{2+} 被氧化為 Pb^{4+}
 C. SO_4^{2-} 同時向陰極及陽極移動 D. H_2O 和 H_2SO_4 的量都減少

15. 現有 500 mL 食鹽水，其中含少量 NaOH，該溶液的 pH 值等於 10，用石墨電極進行電解，當陰極產生 5.60 L H_2 (標準狀況)時停止電解。試計算：

- ① 在陽極產生氯氣的體積(標準狀況)。
 ② 電解後溶液的 pH 值。

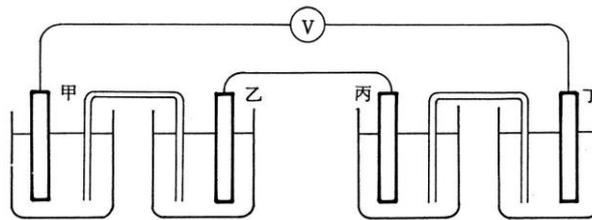
16. 鋅片、銅片連接後浸入稀 H_2SO_4 中構成的原電池，工作一段時間後，發現鋅片的質量減少了 3.25 g。試計算：

- ① 銅片表面析出氫氣的體積(標準狀況)。
- ② 所產生的電量相當於多少庫侖？



今有四個半電池(其離子濃度均為 1 M, H_2 的壓力為 1 atm)，以下圖方式連接，圖中 U 形管為鹽橋。下列組合中，能產生最大電位差的是 ()

- A. 甲為 $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+}$ 、乙為 $\text{H}_2 | \text{H}^+$ 、丙為 $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+}$ 、丁為 $\text{Co} | \text{Co}^{2+}$
- B. 甲為 $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+}$ 、乙為 $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+}$ 、丙為 $\text{H}_2 | \text{H}^+$ 、丁為 $\text{Co} | \text{Co}^{2+}$
- C. 甲為 $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+}$ 、乙為 $\text{Co} | \text{Co}^{2+}$ 、丙為 $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+}$ 、丁為 $\text{H}_2 | \text{H}^+$
- D. 甲為 $\text{Zn} | \text{Zn}^{2+}$ 、乙為 $\text{H}_2 | \text{H}^+$ 、丙為 $\text{Co} | \text{Co}^{2+}$ 、丁為 $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+}$



[附件六]

高二化學實驗(三) ()班 姓名() 學號()

電化電池實驗

一. 實驗目的：

1. 利用氧化還還的概念了解電池之原理，並了解各種氧化劑及還原劑的相對強度。
2. 比較電池的順接及反接之電壓關係。

二. 實驗原理：

1. 電池：利用化學變化產生電能的裝置。
2. 電池 {
 - 陰極：獲得電子，發生還原反應，故應注意電解液。
 - 陽極：放出電子，發生氧化反應，故應注意電極棒是否活性電極。
 - 電解液：強電解質之鹽類的水溶液。
3. 電流與電極 {
 - 導線：考慮電子之得失
 - 溶液：考慮離子之異性相吸

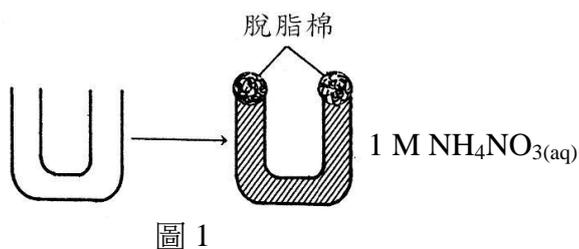
三. 實驗器材：

儀器：六孔井穴板 2 個、濾紙、電線 3 條、燒杯、伏特計、U 型管 2 個

藥品： $ZnSO_4(aq)$ (1 M)、 $CuSO_4(aq)$ (1 M)、 $NiSO_4(aq)$ (1 M)、 $AgNO_3(aq)$ (1 M)、 $NH_4NO_3(aq)$ (1 M)、 $Na_2S(aq)$ (1 M)、鋅片、銅片、鎳片、碳棒、脫脂棉

四. 實驗步驟：

1. 鹽橋的製備：共製 2 個 (如圖 1 所示)



2. 半電池的製備：(如圖 2 所示)

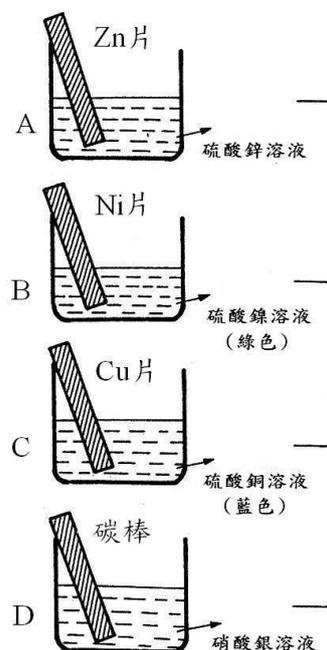


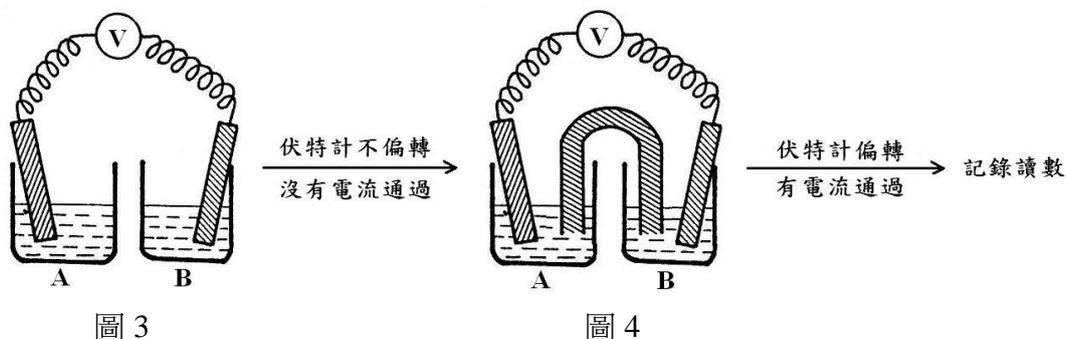
圖 2

3. 組成電化電池：(如圖 3 所示)

因為沒有放鹽橋，所以沒有電流通過。

加上鹽橋(如圖 4 所示)，有電流通過，

記錄讀數。



4. 記錄讀數：(分別按下表要求組成各組電池)

電池	電壓	電池	電壓	電池	電壓
A-B	V	A-C	V	A-D	V
B-C	V	B-D	V	C-D	V

五. 實驗結果：

- 各組電池的電壓：總共有____組電池，由於電池中有內電阻的存在，故所測電池的電壓皆比理論值低。

反應方程式	正極	負極	e.m.f.值	實測電位差
$Zn + Ni^{2+} \longrightarrow$			V	V
$Zn + Cu^{2+} \longrightarrow$			V	V
$Zn + Ag^+ \longrightarrow$			V	V
$Ni + Cu^{2+} \longrightarrow$			V	V
$Ni + Ag^+ \longrightarrow$			V	V
$Cu + Ag^+ \longrightarrow$			V	V

六. 問題討論：

1. 鹽橋是否可用其它鹽類？

2. 脫脂棉為什麼用 $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})(1 \text{ M})$ 浸濕，再塞入 U 型管的兩端？是否可用蒸餾水代替？

3. 未裝鹽橋時，伏特計指針有否偏轉？為什麼？

4. 裝了鹽橋時，伏特計指針有否偏轉？為什麼？ ；

[附件七]

蔬果電池實驗

現許多蔬果，肉類甚至於甜點中，都會產生強弱不同的電流，因它們含有酸性或鹼性溶液，會釋放出電子，沿著導體流動。從實驗中我們發現蔬菜水果是較佳的導體，其中又以水果類中的酸性水果更優。

實驗步驟：

1. 先用紙巾將蔬果表面抹乾淨；
2. 用砂紙試擦金屬片；
3. 用小刀將蔬果切一開口，約1CM深；
4. 插入兩塊金屬片，並用導線接上正負極；
5. 讀數並記錄。

實驗一：不同水果的電壓變化

水果種類	檸檬	奇異果	番薯	番茄
電壓大小				

實驗二：不同正負極的電壓影響

電極	Zn - Cu	Mg - Cu	Fe - Cu	Zn - 石墨
電壓大小				

(每組選一組水果)

[附件八]

氧化还原滴定實驗 --- 維他命 C 的測定

組別：_____ 姓名：_____ 學號：_____

- [實驗目的]： 1. 掌握如何配制一定濃度的溶液；
2. 掌握滴定的原理及技巧。

[實驗原理] 碘分子則會與維他命 C 反應後還原為碘離子，因此可以用碘溶液當做標定液，並用澱粉當做指示劑來測定維他命 C 的含量。當碘溶液剛開始滴入到維他命 C 溶液中時，因為維他命 C 將碘溶液中的碘分子還原為碘離子，所以溶液雖會有藍色出現但很快會消失，而直到滴定終點，當維他命 C 已耗盡，則碘分子與澱粉液產生藍色且維持 30 秒不褪色。由此滴定結果可進一步推算出檸檬中維他命 C 的含量。

[實驗步驟]

1. 精秤維他命 C 的重量，以去離子水溶解，並定量至 100 mL。
2. 以 50 mL 的量筒量取上述溶液 25 mL 於錐形瓶中，並加入 1mL 0.5% 澱粉溶液。
3. 先用蒸餾水潤洗溶定管兩次，再少量碘液潤洗一次。
4. 把碘液裝入滴定管中，記下體積，待用。
5. 用碘溶液滴定至終點（至藍色維持 30 秒不褪色，即達滴定終點），記下剩下的體積。
6. 再重覆滴定一次，求 2 次滴定維他命 C 之平均值。

[實驗記錄]

1. 維他命所消耗碘液的體積：

第一次		第二次		平均值
起始體積	最終體積	起始體積	最終體積	
用碘量：		用碘量：		

2. 檸檬所消耗碘液的體積：

第一次		第二次		平均值
起始體積	最終體積	起始體積	最終體積	
用碘量：		用碘量：		

3. 一個檸檬相當於多少顆維他命？

[思考]

1. 在這個實驗中，哪個物質是氧化劑？哪個物質是還原劑？

2. 在實驗操作的過程中，哪些地方容易引起誤差？
