

物理科序文

國中物理教材中，有一些比較抽象的概念，同學們在學習時不易接受，難以瞭解，感覺困難。有時雖明白了概念的意義，但不會應用，不能推廣，不知如何用以解決問題。甚至有時產生了錯誤概念和迷思概念。使老師倍感教學不易，得花費更多的時間和力量才能完成教學。

本報告就國中理化課本第二冊第十章有關力和力矩部分，由三位老師提出教案，報導其教學目標、教材內容、以及如何將此內容介紹出來。其中除老師講解部分外，相當注重師生互動的活動。讓同學們即時做一些練習，一方面使同學們自己動動腦筋，將剛學習到的概念在腦中回想一遍，加深印象，而更加領會。同時也透過練習學習如何應用概念解決問題。另一方面老師也可借此機會，評量同學們的學習成果，作為教學參考，判定本單元的教學是否已經圓滿完成，或仍需要加以補充。

畢竟學生們的學習能力、興趣、與需要並不相同，學習成就也會不一樣。老師們的教學法雖不相同，只要能達到教學目標的要求，所有的教學法應當都是好方法。

壹、「力和移動」的教材教法

範例一、台北市立明湖國民中學楊昭濂老師的教學

範例二、台北縣立中山國民中學龍慧真老師的教學

範例三、台北縣立新埔國民中學蔡夙珮老師的教學

單元名稱：10-2 力和移動

「力」是一個非常重要的物理量。日常生活中處處可見到力的作用。但因為力不是物體，看不見、摸不着。所以介紹「力」這個概念的時候，並不是十分容易的。一個靜止的物體受到一個力的作用時會發生移動現象。一個靜止的物體如受到二個或二個以上的力的作用時，可能會發生移動但也可能維持靜止不動。幾個力作用於一物體時，可用一個等效的力來代替一個力也可以分解成爲兩個等效的分力。下面是三個範例，看三位老師如何將「力」這個概念介紹給同學。

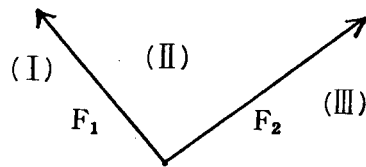
範例一、台北市立明湖國民中學楊昭濂老師的教學

流程

講述

老師活動

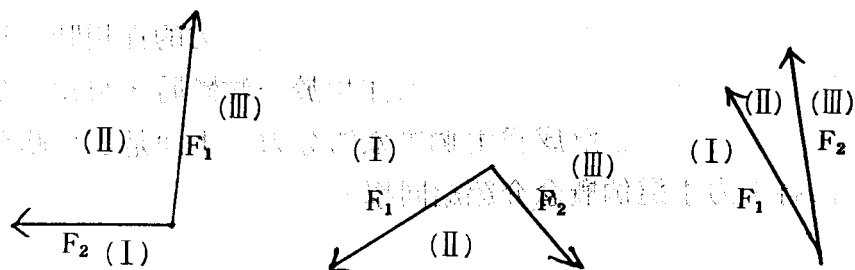
1. 力對物體的效應：
 - a. 產生形變
 - b. 改變運動狀態
2. 合力的定義及大致方向：
 - a. 數個力作用於同一個物體，所產生之效應，和某一力作用於此物體所產生的效果一樣時，則此力稱為前數個力的合力。而前數力稱此合力的分力。
 - b. 介紹兩力同向及反向時合力 F_R 之求法：
同向： $F_R =$ 兩力相加
反向： $F_R =$ 大力 - 小力
 - c. 使學生了解 F_R 之位置及大致方向：
 F_1 和 F_2 之 F_R 在 (II) 區，方向朝上。



練習

學生反應

1. 學生練習找出練習題中， F_R 之位置及方向



講述

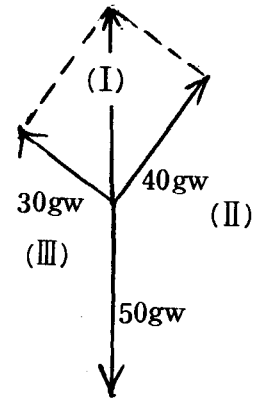
老師活動

3. 複習 2-6 之平衡概念：
 - a. 物體運動方向和受力方向相同。
 - b. 物體在靜止平衡、不動時，則所受兩力要 (i) 大小相等。

(ii) 方向相反。(iii) 作用於同一直線上。

4. 講解示範實驗：

- a. 了解平衡力之位置及方向
50gw 之砝碼靜止不動，表示在 (I) 區必有一大小和 50gw 一樣、方向相反、並且和 50gw 之力作用於同一直線上之平衡力。同理可推論 (II) 和 (III) 兩區的力。

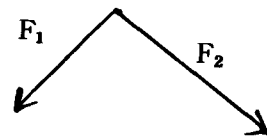
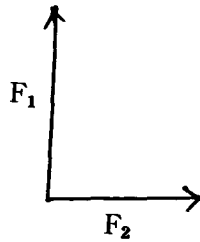
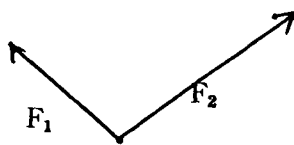


- b. 找出任兩力之 F_R 的區域位置：如 30gw 及 40gw 之 F_R 必在 (I) 區。
- c. 以 (I) 區為例：除了 30gw 及 40gw 的 F_R 存在外，無其它作用力，故可和砝碼重達平衡的必是 30gw 和 40gw 的 F_R 。可知此 F_R 之大小為 50gw、向上、和砝碼之 50gw 在同一直線上。
- d. 引導出 F_R 作圖法：平行四邊形法
將 30gw 及 40gw 和其 F_R 之箭頭部分相連，得平行四邊形。可知任兩力和其合力之箭頭可圍成平行四邊形。

練習

學生反應

2. 請數位同學上台畫出下列圖形之合力。



講述

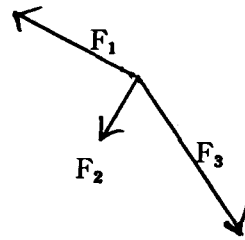
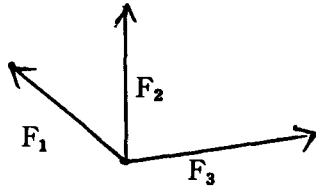
老師活動

5. 利用連續平行四邊形法求出兩個以上的力的 F_R 。

練習

學生反應

3. 同學做下列練習題：



講述

老師活動

6. 解釋三力平衡時三力間的關係：

- a. 任兩力之 F_R 必為第三力之平衡力。
- b. 三力可圍成一封閉之三角形。

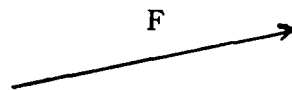
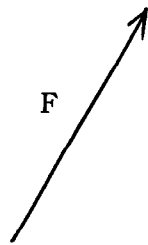
7. 力的分解

- a. 確定方向。
- b. 在指定方向上畫出兩條軸線。
- c. 從力的箭頭處畫兩軸線的平行線，和兩軸相交於兩點。
從共點至兩點之大小即為分力。

練習

學生反應

4. 同學做下列力之分解：水平和垂直方向



結束

範例二、台北縣立中山國民中學龍慧真老師的教學

教學目標：

1. 會利用箭號及長度表示力。
2. 會用四邊形法及三角法求合力。
3. 了解合力為零的意義及條件。
4. 知道二力間的角度及合力大小之間的關係。

教學活動：

老師：上一節我們提到可由形變和運動改變知道物體受力，那如何表示？

介紹力圖。（可移動，不能轉動）

老師：那如果有好幾個力作用在物體上，如何表示？若有二個人同時拉一個東西的情形，也可看做只有一個力拉著的相同效應，這個力就叫做合力。

如果有好幾個力同時存在，會使情形變複雜。所以利用合力代替最後的效果。

介紹合力畫法：

四邊形法（尾接尾，頭接頭）

三角形法（尾接頭）

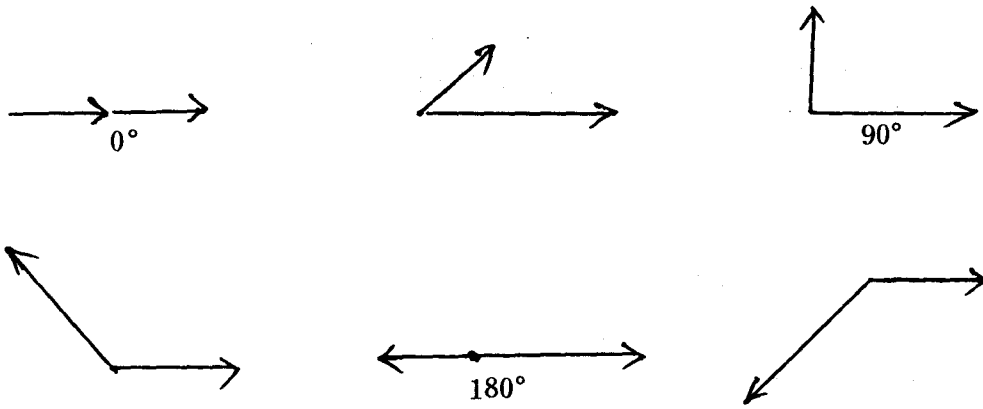
備註：先講四邊形法並練習，熟悉後再講三角形法。並證明結果相同。

學生活動：

一記憶二種畫法，並練習。

教學活動：

練習合力畫法，並歸納出合力與角度間之關係。



學生活動：

利用二種方法，試著畫出合力。

教學活動：

解釋：合力 = 0 時的運動狀態。

結束。

範例三、台北縣立新埔國民中學蔡夙珮老師的教學

教學目標：

1. 學生能夠說明合力和分力的關係。
2. 學生能夠判別兩個力及三個力合力的大小及方向。
3. 學生能夠例舉合力大小和移動的關係。
4. 學生能夠對一力作分解。
5. 學生能夠舉例說明三力平衡的情況及條件。

教學內容	教學情境	學生活動
引起動機	<p>恰巧學校將舉辦班際拔河比賽，利用此機會請學生思考拔河比賽時的要領。</p> <p>T：你覺得拔河比賽中，應注意那些要領，班上才容易獲勝？請同學們寫在紙上。</p> <p>引導學生討論所寫結果</p>	<p>學生利用 1 ~ 2 分鐘書寫在紙上</p> <p>可能結果：</p> <p>①大家拼命</p> <p>②大家均朝同一方向出力</p> <p>③姿勢盡量蹲低</p> <p>④.....</p>
介紹合力與分力	<p>簡單歸納出要領</p> <p>激發學生去思考為什麼？</p> <p>請學生先將課本 § 10-2 流覽一遍</p> <p>從拔河問題中給予合力和分力的概念，配合講義詳細定義合力和分力，完成 10-2，一合力與分力</p>	<p>流覽一遍課本 § 10-2</p>
學習求合力的方法	<p>簡介求合力的架構圖（板書）</p>	<p>配合老師完成講義</p> <p>做筆記</p> <p>配合老師回答回題</p>

教學內容	教學情境	學生活動										
<p>合力和移動的關係</p> <p>學生討論</p> <p>教學評量</p> <p>賞 罰</p> <p>學習求分力的方法</p>	<div style="text-align: center;"> <table border="0"> <tr> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;">求合力</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td>二個力</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td>同向 ①</td> </tr> <tr> <td></td> <td>反向 ②</td> </tr> <tr> <td>三個力</td> <td>非直線</td> <td>③</td> </tr> </table> </div> <p>④</p> <p>配合講義學習求合力的方法</p> <p>①二力相加，方向與二力同向</p> <p>②二力相減，方向與較大力同向</p> <p>③利用平行四邊形法求大小及方向</p> <p>④兩個力先求合力，所求合力再與第三力求合力</p> <p>帶領學生完成 10-2，三力的合成</p> <p>從拔河比賽的例子中引導學生想像合力愈大，移動效果愈明顯。</p> <p>T：物體是向合力的方向移動，對否？</p> <p>T：同學是否可以舉其它例子說明合力和移動的關係？</p> <p>開放 5 ~ 10 分鐘小組討論，有不懂老師個別指導</p> <p>事先準備好評量題目（如附件）</p> <p>討論評量題目</p> <p>依預訂的方式賞罰各人及小組</p> <p>已知對角線長度，並且指定二條鄰邊，請學生作圖（講義例 7）</p> <p>巡堂並且個別指導</p> <p>黑板講解</p>	求合力	{	二個力	{	同向 ①		反向 ②	三個力	非直線	③	<p>完成講義 10-2，三力的合成</p> <p>S：對：</p> <p>S：……</p> <p>依照事先分好的組別做小組討論或研讀</p> <p>接受評量</p> <p>把不清處的弄懂</p> <p>以尺利用技巧作圖</p>
求合力	{			二個力		{	同向 ①					
				反向 ②								
	三個力	非直線	③									

教學內容	教 學 情 境	學 生 活 動
	以講義例 7 為出發點，帶領學生完成 10-2， \vec{F} 力的分解	配合老師，完成講義
學生討論	開放 3~5 分鐘可以討論，有不懂老師個別指導	個人研讀或小聲討論
教學評量	事先準備好評量題目（如附件）	接受評量
探討力的平衡	配合講義引導學生學習，完成 10-2 \vec{F} 力的平衡	配合老師完成 10-2， \vec{F} 力的平衡
學生討論	開放 3~5 分鐘可以討論，有不懂老師個別指導	個人研讀或小聲討論
教學評量	事先準備好評量題目 檢討評量結果	接受評量
結 束		

附 講 義

10-2 力和移動

一、合力與分力

1. 意義：數個力同時作用於同一物體所生的效應，相當於一個力單獨作用時所產生之效應時，此力稱為前數個力的合力，前數個力稱為此合力的分力。

例 1：（兩力在同一條直線上）

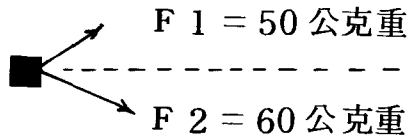
(a) 200 公斤重 ←———■————→ 300 公斤重

(b) ■————→ 100 公斤重

由上例 1，若(a)、(b)兩圖之力的作用效果相同時，則 100 kgw 為 200 kgw 和 300 kgw 的合力；200 kgw 和 300 kgw 為 100 kgw 的分力。

例 2：（兩力不在同一條直線上）

(a) 物體同時受兩力作用



(b) 物體僅受一力作用

■————→ F = 92 公克重

由上例 2，若(a)、(b)兩圖之力的作用效果相同時，則 F 為 F₁ 和 F₂ 的合力；F₁ 和 F₂ 為 F 的分力。

2. 力和移動：物體受數力作用時，沿合力的方向移動。（參考例 1、例 2）

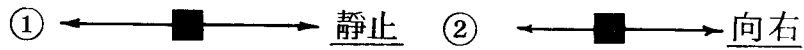
二、力的合成：

1. 兩個力沿著同一直線，以相反方向同時作用在同一靜止物體時：
 - (1) 若兩力大小相等時，則物體仍可保持靜止不動，合力為零。
 - (2) 若兩力大小不等，則物體往力量較大的一方移動，合力不為零。

☆① 若兩力作用於同一物體且方向相同時，則效果為兩力相加。

② 若兩力作用於同一物體且方向相反時，則效果為兩力相減。

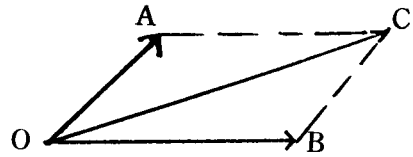
例 3：判別下列物體移動的方向：



2. 共點力：幾個力的作用線會相交於同一點時，這幾個力稱之。（如上例 3）

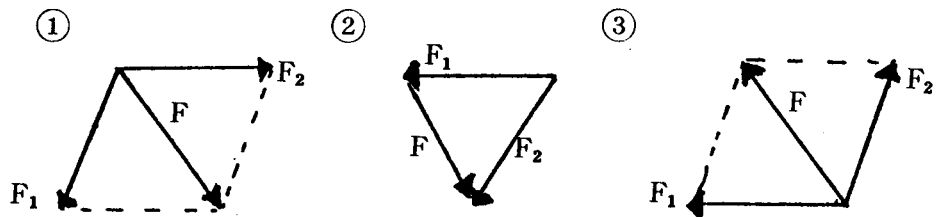
3. 兩個力不沿著同一直線作用時求合力的方法：

平行四邊形法：以兩共點力 \vec{OA} 、 \vec{OB} 為邊，作出一個平行四邊形，此作用點 O 的對角線 \vec{OC} 即為所求之合力。（如右圖）



例 4：下列各圖中，何者可用 F 代表

F_1 、 F_2 二力的合力？ ①, ③



4. 特殊角的合力：兩力分別為 F_1 及 F_2 ，合力為 F

① 兩力方向相同時，夾角 = 0° ，合力最大： $F = F_1 + F_2$

② 兩力方向相反時，夾角 = 180° ，合力最小： $F = |F_1 - F_2|$

③ 兩力方向互相垂直時，夾角 = 90° ，合力： $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

例 5：今有 3 公斤重與 4 公斤重的兩力同時作用於一點，則：

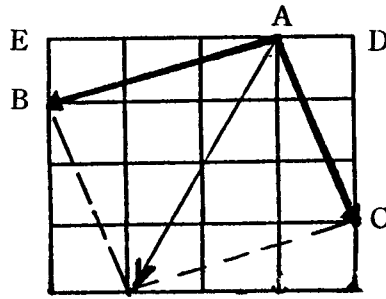
① 兩力方向相同時，合力大小為多少？ 7 kgw

② 兩力方向相反時，合力大小為多少？ 1 kgw

③ 兩力方向互相垂直時，合力大小為多少？ 5 kgw

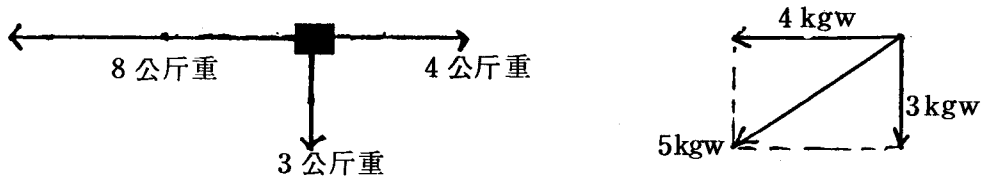
例 6：如下圖每一小方格的邊長代表 2 克重的力，則 AB 之力為 $2\sqrt{10}$ 克重； AC 之力為 $2\sqrt{10}$ 克重， AB 與 AC 兩力的

合力量值為 $4\sqrt{5}$ 克重。



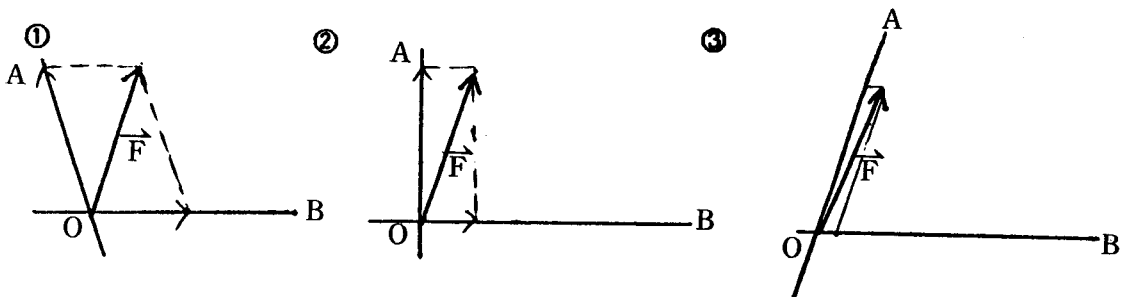
5. 三力以上求合力：利用兩力合成後，所得合力與第三力作力的合成，即可得總合力。

例 6：求下圖中方形物體所受的合力



三、力的分解：

例 7：試以 \vec{F} 力的大小為對角線，作一平行四邊形。（以 \vec{OA} 、 \vec{OB} 為邊）



1. 方法：

- ① 設定欲分解的方向 A、B
- ② 分別作 A、B 的平行線 C、D
- ③ C、D 與 A、B 分別交於 X、Y 兩點，則 \vec{OX} 、 \vec{OY} 即為分力。

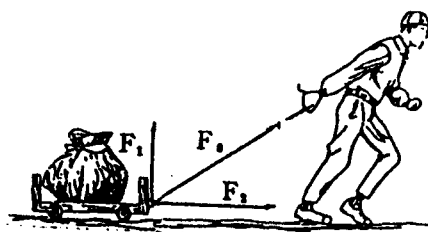
2. 一個力可分解成很多組分力，由例 7 可推知， \vec{F} 為固定力，可分解出無限多組分力。
3. 通常分解一力時，大部份分解為垂直分力和水平分力。（如例 7、②圖）
4. 一個力分解為兩個大小相等的分力時，若兩分力的夾角愈大，則其分力愈大。

例 8：甲、乙兩人合提一桶水，假設水桶與水共重 30 公斤重，則甲、乙兩人的合力應為 30 公斤重向上，若兩人手臂的夾角愈小，則其分力愈小。

例 9：拉單槓做引體上升，兩臂地垂直地面互相平行（夾角 0° 時）是否最省力？

例 10：右圖為一個人拉車時用力的情形，試回答下列問題：

- ① 此人拉車時，用的是那一個力？ F_3
- ② 此人拉車所施的力，其分力可以是 F_1 和 F_2 嗎？可
- ③ 使車子前進的有效分力為何？ F_2

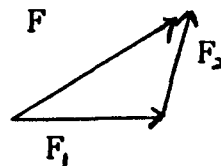


四、力的平衡：

1. 二力平衡：若兩力大小相等、方向相反，且作用在同一直線上，則稱此二力為平衡力。二力平衡時，合力為零。
2. 三力平衡：三力平衡時，合力必為零。故其中任兩力的合力必和第三力量相等，方向相反，作用於同一條直線上，即任一力是其它兩力合力的平衡力。

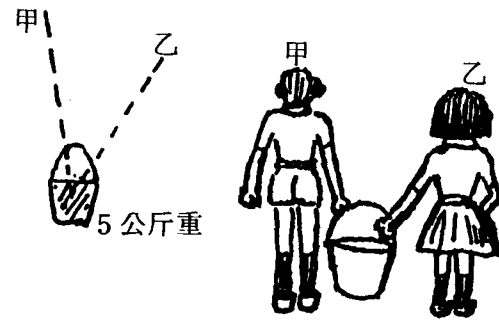
☆注意：①三力平衡時，以多邊形作圖可得力圖為一封閉三角形。

- ②若兩力大小相等，方向相反但並不作用在同一直線上，則



合力雖為零，而物體將會轉動。如推石磨（參考課本圖 10-8）

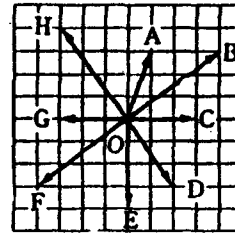
例 11：如圖甲、乙兩人合提一桶水，假設水桶與水共重 5 公斤重，則甲、乙兩人的合力應



為 5 公斤重，方向向上；若兩人手臂施力的方向如上圖所示，則甲、乙二人何者較吃力？甲

例 12：OA ~ OH 等八個力作用於 O 點，其大小及方向如右圖所示，試回答下列問題：

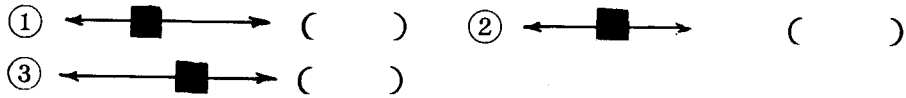
- ① OC 的平衡力為 OG。
- ② OA 與 OC 兩力的合力為 OF。
- ③ OA、OD 與 OG 等三個力構成三力平衡。
- ④ OB 與 OF 兩力的合力為零。
- ⑤ OA、OC 與 OF 三力的合力大小為 零。



附評量題目

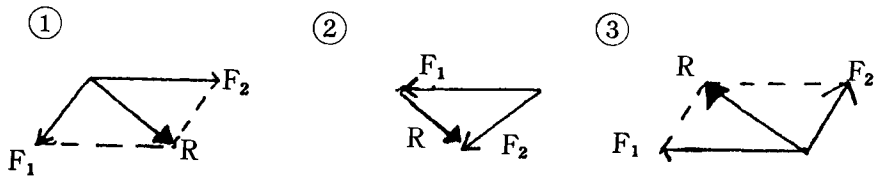
範圍：10-2，A.力的合成 考試日期： 月 日二年 班 號姓名

1. 判別下列物體移動的方向：



2. () 下列何者是正確的？①兩力成零度合力最小②兩力的合力必大於任一分力③兩力平衡時合力為兩力之和④兩同向合力為兩力之和。

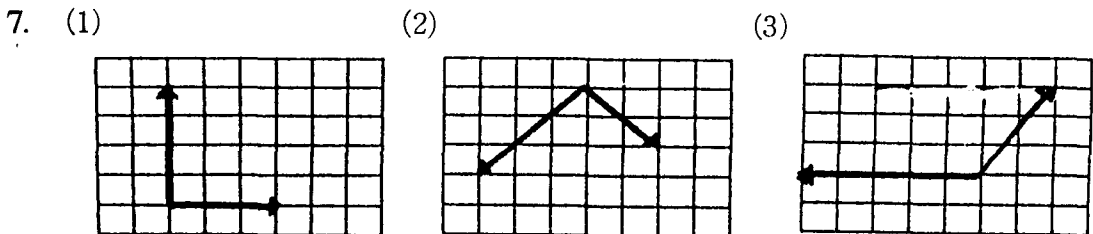
3. () 下列各圖中，何者可用R代表 F_1 、 F_2 二力的合力？



4. 大小分別為3公斤重、5公斤重的兩力，其合力最大值為_____公斤重，最小值為_____公斤重；其合力是否可能為5公斤重？_____；又合力是否可能為1公斤重？_____

5. () 3公斤重與4公斤重的二共點力，其力大小可能為下列何者？①6公斤重②2公斤重③8公斤重④0.5公斤重

6. 二力合力最大為17公克重，最小為7公克重，二力互相垂直時合力為多少公克重？_____



如上列(1)(2)(3)三圖所示，試以作圖法求其合力，並估計合力的大小（每小格代表1公克重）

答：(1) _____ (2) _____ (3) _____

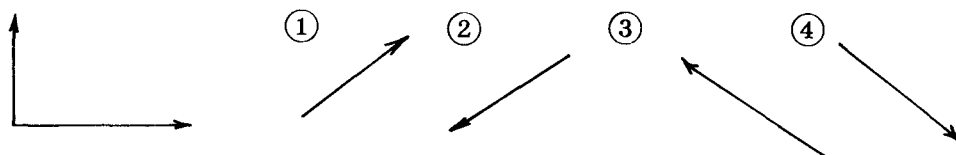
8.



如左圖每一小方格代表 4 公克重的力，則 AB 的力為_____克重，AC 的力為_____克重，AB 與 AC 兩方的合力量值為_____克重。

範圍：10-2, B. 力的分解 考試日期： 月 日 二年 班 號姓名

1. () 左圖中，將力 F 分解成 F_1 與 F_2 的方向下列何者較可能？



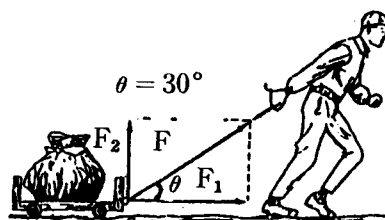
2. 右圖為一個人施力 40 公克重拉車時用力的情形，試回答下列問題：

①此人拉車時，用的是那一個力？

_____大小為_____。

②使車子前進的有效分力為何？

_____大小為_____。

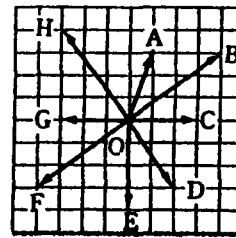


3. () 若把一力分解成兩力時，兩分力的夾角愈小，則分力就①愈小②不變③愈大④不一定。
4. () 兩人合提一桶水，兩手之夾角變大時，所須之力①變小②不變③變大④無法判定。
5. () 有一 10 公斤重的力，將它分解成兩個互相垂直的分力，已知其中一分力為 8 公斤重，求另一分力為？① 2 ② 4 ③ 6 ④ 8 公斤重。
6. () 5 公斤重的力，其兩分力①只有 3 公斤重及 2 公斤重一種②只有 7 公斤重及 2 公斤重一種③只有 3 公斤重及 4 公斤重一種④本題可有無數組的兩分力。

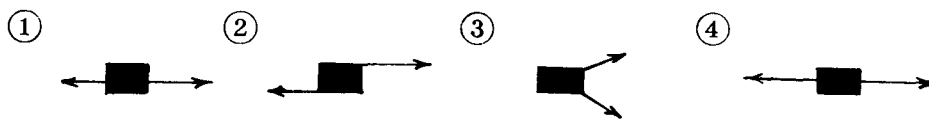
範圍：10-2, C. 力的平衡 考試日期： 月 日 二年 班 號姓名

1. OA ~ OH 等八個力作用於 O 點，其大小及方向如下圖所示，試回答下列問題：

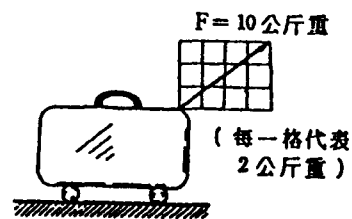
- ① OG 的平衡力為 ()。
- ② OA 與 OC 兩力的合力為 ()。
- ③ OA、OD 與 () 等三個力構成三力平衡。
- ④ OF 與 () 兩力的合力為零。
- ⑤ OE、OH 與 OC 三力的合力大小為 ()。



2. 三力平衡時，任兩力合力的大小與第三力的大小 _____，但方向 _____；且三力的合力為 _____。
3. () 下列各圖中，何者可以表示力的平衡狀態？



4. 三共點力 $F_1 = 4$ 公斤重， $F_2 = 9$ 公斤重， $F_3 = 12$ 公斤重，若三力能達成平衡，則 F_2 和 F_3 的合力為 _____；而 F_1 和 F_3 的合力為 _____。
5. 一行李 30 公斤重，靜置於水平面上，某生以 $F = 10$ 公斤重的力，斜向上拉，如圖問：



- (1) F 的垂直分力為多少？
- (2) 在 F 的拉力作用下，行李下壓於地面之力為多少？

貳、「力矩和轉動」的教材教法

範例一、台北市立明湖國民中學楊昭濂老師的教學

範例二、台北縣立中山國民中學龍慧真老師的教學

範例三、台北縣立新埔國民中學蔡夙珮老師的教學

單元名稱：10-3 力矩和轉動

日常生活中，轉動的例子很多，像門的手柄，自來水龍頭的開關，電風扇的葉片等等。轉動是物體受到「力矩」作用的結果。力矩是一個很抽象的概念。它不但是兩個物理量的乘積，並且其中的一個物理量更必須是在以第二個物理量為標準時的特定的方向上來量度，實在是一個相當高難度的概念。力矩的應用非常廣泛，本節主要在討論各種槓桿中的力矩。以下也是三個範例，看三位老師怎樣來介紹這個相當不容易被接受的概念。

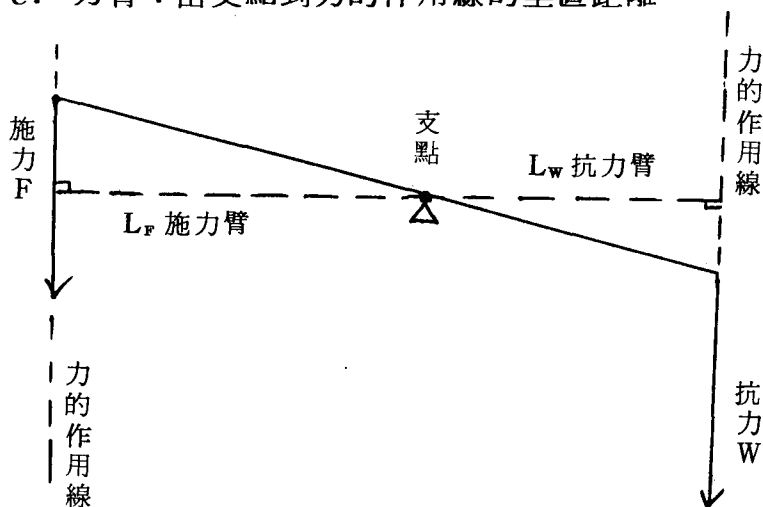
範例一、台北市立明湖國民中學楊昭濂老師的教學

流程

講述

老師活動

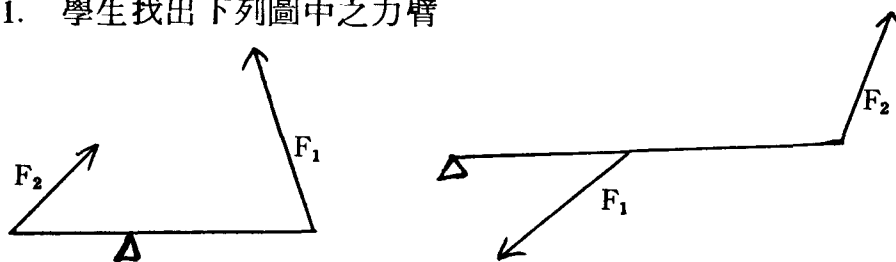
1. 槓桿的定義：
 - a. 能繞一定轉軸或一定點轉動之硬棒，稱為槓桿。
 - b. 能使槓桿自由旋轉之中心轉軸或定點，稱為支點。
2. 介紹槓桿中各項物理量
 - a. 施力 F 。
 - b. 抗力 W 。
 - c. 支點。
 - d. 力的作用線。
 - e. 力臂：由支點到力的作用線的垂直距離。



練習

學生活動

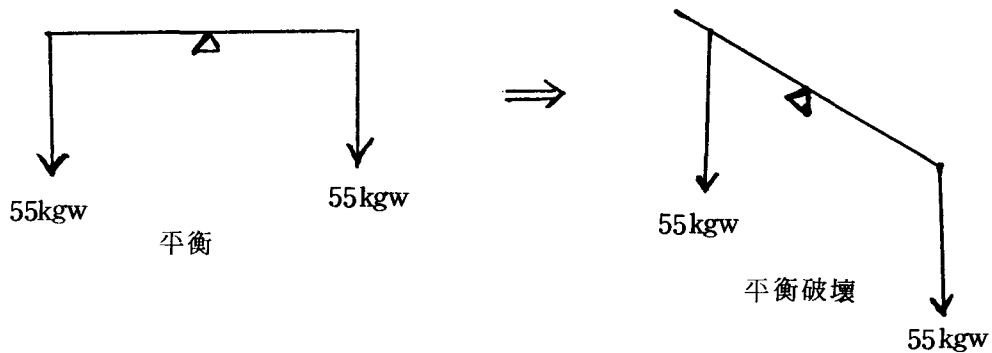
1. 學生找出下列圖中之力臂



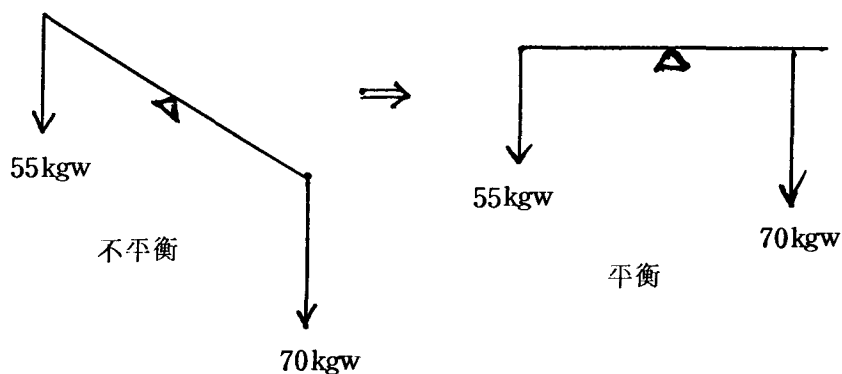
3. 講解示範實驗：

使學生瞭解槓桿要達到平衡，除了力之外，力臂亦是重要因素。

- a. 例：兩人體重均為 55 kgw，坐在蹺蹺板兩端距支點的距離相等處，蹺蹺板會平衡。但若一人稍往前坐，則平衡立即被破壞。可知力雖相等，但卻無法維持蹺蹺板之平衡。



- b. 例：兩人體重各為 70 kgw 和 55 kgw，坐在蹺蹺板兩端距支點的距離相等處，蹺蹺板不會平衡。但若 70kgw 之人稍往前坐，在某一位置可使蹺蹺板平衡。可見力雖不等，但調整力的位置後卻可平衡。可知使蹺蹺板平衡的原因，力不是唯一的因素，力臂亦是重要因素。



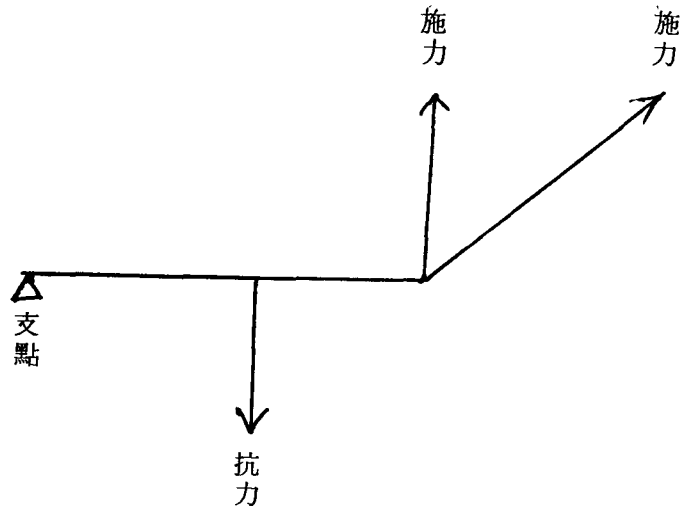
- c. 在實驗中發現，木桿成水平時， $F \times L_F$ 之大小應和 $W \times L_W$ 之大小相等。
- d. 在實驗中亦發現，木桿只要不轉動，不論是否水平， $F \times L_F = W \times L_W$ 。
- e. 發現使木桿不轉動的原因，並非力，而是使木桿順時鐘轉的 $F \times L_F =$ 使木桿逆時鐘轉的 $W \times L_W$ 。
故定義一個可影響木桿轉動的物理量，叫做力矩 (τ)。
力矩 (τ) = 力臂 (L_F) \times 作用力 (F)

- 4. 力矩的方向性：
 - a. 順時鐘方向。
 - b. 逆時鐘方向。

練習

學生反應

- 2. 找出下列圖中力矩的大小和方向。



講述

老師活動

- 5. 合力矩 (力矩和 τ_R)
將順時鐘方向和逆時鐘方向的力矩相減即是合力矩 τ_R 。若合力矩 $\tau_R = 0$ ，則木桿不會轉動。若合力矩 τ_R 不為零，則木桿轉動的方向和較大的力矩的方向相同。

結束


範例二、台北縣立中山國民中學龍慧真老師的教學

教學目標：

1. 讓學生知道力與力矩分別造成移動和轉動，是不同的物理量。
2. 認識力臂的定義，找出真正的力臂。
3. 從找出的力臂長，練習 $\text{力矩} = \text{力臂} \times \text{力}$ 。
4. 讓學生能判斷出力矩方向，及省力、費力的槓桿。
5. 讓學生試著以所學來解釋一些日常生活上的現象。

教學活動：

老師：其實理化不只是應付考試，也可以用來解釋一些日常生活中的現象。現在有兩個問題，考試可能不會考，但可以讓你動動腦筋。

1. 你和哥哥一起用棍子扛東西。你會扛靠近東西的這一邊呢？還是扛離東西較遠的那一邊呢？為什麼？
2. 為何你爸爸開的車子，方向盤是圓的？而有些賽車的方向盤是形的？這樣不是比較酷嗎？

備註：所提出的問題，有點難度，不是立即可回答，而需要一些思考的。答案不必一定有唯一正確答案，開放性的也很好。但需要對答案的原因有合理的解釋。老師也不必將答案說出，還是保留給學生，等學過本節後，還可以再回來看這些問題。

學生活動：

試著解釋這些問題，說出原因。（不宜花太多時間）

教學活動：

老師：現在老師要講的東西可以幫助你解釋這些問題。你要專心聽。要推動一張桌子（示範）的力是一定的。但要開門時好像不是那樣哦。在不同的地方用的力也不一樣（到門邊推門）。這告訴你一件事，要使東西轉動不只和力有關而已，並且還和距離有關。

這距離是指由固定不轉動的點叫做支點的，到你的手出力的地方這段距離。所以科學家寫下了一個公式：力矩 = 力臂 × 力。

力矩的意思就是使物體產生轉動效應的原因。你平常說：「我用 5 公斤重推這桌子。」這叫力。而我要轉動這棍子需要力矩 300 米公斤。這已不單是力了，因為它和距離有關。

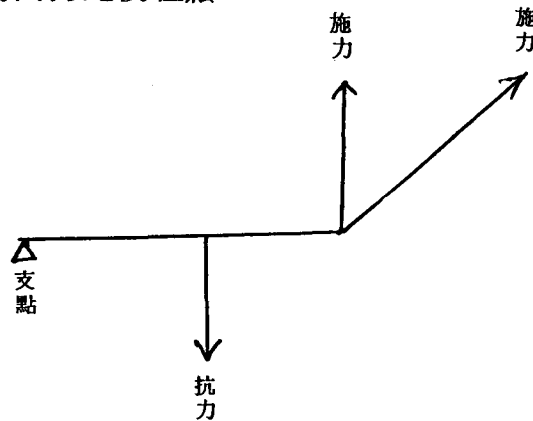
利用教具介紹名詞：支點、施力、抗力、施力臂」及抗力臂。

學生活動：

回答老師所指的教具的地方的名字。

教學活動：

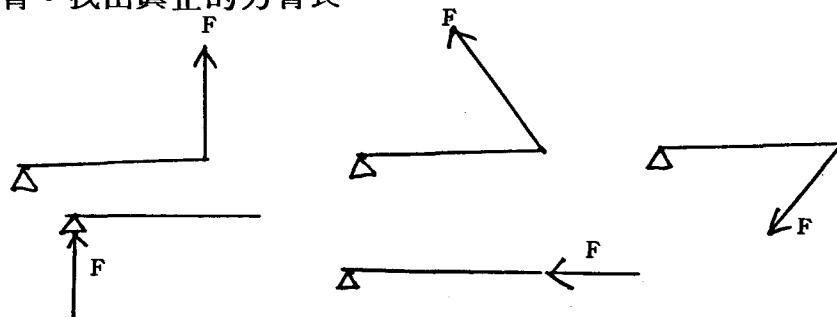
老師：我們發現二種出力方法來提一東西（示範），好像出力會不一樣，垂直方向出力比較輕鬆。



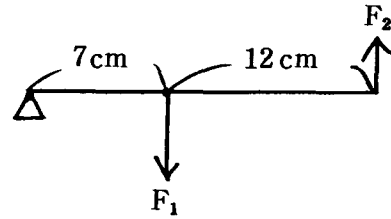
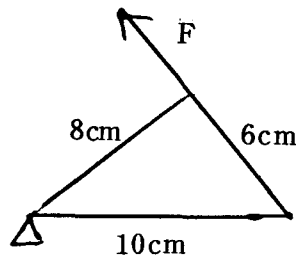
定義力臂：由支點到施力的垂直距離。

學生活動：

練習找力臂。找出真正的力臂長。



回答下列圖中各力的力臂長。



教學活動：

介紹力矩方向：順時鐘方向轉或逆時鐘方向轉。

提醒力矩單位：米 - 公斤。

舉例練習：力矩 = 力臂 \times 力。

老師：如果有兩個力作用於一物體上，物體怎麼轉？總的力矩（合力矩或力矩和）是多少？

先算出順時鐘轉的力矩，再算出逆時鐘轉的力矩，以大的減小的，得出來的就是合力矩。物體會往較大的力矩的方向轉動。

解釋合力矩為零時的情形。

利用示範實驗推論出：施力臂長——省力，抗力臂長——費力。

範例三、台北縣立新埔國民中學蔡夙珮老師的教學

教學目標：

1. 學生能夠指出移動和轉動的不同
2. 學生能夠說出力臂和力矩的定義，並且計算力矩的大小
3. 學生能夠列舉力矩大小和轉動的關係
4. 學生能夠舉例說明槓桿平衡的情況及條件

教學內容	教學情境	學生活動
<p>引起動機 (先復習 10-2)</p>	<p style="text-align: center;"> 求合力 $\left\{ \begin{array}{l} \text{二個力} \left\{ \begin{array}{l} \text{直線} \left\{ \begin{array}{l} \text{同向} \\ \text{反向} \end{array} \right. \\ \text{非直線} \end{array} \right. \\ \text{三個力} \end{array} \right.$ </p> <p>引導學生去思考</p> <p>T：若合力$\neq 0$結果如何？</p> <p>T：合力愈大，是否移動的效果愈明顯？</p> <p>T：也就是說，移動的難易程度由合力大小決定？(引入量化觀念)</p> <p>T：又合力為0，結果為何？</p> <p>①達平衡②靜止不動③以上皆對 ④以上皆錯</p> <p>讓學生舉手表決(預測學生可能大部份都會答錯)</p> <p>藉此機會教育，告訴學生“真理是不可以以表決方式決定的！”</p> <p>解說為何答案是④</p>	<p>S：物體會沿合力的方向移動(位置改變)</p> <p>S：是！</p> <p>S：是！</p> <p>思考問題</p> <p>舉手表決(但只有少數人答對)</p>

教學內容	教 學 情 境	學 生 活 動
<p>引入轉動的觀念</p> <p>定義力矩</p> <p>學生討論</p> <p>教學評量</p> <p>賞 罰</p> <p>介紹槓桿平衡條件</p> <p>學生討論</p> <p>教學評量</p>	<p>尋問學生是否有問題？</p> <p>以二人推石磨為例，雖然合力為零，並未靜止不動，知物體仍有轉動現象 T：轉動亦有難易程度，請同學思考我們如何描述？</p> <p>激發學生去思考有什麼日常生活經驗可以告訴我們可能影響轉動的因素？ 依門的旋轉難易……</p> <p>歸納出我們可以定義一個物理量叫做力矩來描述轉動的難易程度</p> <p>板書 配合講義 10-3，一力矩講解</p> <p>開放 5 ~ 10 分鐘小組討論，有不懂老師個別指導（巡堂）</p> <p>事先準備好評量題目（如附件） 討論評量題目</p> <p>依預訂的方式賞罰各人及小組 黑板講解</p> <p>帶領學生完成講義 10-3，二槓桿平衡</p> <p>開放 3 ~ 5 分鐘可以討論，有不懂老師個別指導</p> <p>事先準備好評量題目 檢討評量結果</p>	<p>思考問題</p> <p>學生思考後，回答問題</p> <p>配合老師完成講義 10-3 一力矩</p> <p>依照事先分好的組別做小組討論或研讀</p> <p>接受評量 把不清處的弄懂</p> <p>配合老師完成講義 10-3 二槓桿平衡</p> <p>個人研讀或小聲討論</p> <p>接受評量</p>

附 講 義

10-3 力矩和轉動

一、力矩：

1. 槓桿：可繞著一固定點自由轉動的硬棒，稱為槓桿，如天平、蹺蹺板等。

例 1：我們可利用棍子和木頭組成的槓桿來掘起大石頭。

2. 解釋名詞：（參考右圖）

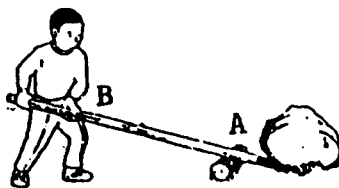
① 施力點

② 抗力點

③ 支點

④ 施力臂：由支點到施力作用線的垂直距離稱為施力臂。

⑤ 抗力臂：由支點到抗力作用線的垂直距離稱為抗力臂。



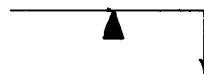
3. 力矩：可使物體繞支點產生轉動的效應。

《公式》 力矩 = 力臂 × 作用力的大小

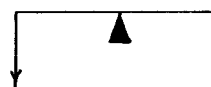
4. 力矩單位：m - kgw 或 cm - gw

5. 力矩是具有方向性的物理量，依旋轉方向可分為：

(1) 順時鐘方向的力矩：使槓桿順時鐘轉動，習慣以此為負。



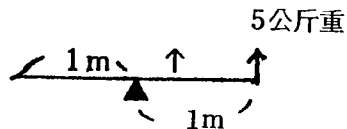
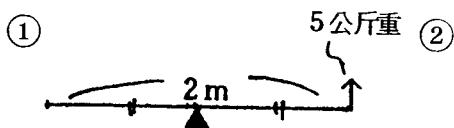
(2) 逆時鐘方向的力矩：使槓桿逆時鐘轉動，習慣以此為正。



6. 旋轉物體的難易由程度由力矩大小決定，力矩愈大時物體愈容易產生轉動，力矩為零時，物體不會轉動。

7. 力矩的應用：①開門、關門②天平秤物③螺絲扳手

例 2：求出下列各圖之力臂與力矩。



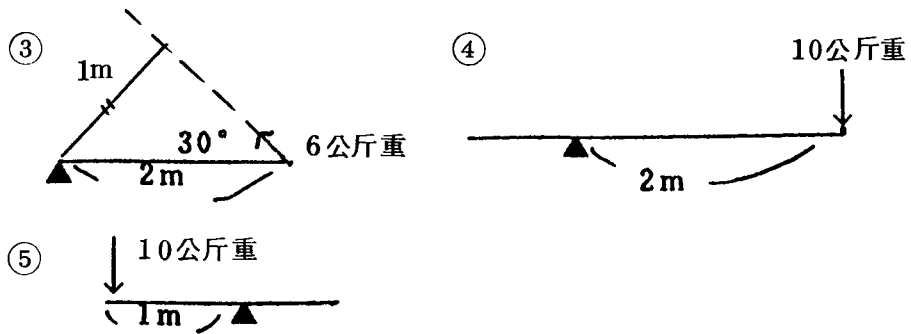
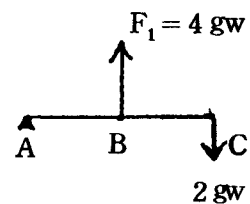


圖 別	①	②	③	④	⑤
作 用 力					
力 臂					
力 矩					

例 3：如圖 AB 為一均勻木棒，A 為支點，B 點施力 $F_1 = 4$ 克重，C 點施力 $F_2 = 2$ 克重，若 $AB = 6$ cm， $AC = 12$ cm，則：

- (1) 順時鐘的力矩為若干？ 24 m - kgw
- (2) 逆時鐘的力矩為若干？ 24 m - kgw
- (3) 力矩的總和若干？ 0
- (4) 木棒依什麼方向旋轉？ 不動



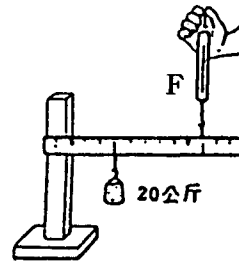
二、槓桿平衡：

1. 槓桿受數力的作用而能維持平衡（靜止）時，必須符合下列兩個條件。
 - (1) 移動平衡：合力 = 0（即向上力 = 向下力，向左力 = 向右力）
 - (2) 轉動平衡：合力矩 = 0（即各力所產生的順時鐘方向力矩和 = 逆時鐘方向力矩和）
2. 槓桿定律：當槓桿平衡時，合力矩 = 0，即施力臂 \times 施力 = 抗力臂 \times 抗力，此關係稱之。
 - (1) 施力臂大於抗力臂時，施力小於抗力，則槓桿可以省力，但費時間。
 - (2) 施力臂小於抗力臂時，施力大於抗力，則槓桿費力，但省時間。

例 4：如圖，木尺重量不計，重錘距支點 4 cm，手上提的位置距支點 10 cm，則欲使木尺不轉動，至少須施力若干？

$$10 \times F = 4 \times 20$$

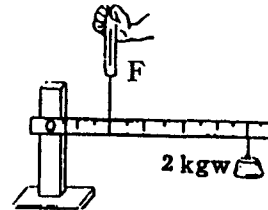
$$F = 0.8 \text{ kgw}$$



例 5：如圖，木尺重量不計，重錘距支點 10 cm，手上提的位置距支點 2 cm，則欲使木尺不轉動，至少須施力若干？達平衡時支架受力大小及方向為何？

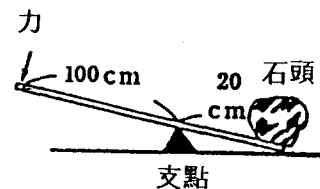
$$2F = 10 \times 2$$

$$F = 10 \text{ kgw}$$



例 6：某人利用一支長 120 cm 之木棍舉起一 80 公斤重之大石頭，試問：

- ①此人必須用多少公斤重的力？
- ②此人用力產生的方向為順或逆時鐘方向？
- ③此人想更省力，施力點須向那個方向移動？或支點向那個方向移動？
- ④此種支點在中央的槓桿是否一定省力？



- ① $F \times 100 = 80 \times 20$ $F = 16 \text{ kgw}$
- ② 逆時鐘方向
- ③ 向左，向右
- ④ 不一定

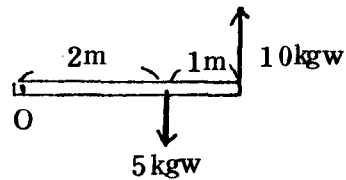
附評量題目

範圍：10-3，A. 力矩 考試日期： 月 日 二年 班 號姓名

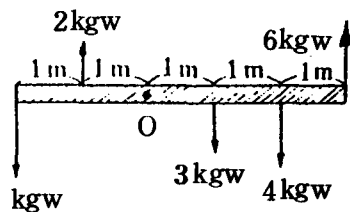
1. 《公式》 力矩 = _____ × 作用力的大小
2. () 旋轉物體的難易程度由下列何者決定①作用大小②力的作用線至轉軸的垂直距離③支點的位置④力矩的大小
3. () 以下何者是力矩的應用①開門、關門②天平稱物③螺絲扳手④以上皆是
4. () 有關力矩的敘述，下列何者錯誤①力與力臂必定互相垂直②力矩的單位可寫成公尺—公克重③力矩可使物體移動④力矩有方向性

5. 如圖中的木尺可繞 O 點轉動，求：

- (1) 10 公斤重對 O 點的力矩大小與方向？
- (2) 5 公斤重對 O 點的力矩大小與方向？

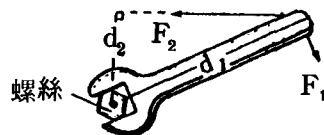


6. 求下圖中各力對木尺產生的合力矩大小與方向？



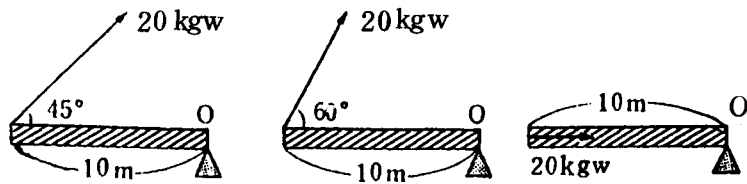
7. 試由右圖回答下列各題：

- (1) F_1 的力矩等於 _____。
- (2) F_2 的力矩等於 _____。
- (3) 作用於螺絲扳手的反時鐘的力矩等於 _____，順時鐘的力矩等於 _____。



(4) 若螺絲扳手呈靜止不動，則此二力矩有何關係？答：_____

8. 求下列各圖中作用對 O 點的力矩大小？

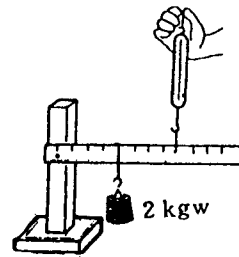


範圍：10-3，B. 槓桿平衡 考試日期： 月 日 二年 班 號姓名

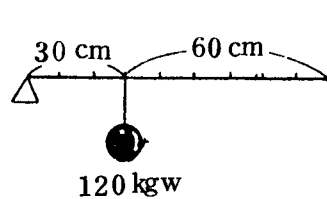
1. 槓桿受數力的作用而能維持平衡（靜止）時，必須符合那兩個條件？

_____、_____

2. 如圖，木尺重量不計，重錘距支點 5 cm，手上提的位置距支點 10 cm，則欲使木尺不轉動，至少須施力若干？



3. 利用抗力點在中間的槓桿把 120 公斤重的物體提起，若施力點距抗力點 60 公分，抗力點轉距支點 30 公分，試回答回題：



- ①畫出受力圖
- ②至少應該施力若干？
- ③與物重比較是省力或費力？

前 言

本年度國中化學科教材教法個案研究延續上年度的方式，邀請三位資深國中老師將他們平日的教學情況，以教案的方式呈現出來，並且針對教學目標設計試題進行評量及分析，據以探討教學活動的優缺點。

本年度選擇「電池」和「電解及電鍍」兩個教學單元，編寫內容包括教學目標、教學對象、教學時間、概念分析、教學活動及評量分析等項目。每一個案的教學對象背景有所不同，教法各有特色，教學內容也不盡相同。在評量分析中，教師根據教學目標達成情形，檢討自己所設計的教學活動，和診斷學生的學習困難。這些資料都深具參考價值。

範例一 朱玲玲老師之教材教法(一)

一、教學單元：

電池（國中理化 第四冊 22-3）

二、教學目標：

1. 能夠裝置一個完整的鋅銅電池，並且能說出每一個部份的名稱以及作用。
2. 能夠由電流的方向，認出任何一種電池的正、負極分別在那一端。
3. 能夠由電流的方向，推論電子流動的方向；並且能夠指出那一端放出電子，那一端獲得電子。
4. 能寫出放出電子那一端的化學半反應方程式，和獲得電子那一端的化學半反應方程式。
5. 能夠依據溶液電中性的性質，推論出每一部份電解質溶液中，陰、陽離子移動的情況。
6. 能夠根據各端的半反應，說出各極電極棒的質量變化，以及各溶液中離子濃度改變的情況。
7. 能夠應用電荷平衡，完成電池內發生的化學反應的全反應方程式。

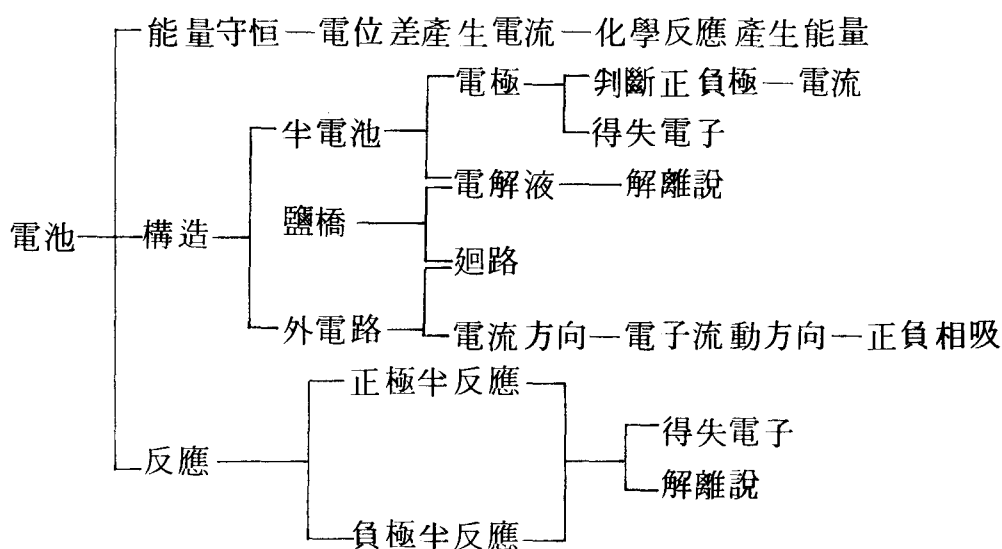
三、教學對象：

國中三年級常態編班學生 50 人（一班）

四、教學時間：

100 分鐘（國中課程兩節課）

五、概念分析：



六、教學活動：

(1) 第一節課：（在實驗室上課）

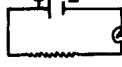
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
上課前		配製： 3升 0.1M CuSO ₄ 溶液 3升 0.1M ZnSO ₄ 溶液 2升 1M KNO ₃ 溶液	分成12組，由組長到器材室領取必需的器材。	
0 5 分	解離說	在黑板上寫出： CuSO ₄ → ZnSO ₄ → KNO ₃ → 要求學生在黑板上完成解離方程式。	寫出 CuSO ₄ ，ZnSO ₄ 和 KNO ₃ 溶液中的解離方程式。	
		訂正學生的錯誤，直到黑板上呈現出正確的解離方程式 CuSO ₄ → Cu ²⁺ + SO ₄ ²⁻	回答老師提出有關解離說的問題	複習時，老師可以問答方式

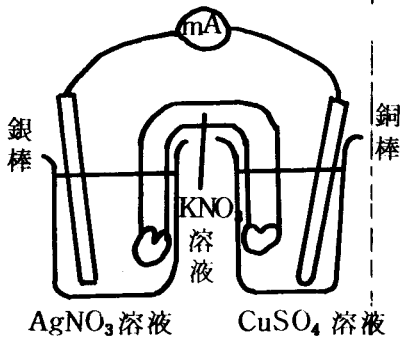
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
6 10 分	解離說	$\text{ZnSO}_4 \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$ 複習解離說的內容，特別強調溶液電中性，和溶液中各種離子均勻分布。		喚起學生的記憶。
11 25 分	迴路	要求學生依照課本上的圖示裝置鋅銅電池。 提醒學生注意，沒有鹽橋時，是否有電流。	遵循課本上的實驗步驟，參考圖示及照片，裝置好一個鋅銅電池。	
26 30 分	能量守恆	巡視各組，確定每一組都正確裝置好了電池，然後，要求學生將裝置好的電池安置一旁並且專心聽講。 剛才各組都裝置好了一個鋅銅電池，而且看到電流計指示有電流產生，想一想，為什麼會有電流產生呢？ 是電池中的化學反應放出能量，造成電流，這是一種將化學能轉換成電能的反應。就像有些反應可以將化學能轉換成熱能（舉例說明）。 問：從電流計的指示可	專心聽講。 回答問題 回答問題	銅棒為

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
41 45 分	半反應 解離說	問：那麼銅棒附近會發生得電子還是失電子的反應呢？ 在黑板上寫出 「 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 」 半反應方程式。並解釋此時溶液中 Cu^{2+} 離子減少，不過鹽橋中的 K^+ 離子會游過來使溶液仍然保持電中性。	回答問題 專心聽講	得電子反應
46 50 分		要求學生仔細觀察電池各部份發生些什麼變化（例如：電極棒上，各種溶液的顏色等），並且記錄下來，下一次上課時再討論。 要求學生把儀器洗好收好，送回器材室。	仔細觀察並記錄 準備結束實驗，拆裝置，洗器材，收好，並且送回器材室。	

(2) 第二節課：（在教室上課）

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
0 5 分	電池構造	在黑板上畫好一個鋅銅電池的裝置圖，要學生在圖上標示電流計的正、負極分別接在那一邊。以及電流的方向和電子在導線上移動的方向。	到黑板上完成電池內及導線上電流及電子流動的方向。	任意指派學生來完成。

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		指派學生在黑板上寫出各半反應方程式。	寫出： $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$ $\text{Zn} \rightarrow 2\text{e}^{-} + \text{Zn}^{2+}$	
6 15 分	電池構造及反應	重複上節課說明的 ①電流方向 ②電子流方向 ③溶液中離子游動的情形 並且要學生對照實驗的結果與半反應方程式，說出鋅棒和銅棒的重量改變，以及 Cu^{2+} 和 Zn^{2+} 離子濃度的變化。 再次強調鹽橋的功能，以及鹽橋中各種離子移動的方向。	專心聽講 回答問題： 鋅棒重量減輕，銅棒重量增加， Zn^{2+} 離子濃度增大， Cu^{2+} 離子濃度減少。	提示： Cu^{2+} 離子濃度減少，藍色變淡。
16 20 分	電極的正負	以一個簡單的直流電路圖  ，說明電流由電池的正極流出，經導線流回到負極。鋅銅電池中，電流由銅棒流出，所以，稱銅棒這一端為正極，而稱鋅棒這一端為負極。	專心聽講	
		在黑板上畫一個銅銀電池的裝置圖	專心聽講	先前的鋅銅電池裝置

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
21 30 分	電流方向 得失電子	 <p>問：如果這個電池裝置中，電流計的正極與銀棒相連才對（電流計指針順向偏轉），那麼導線上電流方向如何？</p> <p>問：電子流動的方向呢？</p> <p>問：銅棒發生得電子還是失電子反應？</p> <p>問：銀棒附近發生得電子還是失電子反應？</p>	<p>回答問題</p> <p>回答問題</p> <p>回答問題</p> <p>回答問題</p>	<p>圖保留在黑板上。</p> <p>由銀棒經導線流向銅棒。</p> <p>由銅棒流出，流到銀棒。</p> <p>失電子反應</p> <p>得電子反應</p>
31 35 分	解離說	<p>指定學生到黑板上寫出 CuSO_4 和 AgNO_3 以及 KNO_3 溶液的解離方程式。</p>	<p>在黑板上完成解離方程式。</p> $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}^+ +$	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
36 45 分	電池構造	<p>在黑板上寫出各半反應方程式：</p> $\text{Cu} \rightarrow 2\text{e}^- + \text{Cu}^{2+}$ $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ <p>說明：在這個電池中</p> <p>①銅棒為負極，溶液中 Cu^{2+} 離子濃度增加，而銅棒重量減輕。</p> <p>②銀棒為正極，溶液中 Ag^+ 離子濃度減少，而銀棒重量增加。</p> <p>③鹽橋中 K^+ 離移向 AgNO_3 溶液，NO_3^- 離子移向 CuSO_4 溶液。</p>	<p>NO_3^-</p> $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$ <p>專心聽講並記錄。</p> <p>專心聽講並記錄。</p>	提示： Cu^{2+} 離子濃度增加，藍色變濃。
41 45 分	電池內的反應	<p>合併鋅銅電池的兩個半反應方程式，寫出全反應方程式 $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$</p> <p>合併銅銀電池的兩個半反應方程式，寫出全反應方程式 $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$</p> <p>解釋如何利用電荷平衡方程式的兩邊。</p>	專心聽講	

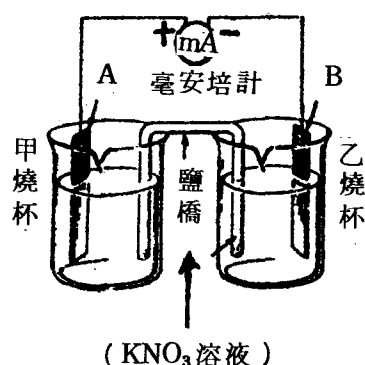
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
46 50 分		<p>由以上所講兩種電池介紹伏打電池的原理，並且強調銅棒不一定是正極，經由實驗結果可以得到一些資訊，用來判斷不同的化學電池中誰得電子誰失電子。例如鋅銅電池中，Cu^{2+} 離子得電子生成銅，而在銅銀電池中，銅便失去電子生成 Cu^{2+} 離子。要學生想像若是裝置一個鋅銀電池，會是誰得電子而誰失電子呢？</p> <p>要求學生回家想一想，並且把這兩節課所講的內容溫習好。</p>	專心聽講	

七、評量分析：

右圖是一個化學電池裝置的簡圖，請根據此圖回答下列問題：

- 實驗結果，毫安培計要與 A 金屬棒相連，負極要與 B 金屬棒相連，請說明①電流的方向②電子在導線上流動的方向。

答：① A 經導線到 B。（→乙燒杯→鹽橋→甲燒杯→



A，形成通路)

正確的共 38 人 (76 %)，大部份只寫 A 到 B，少數幾個有將迴路交待清楚。

答：② B 流向 A。 正確的共 36 人 (72 %)

評析：大部份同學能夠瞭解，電流由正極向負極，而電子由負極流向正極。只有少數幾個學生認為電流在導線上流動，而電子在溶液中游動。足以做為以後教學內容的改進依據。

2. 已知 A 為銀棒，B 為銅棒，甲燒杯中裝 AgNO_3 溶液，乙燒杯中裝 CuSO_4 溶液。請寫出這兩種溶液的解離方程式。

答：① $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ 。正確者 24 人 (48 %)

② $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ 。正確者 29 人 (58 %)

評析：這是一題記憶性題目，班上有大約一半的同學認真溫習課業，這與平時測驗成績吻合。

CuSO_4 溶液的解離，寫對的人較多，應該是因為課本上的鋅銅電池有用到 CuSO_4 ，所以熟悉。而 AgNO_3 溶液的解離，有十幾個學生寫 $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$ ，或 $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}^{2+} + \text{NO}_3^-$ ，值得注意。學生對於解離說並不很明瞭。

3. 寫出這個電池中，各極的半反應方程式以及全反應方程式。

答：① 正極： $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ 正確者 28 人 (56 %)

② 負極： $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ 正確者 33 人 (66 %)

③ 全反應： $2\text{Ag}^+ + \text{Cu} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$ 正確者 23 人 (46 %)

評析：正極半反應寫錯的較多，是由於學生誤認為得失電子都應該是 2 個而寫成 $\text{Ag}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ ，以及正、負極都寫錯者，是根本沒有去記得半反應方程式是什麼。

全反應方程式寫錯者，以電荷不會平衡居多。由此可知，此一概念在學習時，有些困難。

4. 描述甲燒杯、乙燒杯和鹽橋中，各種離子移動的情形。

① 甲燒杯中：

Ag^+ 離子游向 Ag 棒 [答對的 22 人 (44 %)，答錯者 13 人 (26 %)，沒寫的 15 人 (30 %)]

NO_3^- 離子游向鹽橋〔答對的 10 人(20%)，答錯者 5 人(10%)，沒寫的 35 人(70%)〕

K^+ 離子從鹽橋中移向甲燒杯〔有寫者 9 人(18%)〕

評析： Ag^+ 的移動寫的人多，寫對的人也多，表示學生上課只注意到有參與反應的離子， NO_3^- 的情況，大部份沒寫，或許是不知道要寫，也可能他認為 NO_3^- 是不動的。倒是，有 9 人提起從鹽橋來的 K^+ ，頗為可喜，至少他們對溶液保持電中性，和正、負相吸的概念，已然形成。

② 乙燒杯中：

Cu^{2+} 游向鹽橋那一邊〔答對的 14 人(28%)，答錯的 8 人(16%)，沒寫的 28 人(56%)〕

SO_4^{2-} 游向 Cu 棒〔答對的 5 人(10%)，答錯的 7 人(14%)，沒寫 43 人(86%)〕

NO_3^- 離子從鹽橋移向甲燒杯〔有寫的 9 人(18%)〕

評析：本題與上一小題①大致相同，學生只重視有參與半反應的離子，但是答對的人數比上題明顯變少，可能與老師上課講解重點有關，筆者上課只說到負極反應生成電子和陽離子，並沒有再強調所生成的陽離子如何移動，或者原本溶液中的陽離子如何移動。足以做為改進之參考。

③ 鹽橋中：

K^+ 游向甲燒杯。〔答對者 31 人(62%)，答錯者 11 人(22%)，沒寫的 8 人(16%)〕

NO_3^- 游向乙燒杯。〔答對者 31 人(62%)，答錯者 11 人(22%)，沒寫的 8 人(16%)〕

5. 預測經過一段時間後，A、B 兩金屬棒的重量變化；以及甲、乙燒杯中各種離子濃度的變化。一定要解釋你預測的理由。

答：① A 金屬棒加重：答對者 39 人(78%)

答錯者 4 人(8%)

沒寫的 7 人(14%)

甲溶液中 Ag^+ 減少：答對者 26 人(52%)

答錯者 12 人 (24 %)

沒寫的 12 人 (24 %)

解釋原因： $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ 答對者 25 人 (50 %)

答錯者 25 人 (50 %)

(包括沒寫的)

② B 金屬棒減輕：答對者 37 人 (74 %)

答錯者 6 人 (12 %)

沒寫者 7 人 (14 %)

乙溶液中 Cu^{2+} 增加：答對者 27 人 (54 %)

答錯者 15 人 (30 %)

沒寫者 8 人 (16 %)

解釋原因： $\text{Cu} \rightarrow 2 \text{e}^- + \text{Cu}^{2+}$ 答對者 28 人 (56 %)

答錯者 22 人 (44 %)

(包括沒寫的)

評析：一班之中，大約有半數的學生可以對電池內的反應全然瞭解。這是一個複雜而且需要很多原本就已熟悉的概念的單元，而電子的得失、離子的移動和半反應方程式又比較抽象，教學時，要找尋更多輔助的方法來幫助學生學習。

結論：答錯者的答案若能列出，也許可進一步診斷錯誤概念。

朱玲玲老師之教材教法(二)

一、教學單元：

電流的化學效應——電解與電鍍
(國中理化 第四冊 23-3 23-4)

二、教學目標：

1. 能夠由實驗結果，看出將直流電通入電解液中，會有化學反應產生。
2. 能夠由電流的方向，推論電子流動的方向，進而說出電解槽中那一端發生得電子反應，那一端發生放出電子的反應。
3. 能夠寫出得電子反應以及放出電子反應的半反應方程式。
4. 能夠瞭解在相同的電解液中，使用不同材料的電極，會發生不同的反應。
5. 能夠從電解槽正、負兩極的半反應，推論得知兩極上的重量變化以及電解液中離子濃度改變的情形。
6. 能夠瞭解如何將電解反應，應用到電鍍上。
7. 能夠說出電鍍時，被鍍物品應該放在那一極，另一極應該選擇何種材料的電極，以及選用那一種電解液。

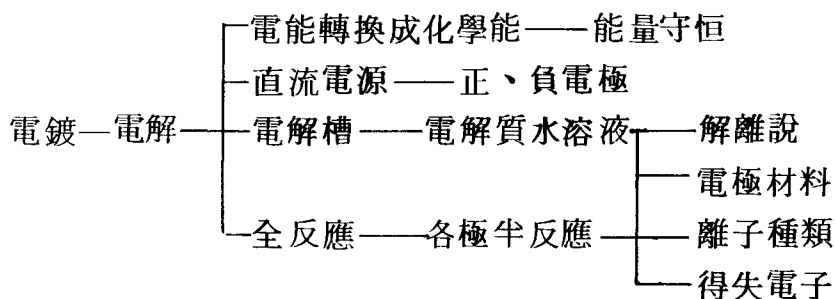
三、教學對象：

國中三年級常態編班之學生 50 人。

四、教學時間：

100 分鐘 (國中課程兩節課)

五、概念分析：



六、教學活動：

(一) 第一節課（在實驗室上課）

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
上課前		配製： 3升0.5M CuSO ₄ 溶液，1升1M NaOH溶液（清洗被鍍物）	分成12組，由組長到器材室領取必需的器材。 準備一件被鍍物（例如鑰匙、十元硬幣）	這一節課共作三組實驗，注意時間分配，進度控制。
0 10 分	直流電源	指導學生裝置以石墨為電極的電解槽，接通電源，開始電解。 巡視各組，注意是否電流過大。要求學生調整電流大小，並且記錄不同大小的電流如何影響電解的結果。 要求學生準備下一個實驗。	1.領取石墨棒、直流電源、CuSO ₄ 溶液。 2.依照課本上的實驗裝置，裝妥電解槽，並開始電解。 3.調整適當的電流強度，並且記錄結果 4.領取銅片，並且以砂紙將其表面氧化物磨掉。	電流太大會使負極析出的銅非常黑，而且兩極都有氣泡產生。

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
11 20 分	電極材料	<p>指導學生以銅片當電極電解 CuSO_4 溶液，並且要求學生記錄觀察結果。</p> <p>要求學生準備電鍍的實驗。</p>	<p>裝置和上一個實驗相同，將石墨棒換成銅片，採用適當電流強度電解 CuSO_4 溶液。</p> <p>仔細觀察，並且記錄結果。</p> <p>依照課本指示，將欲鍍物品清洗乾淨，準備作電鍍實驗。</p>	
21 45 分	全反應	<p>要求學生進行電鍍實驗，要學生分別把被鍍物放在正極和負極試試看。</p> <p>問：試過的結果，被鍍物要放在那一極？</p> <p>利用電鍍反應進行的時間，要求學生提出結果報告和進行討論。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.以石墨為電極時有何變化？ 2.以銅棒為電極時有何變化？ 3.比較兩者相同、相異之處。 4.電鍍時，被鍍物為什麼要放在負極？正極要放什麼比較好？為什麼？ 	<p>裝置與前一個實驗相同，試試看把被鍍物放在正極結果如何？再將被鍍物放在負極又如何？</p> <p>負極</p> <p>將電鍍裝置放妥。熱烈參與討論。</p> <p>參加討論，並且把討論內容摘要記下。</p>	分組報告結果

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
46 50 分		要求學生收拾實驗器材，並且送還器材室。	收拾、清洗器材，送還器材室。	

(二) 第二節課 (在教室上課)

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
0 15 分	解離說、離子種類	<p>在黑板上畫好如課本第48頁的(a)(b)兩個電解槽的簡圖。讓學生回答上次做實驗所得的結果 (先討論以石墨為電極者)</p> <p>要學生到黑板上寫出解離方程式</p> $\text{CuSO}_4 \rightarrow \underline{\quad} + \underline{\quad}$ <p>由於正負電相吸，Cu^{2+} 會游向那一極？SO_4^{2-} 會游向那一極？</p>	<p>回答問題</p> <p>(a)以石墨為電極，正極有氣體生成，負極有銅在石墨棒上析出。</p> <p>回答問題</p> $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ <p>Cu^{2+} 游向負極</p> <p>SO_4^{2-} 游向正極</p>	
	半反應	<p>先看負極附近有 Cu^{2+}，H_2O，和石墨棒和比較少的 SO_4^{2-}，從實驗結果得知有 Cu 生成附着在石墨棒上，所以推知在負極由 Cu^{2+} 和從電池負極推出的電子發生了下列反應：</p> $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	專心聽講	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
	全反應	<p>再看正極附近有 SO_4^{2-}、H_2O 和石墨棒以及比較少的 Cu^{2+}，從實驗結果得知在此有 O_2 氣體產生，所以推知這裏發生下列反應：</p> $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{e}^- + \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ <p>由這個半反應方程式看出電解的結果使得 H^+ 濃度增加，溶液酸性變大，而且 OH^- 也會降低。而且，所生成的 H^+ 會游向負極，當濃度夠大，或是電流很大時，會在負極也發現有氣體產生，該氣體應該是 H_2。提醒學生注意，反應進行一段時間後，溶液中 Cu^{2+} 離子濃度會減少，H^+ 離子濃度會增加，OH^- 離子濃度會減少。其他 SO_4^{2-} 離子濃度不變。而負極石墨棒上因為有 Cu 析出重量會增加，正極的石墨棒沒有改變。</p>	專心聽講	適時複習水溶液中 $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$ 的概念。適時要求學生記錄重點。
		現在討論以銅片為電極	回答問題：	

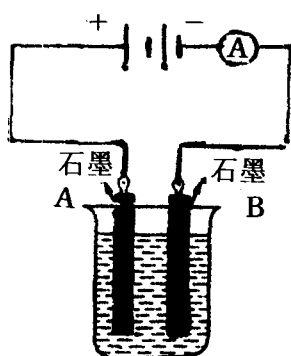
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>的(b)電解槽。</p> <p>要學生回答上次實驗觀察結果。</p>	<p>(b)以銅片為電極，正極的銅片有耗損的跡象，負極的銅片有物質附着在上面。</p>	
	半反應	<p>先看負極的附近有 Cu^{2+}，H_2O，和Cu片，結果顯示，和(a)相同在這邊發生 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 半反應，新生成的Cu附着在做為負極的銅片上。</p> <p>再看正極的附近有 SO_4^{2-}，H_2O和Cu片，從實驗結果並沒有O_2生成，推知H_2O並沒有反應，而是Cu片失去電子生成Cu^{2+}離子，半反應如下：$\text{Cu} \rightarrow 2\text{e}^- + \text{Cu}^{2+}$，所以正極的銅片有耗損的跡象。</p> <p>提醒學生注意，當溶液中有一個Cu^{2+}得電子生成Cu，就有一個Cu原子在正極失去電子變成Cu^{2+}，所以溶液中的Cu^{2+}濃度得以維持不變。而且，溶液中其它的離子濃度也不會改</p>	專心聽講	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		變。		
26 35 分	全反應	<p>舉例說明其它電解反應，例如：第一冊第3章電解水的反應，其實是電解NaOH水溶液，要求學生共同討論這個電解反應。</p> <p>另外在第三冊第17章，提到電解食鹽水製造NaOH反應，</p> $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{電解}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2。$ <p>要求學生共同討論這個電解反應。</p>	<p>參與討論。</p> <p>① $\text{NaOH} \xrightarrow{\text{解離}} \text{Na}^+ + \text{OH}^-$</p> <p>② 正極半反應及產物</p> <p>③ 負極半反應及產物</p> <p>參與討論：</p> <p>① $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$</p> <p>② 正極半反應及產物</p> <p>③ 負極半反應及產物</p>	
36 40 分	能量守恒 電能轉換	<p>綜合以上所講的，這是一種利用電能來使物質產生化學變化的反應，稱為電解。就能量守恒的觀點，可以解釋成輸入的電能轉變成化學能了。</p> <p>比較這兩個同樣是電解CuSO₄溶液的實驗，可以看出使用不同電極棒會造成不同的結果，可以推知不同的條件下會有不同的半反應進行，</p>	專心聽講	

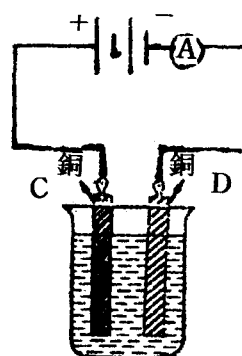
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		這些應該要靠實際作實驗才能得知結果。		
41 50 分		利用上述兩個電解槽的裝置，說明電鍍的原理，要求學生討論若要在物體上鍍銅要選擇那一個裝置？為什麼？	參與討論： ①選擇以銅片當電極的裝置(b) ②因為： (a)溶液中 Cu^{2+} 濃度可以維持不變 (b) Cu^{2+} 可以源源不斷地補充。 (c)……。	
		說明如何裝置電鍍槽，如何選適當的電鍍液，以及其它注意事項。舉電解精煉及電鑄為例，說明電解反應的應用。	專心聽講	

七、評量分析：

下圖是電解硫酸銅 (CuSO_4) 溶液的裝置圖，請根據此圖回答下列問題：



(甲) 硫酸銅溶液



(乙) 硫酸銅溶液

1. 分別寫出甲、乙兩個電解槽的溶液中，在通電前所有可能存在的離子。

答：Cu²⁺：39人(78%) SO₄²⁻：37人(74%)

H⁺：20人(40%) OH⁻：15人(30%)

評析：能寫出Cu²⁺和SO₄²⁻者佔大多數，學生經由22-3電池單元以及本單元的學習已經對CuSO₄解離十分熟悉。能寫出H⁺、OH⁻者，約為上述者的一半，大部學生不會想到在這裏考慮水的解離，而寫出H⁺者較多，可能是因為背了電解時正極半反應方程式之故。

2. 簡單敘述通電後各種離子移動的情形。

答：① 陽離子(Cu²⁺，H⁺)游向負極(B，D)

32人(64%)

② 陰離子(SO₄²⁻，OH⁻)游向正極(A，C)

23人(46%)

評析：只有半數學生對於通電後溶液中陰、陽離子因正負相吸而移動，這種看不到的抽象事件，能夠瞭解，而且，只寫出Cu²⁺離子游向負極者較多，也可能是背了負極半反應方程式之故。

3. 通電後，那一個電解槽會有氣泡產生？氣泡會在那一極附近產生？你認為那是什麼氣體？寫出這個反應的半反應式。

答：① 甲：43人(86%)

② 正極：44人(88%)

③ 氧氣(O₂)：46人(92%)

④ 2H₂O → 4e⁻ + O₂ + 4H⁺：35人(70%)

評析：做了實驗，經過討論與講解，學生對於以石墨為電極這個電解槽，會產生氧氣的現象，已經有深刻的印象，而半反應方程式和氣體在那一極生成是須要記憶的，答對的人略少。

4. 描述甲電解槽中，兩個電極的重量變化。

答：① A（正極）：不變。33人（66%）；減輕9人（18%）

② B（負極）：增加。41人（82%）；不變5人（10%）

評析：實驗時，負極上很明顯可以看出有銅析出，所以印象深刻，而正極的變化就不那麼明顯，需要靠記憶。往後教學時，要注意這部份講解，讓學生更容易瞭解。

5. 描述甲電解槽中，溶液中各種離子濃度改變的情形。

答：〔 Cu^{2+} 〕減少。31人（62%）

〔 H^+ 〕增加。18人（36%）

〔 SO_4^{2-} 〕不變。11人（22%）

〔 OH^- 〕不變。7人（14%），沒有人寫〔 OH^- 〕減少。

評析：大部份學生只寫出與反應有關的離子。有半數以上學生瞭解 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 半反應發生後〔 Cu^{2+} 〕減少，也有一部份會想到 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{e}^- + \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ 半反應中有 H^+ 生成，所以可以寫出〔 H^+ 〕增加。值得注意的是學生對於〔 H^+ 〕增加，〔 OH^- 〕就減少的概念很難形成。這應該在17章時多下功夫。

6. 描述乙電解槽中，兩個電極的重量變化。

答：① C（正極）減輕。43人（86%）

② D（負極）增加。44人（88%）

評析：學生對於這個電解槽的反應比較記得，一方面實驗時可以看出一些跡象。另一方面，在電鍍應用時又再次強調，加深了記憶。

7. 描述乙電解槽中，溶液中各種離子濃度改變的情形。

答：“都不變”者。21人（42%）

〔 Cu^{2+} 〕不變。16人（32%）

〔 SO_4^{2-} 〕不變。12人（24%）

〔 H^+ 〕，〔 OH^- 〕不變。各7人（14%）

評析：大部份學生可以明瞭這個電解槽的反應，於是可以記得溶液中各離子濃度不變的現象。

8. 如果你想在一隻鐵製的湯匙上鍍銅，你會選擇甲還是乙？為什麼？

答：① 選乙。45 % (90 %)

② [Cu^{2+}] 不變：5 人

Cu^{2+} 可以不斷補充：6 人

正極是 Cu：11 人

效果好：3 人

沒寫原因者 20 人。

評析：學生對於電解反應應用在電鍍上，非常容易接受。但是對於說明原因就有些困難，很難看出他是真的瞭解為何要採用乙電解槽，還是死記答案。因為課本上有寫出電鍍的方法和條件。

9. 選好之後，你要把鐵製湯匙掛在那一極？為什麼？

答：① 負極 (D)：45 人 (90 %)

② 負極有 Cu 生成：31 人 (62 %)

($\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$)

湯匙是被鍍物：5 人 (10 %)

沒寫原因者：9 人 (18 %)

評析：大部份學生都能瞭解電鍍的反應。值得注意的是有一部份學生回答“因為湯匙是被鍍物”，與課本上所寫的電鍍時被鍍物要掛在負極相同。有可能是死記答案。

範例二 曾干城老師之教材教法(一)

一、教學單元：電池（22-3）

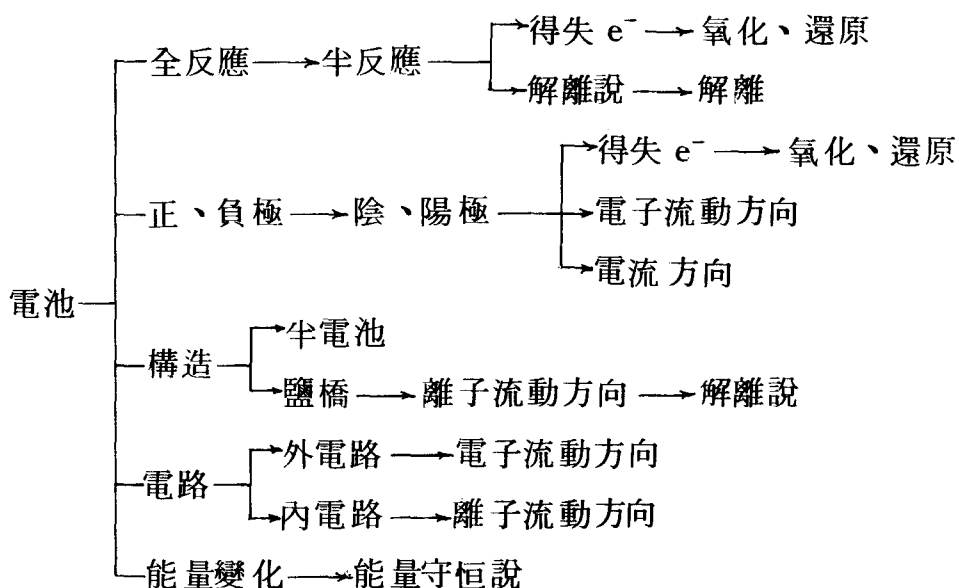
二、教學目標：

- (一) 使學生能說出電池的能量變化
- (二) 使學生能繪出鋅銅電池的構造圖
- (三) 使學生能說明並寫出鋅銅電池的兩極所發生的化學變化
- (四) 使學生能說出導線中電子流動的方向與電流的方向
- (五) 使學生能指出鋅銅電池的正、負極
- (六) 使學生能說明溶液中陰陽離子流動的方向
- (七) 使學生經由實驗說明鹽橋的功用
- (八) 使學生能說明“內盛易解離鹽的溶液的U形管”叫鹽橋的原因
- (九) 使學生經由兩極的半反應，寫出鋅銅電池的全反應方程式
- (十) 使學生由實驗中認識鋅銅電池的構造
- (十一) 使學生了解鋅銅電池的電壓變化與時間的關係
- (十二) 使學生由實驗中認知鋅銅電池的溶液顏色變化
- (十三) 使學生由實驗中認識鋅銅電池反應後，鋅片、銅片的莫耳數（或重量）的變化情形
- (十四) 使學生由實驗中學得電池的簡易製法
- (十五) 使學生能說出銅銀電池的反應細節

三、教學對象：常態分班的三年級下學期的學生

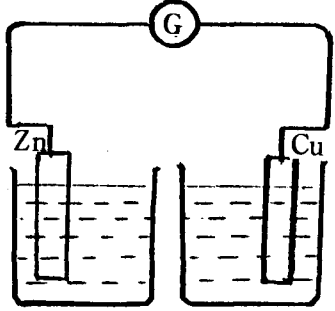
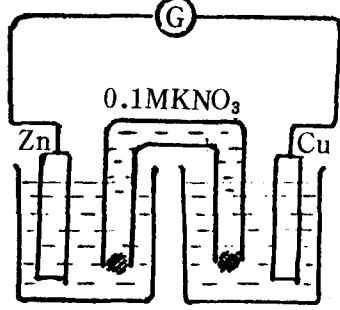
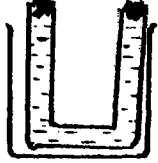
四、教學時間：兩節，共100分鐘

五、概念分析：



六、教學活動設計：

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
2 分 鐘		引起動機： 說明“電”在今日社會中普遍利用及伏打發明電池的經過，引發學生學習電池的興趣。	傾聽，並提出問題。	
3 4 分	“電池” 說明	電池是利用化學變化來產生電流的裝置；或說：把化學能轉換成電能的裝置。 * 聲、光、熱、電、磁、動能、位能、化學能、太陽能、核能等均為能量的不同形式，“能”不會無中生有或憑空消失，而是在不同形式間互相轉換罷了！	傾聽，或發問其他能量間的轉換問題。	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
4 5 分	鋅銅電池的構造圖(沒放鹽橋)	<p>教師繪出鋅銅電池的構造圖(缺鹽橋)，問：</p>  <p style="text-align: center;">0.1M ZnSO₄ 0.1M CuSO₄</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 檢流計的指針偏轉否？為什麼？ 2. 檢流計的指針不偏轉，表示什麼？ 3. 把內盛易解離鹽類的水溶液的 U 形管兩端分別放入兩燒杯內如圖(一)所示，檢流計偏轉否？為什麼？  <p style="text-align: center;">0.1M ZnSO₄ 0.1M CuSO₄</p> <p>說明</p> <p>電流必須構成迴路，否則就是斷路，檢流計不偏轉。 此系統中到底發生什麼反應</p>	 <p>思考、回答教師的問題，但原因說明則欠理想。斷路，沒有電流。思考，回答，但理由說明則不夠深入。</p>	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		，使檢流計偏轉？		
8 10 分	兩電極發生的反應 說明	<p>1. 在甲燒杯內的鋅片有 “$Zn \longrightarrow 2e^- + Zn^{2+}$” 的趨勢，同時溶液中的 Zn^{2+} 有 “$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$” 的趨勢。</p> <p>2. 在乙燒杯內的銅片有 “$Cu \longrightarrow 2e^- + Cu^{2+}$” 的趨勢，同時溶液中的 Cu^{2+} 有 “$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$” 的趨勢。</p> <p>3. 在(1)，(2)中到底那個反應會發生？</p> <p>比較鋅、銅兩金屬，知鋅的活性大於銅，對金屬言：活性大表示失去電子的趨勢較強，故發生的反應在甲燒杯內是 $Zn \longrightarrow 2e^- + Zn^{2+}$ 在乙燒杯內，則是 $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$</p>	<p>傾聽</p> <p>傾聽</p> <p>回答，但說不出具體原因。</p> <p>傾聽並發問</p>	
	陽極、陰極的定義 說明	<p>發生“失去電子”反應的電極，叫陽極；發生“獲得電子”反應的電極，叫陰極。</p> <p>問：在鋅銅電池中，鋅片是陽或陰極？銅片叫什麼極？</p> <p>鋅片失去電子後，Zn^{2+} 溶</p>	<p>傾聽</p> <p>陽極 陰極</p>	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
	正、負極的定義	入溶液中，而電子就經由導線流向銅片，溶液中的 Cu^{2+} 從銅片獲得2個電子後析出在銅片上。因此，鋅片上電子不斷地湧出，電子帶負電，故鋅片是負極；銅片上的電子則不斷地供給 Cu^{2+} 使析出在銅片上，好似電子缺乏似的（事實上沒有缺乏），缺乏電子，少了負電，故叫正極。	學生必因陽極是負極，陰極是正極而困擾〔教師須再次說明及提及電池的陰、陽（正、負）極與電解不同才行〕	
6 7 分	結論： 電子在導線向流動方向。 電流的方向	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電子流動的方向是由活性較大的金屬電極（鋅極）經導線流向活性較小的金屬電極（銅極）。由於電流方向與電子流動方向相反，可推知電流是由活性小的金屬電極（銅極），經導線，流向活性大的金屬電極（鋅極）。 2. 活性大的金屬電極（鋅極）的重量必減輕；而活性小的金屬電極（銅極）重量必增加。 3. 由於乙燒杯內Cu^{2+}不斷變成Cu析出，Cu^{2+}濃子減少，溶液顏色變化，藍色會變淡。 	<p>學生可正確回答電流的方向</p> <p>學生可正確回答兩個電極重量的變化</p> <p>學生可正確回答溶液顏色變化</p>	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
4 5 分	鹽橋的功用 說明	<p>在整個鋅銅電池的裝置中，若取出鹽橋，則檢流計的指針不偏轉。那麼這裝有易解離鹽類溶液的U形管在整個反應中扮演的角色是什麼呢？</p> <p>先考慮甲燒杯內的反應“$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$”，鋅原子放出$2e^{-}$後變成鋅離子溶入溶液中，則溶液中陽離子的正電總量大於陰離子的負電總量，不符阿瑞尼士解離說中的溶液呈電中性，為維持溶液電中性，U形管內的NO_3^{-}離子，通過棉花移向甲杯；同理可推知：U形管內的K^{+}向乙燒杯移動，維持乙燒杯溶液的電中性。</p>	<p>答溶液顏色變化</p> <p>傾聽</p> <p>傾聽並回答，或提出問題</p>	
5 6 分	結論 鹽橋名稱的由來 溶液中離子向	<p>1. 裝有易解離鹽類溶液的U形管，將分離的甲、乙兩溶液聯繫起來，有“橋”的功能；又內盛易解離“鹽類”的溶液，故稱為“鹽橋”。</p> <p>2. 鹽橋內的陰、陽離子事實上會分別向甲、乙兩溶液</p>	<p>傾聽，並提出問題</p>	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
	移動方向	移動，以維持溶液的電中性。陽離子的流動方向即電流方向。如：電流由銅極經導線到鋅極，陽離子由鋅極經溶液流向銅極，形成迴路。而陰離子流動的方向到與電流方向相反。		
3 5 分	鋅銅電池的全反應 說明	<p>既知鋅極的反應為“$Zn \rightarrow 2e^- + Zn^{2+}$”銅極的反應為“$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$”。</p> <p>試問：那個反應先發生？</p> <p>又問：其全反應方程式要怎麼寫？</p> <p>在一個反應中，得失電子的數目一樣多，故將兩個半反應相加，消去電子數即得全反應方程式</p> $Zn + Cu^{2+} + \cancel{2e^-} \rightarrow Zn^{2+} + \cancel{2e^-} + Cu$ $\therefore Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$ <p>又問：由全反應方程式知：當鋅片溶去一莫耳時，銅片上將析出銅多少莫耳？</p>	<p>學生踴躍回答</p> <p>思考、回答，嘗試寫出全反應方程式</p> <p>回憶化學方程式的意義，作答</p>	
	鋅銅電池的裝	<p><第二節></p> <p>1.配製 0.1M $CuSO_4(aq)$ 及 0.1M $ZnSO_4(aq)$ 各</p>	依實驗 22-3 鋅銅電池的實驗步	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
8 10 分	置操作 電流方向	2升1 M的 $\text{KNO}_3(\text{aq})$ ， 1升備用。備毫安培計、 導線、U形管、棉花、鋅 片、銅片、砂紙、橡皮塞 等。	驟裝置鋅銅電池 (鋅片、銅片須 先用砂紙除去表 面氧化物，並用 水洗淨) 偏轉，表示有電 流流通。 其偏轉方向為電 流方向。 反向稍微動一下。	毫安 培計 指針 僅能 單向 偏轉
3 4 分鐘	鹽橋的 功用	2.問：毫安培計的指針偏轉 否？其偏轉方向是否為電 流方向？若將導線反向連 接，毫安培計的指針偏轉 否？ 3.取出鹽橋後，毫安培計的 指針偏轉否？ 4.取出鹽橋，改以橡皮塞代 替棉花，再放入原位置時 ，指針偏轉否？由此知鹽 橋功能是什麼？	由實驗知：否 由實驗知：否 鹽橋內離子的移 動使溶液呈電中 性，是保持電流 流動的關鍵。	
2 3 分鐘	電流大 小與時 間的關 係 銅銀電 池	5.把一切裝置都恢復原狀， 觀察一段時間後，毫安培 計指針的偏轉有無變小？ 及 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 顏色的變 化情形。 6.以下介紹另一個伏打電池 ——銅銀電池其裝置如下 ：	把鹽橋兩端分別 用棉花塞住，再 依步驟裝妥後， 靜置。	教師 在黑 板上 繪出 銅銀

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>試問：</p>		電池的全圖
3 4 分鐘	電池的正、負極說明	<p>①正極是銅極或銀極？你如何作此判斷？又負極是那一極？</p> <p>*教師作結論時，應與鋅銅電池配合說明，並提示正、負極是由兩電極互相比較而來。</p>	學生踴躍回答，並說明原因	重要的是作此判斷的原因
2 3 分鐘	電流的方向	<p>②電流的方向在導線及溶液中如何？又溶液中陰、陽離子移動情形如何？</p>	學生踴躍作答（由銀片經導線到銅片）（甲燒杯內的 Cu^{2+} 與鹽橋中的 K^+ 向乙燒杯移動）	
4 5 分鐘	正、負極的半反應及全反應	<p>③在正、負極的半反應如何？全反應如何？</p> <p>*教師應提示在一反應中得、失電子數一樣多</p>	<p>正極反應： $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$</p> <p>負極反應： $\text{Cu} \rightarrow 2\text{e}^- + \text{Cu}^{2+}$</p> <p>全反應 $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$</p>	請學生到黑板

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
6 7 分 鐘		<p>④若負極銅片溶掉一莫耳，則正極銀片上有若干莫耳銀析出？</p> <p>已知：原子量 Cu = 63.5 Ag = 108，若銅片減輕 6.35 g，銀片應增加或減輕多少克？</p> <p>7. 觀察鋅銅電池的電流有無隨時間而減小？ CuSO₄(aq) 顏色變化如何？</p>	<p>回答 正極銀片析出2 莫耳</p> <p>銀片增加21.6 克</p> <p>不易察覺電流的 變化及溶液顏色的 變化</p>	上書寫，再全班討論。
2 分 鐘		<p>實驗結束，收拾器材</p> <p>①溶液倒入講桌旁大容器內，以免造成污染。</p> <p>②棉花丟入垃圾桶，燒杯、U形管洗淨。與導線、毫安培計放入實驗箱中排列整齊。</p> <p>③鋅片、銅片洗淨後也一併放入實驗箱中。</p> <p>④由各組值日生將實驗箱送回設備組，理化小老師負責督導。</p> <p>⑤討論實驗時發生的各項問題。</p>	<p>按教師指示，逐項完成</p> <p>提出疑難問題</p>	

曾干城老師之教材教法(二)

一、教學單元：電解及其在工業上的應用

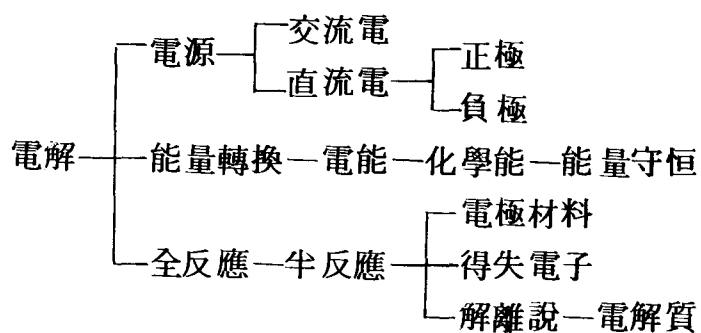
二、教學目標：

1. 使學生能說出電解時的正、負極。
2. 使學生能寫出電解時正、負極發生的半反應，進而寫出其全反應方程式。
3. 使學生能說明電解時，溶液中離子濃度的變化情形。
4. 使學生能說明電解時，用不同材料的電極，發生的半反應也不同。
5. 使學生能說明電解時能量的轉換情形。
6. 使學生能夠說明為何電解時要用直流電的原因。
7. 使學生能辨別用不同材料電解硫酸銅溶液後，溶液 pH 值的變化。

三、教學對象：常態分班的三年級下學期的學生

四、教學時間：二節，共 100 分鐘

五、概念分析：



六、教學活動設計：

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
2 3 分鐘		<p>引起動機：</p> <p>在二上的第三章曾做過電解水的實驗。正極可得有助燃性的氧氣，負極得有可燃性的氫氣。那位同學能說出電解時什麼叫“正極”？什麼叫“負極”嗎？</p> <p>為什麼氧會在正極析出，而不是在負極析出？又氫在負極析出呢？</p> <p>教師在與學生討論後說明：</p> <p>電解時，接在電源正極的電極叫正極；接在電源負極的電極叫負極。繪出以碳棒為電極，電解硫酸銅溶液的全圖如下：</p>	<p>回答、討論</p> <p>回答、討論</p>	
17 20 分鐘	<p>正極、負極</p> <p>以碳棒為電極的電解槽</p>	<p>0.1M$\text{CuSO}_4(\text{aq})$</p> <p>問：甲、乙為碳棒，那一極是正極？那一極是負極？</p> <p>說明：甲電極接在電池組的正極，叫正極，乙是</p>	<p>傾聽，注意電解時正、負極的定義。</p> <p>回答</p>	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
	負極反應	<p>負極。</p> <p>硫酸銅晶體在水中，解離成 Cu^{2+} 與 SO_4^{2-}，通入直流電後，Cu^{2+} 因正、負電相吸移向負極，接受兩個電子，析出在負極上</p> $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	傾聽	
	正極反應	<p>SO_4^{2-} 移向正極，但因 SO_4^{2-} 穩定，不被電解，改電解水，故正極發生之反應為</p> $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$	傾聽	
	全反應	<p>在一反應中，其電子的得失一樣多，故上述兩半反應合併成全反應時，負極半反應的均衡係數應乘以 2，再與正極半反應相加，得</p> $2\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{電解}} 2\text{Cu} + 4\text{H}^+ + \text{O}_2$	傾聽、發問	
	溶液中 pH 值的變化	<p>因反應後，H^+ 濃度增加，故溶液 pH 值降低，酸性變大（硫酸銅溶液本就是弱酸性，電解後酸性變大）。</p>	傾聽、發問	
	溶液中 Cu^{2+} 濃度的變化	<p>溶液中的 Cu^{2+} 因析出，故濃度變小，SO_4^{2-} 則因不被電解濃度改變（事實上，稍為變大，因水被電解，水量減少）。</p>		
	以銅棒	再繪出一以銅棒子電極，電		

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
15 17 分鐘	為電極的電解槽	<p>解硫酸銅溶液的全圖如下：</p> <p style="text-align: center;">0.1M$\text{CuSO}_4(\text{aq})$</p> <p>問：</p> <p>①甲、乙兩電極，那一個是正極？那一個是負極？</p> <p>②硫酸銅在溶液中如何解離？</p> <p>③通入電解槽的是直流或交流電？</p> <p>④通入直流電有何作用？</p>	<p>回答</p> <p>上台在黑板上作答</p> <p>回答</p> <p>回答</p>	
	負極反應	<p>不同？首先，溶液中的 Cu^{2+} 在通電後，移向負極接受 2 個電子析出。</p> $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ <p>此時溶液中的正電總量將減少，溶液非電中性，故正極的銅棒的銅原子即釋出 2 個電子變成離子溶入溶液中，維持溶液的電中性。</p> $\text{Cu} \rightarrow 2\text{e}^- + \text{Cu}^{2+}$	<p>傾聽</p>	
	正極反應		<p>傾聽、發問</p>	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>(水的電解較不易發生)</p> <p>這正、負極的半反應，實際上是同時發生，當溶液中的一個 Cu^{2+} 在負極析出的同時，正極的一個 Cu^{2+} 也恰溶入溶液中，故溶液一直保持電中性，溶液中 Cu^{2+} 濃度一定，溶液顏色不變，又因無 H^+ 濃度的變化，故溶液 pH 值亦不變。</p> <p>故電解時，電極的材料不同，產生的反應也不同，連帶着其他方面也會有許多不同處。</p> <p>同學們，請試着把以碳棒及銅棒為電極，電解硫酸銅溶液有何不同點及相同處，逐項列出。</p> <p>現在那位同學能說明為何氫會在負極析出，氧會在正極析出？</p>	<p>討論，並提出看法，師生共同討論。</p> <p>思考、回答</p>	
	電鍍的功用	<p>(第一節)</p> <p>電解在工業上的應用有：電鍍、電煉、電鑄等。電鍍除了可增加美觀外，尚可保護內部金屬，使不再繼續氧化，如單車的把手部分，鍍成銀白色的，除了好看外，尚</p>		

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
	置圖	理是電解，且要使析出的原子能牢牢地附在被鍍物上，故被鍍物表面不導電的銹斑、油污均需除去，洗淨後掛在負極上，正極用鎳片，電鍍液中要含有 Ni^{2+} ，通電後， Ni^{2+} 移向負極，接受2個電子，析出在負極上		
	負極反應	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ni}$		
	正極反應	同時，正極的鎳片放出2個電子後溶入溶液中 $\text{Ni} \longrightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$ 溶液中的 Ni^{2+} 濃度不變。故知正極鎳片重量應減少，其減少的量，恰等於負極上析出鎳的重量。		
	影響電鍍品質好壞的因素	問：依據在電解時獲得的經驗，電鍍時，電鍍液濃度的大小，電流的強弱，對電鍍品質的好壞有無影響？還有那些因素會影響電鍍品質的好壞？ 說明：電鍍時，除了把被鍍物表面處理乾淨外，溶液的濃度、溫度、電流的大小等都會影響電鍍的品質。電鍍完畢，取出被鍍物後，先用	思考，回答，討論	

時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>極反應又如何？電解液中 Cu^{2+} 濃度變化如何？</p> <p>說明：發生在負極的反應為 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu}$</p> <p>而發生在正極的反應為 $\text{Cu} \longrightarrow 2\text{e}^{-} + \text{Cu}^{2+}$</p> <p>故溶液中 Cu^{2+} 濃度不變，溶液顏色當然也不變。</p>	<p>論</p> <p>傾聽，發問</p>	
		<p>電鑄的原理也是電解，但其被鍍物是不導電的物質，為使其能導電，常在表面噴石墨，再看要鍍銅或鎳，來決定選用的正極物質及電解液。</p> <p>如唱片的複製，先在已錄音的臘盤上噴石墨，掛在負極上，正極用鎳片，電解液用硫酸銨亞鎳溶液，通直流電，鎳便析出在負極臘盤上，取下鎳版，即成與原錄音盤相反的凸版，再用此凸版複製唱片，即得與臘盤上相同的錄音。所以唱片的複製即利用電鑄的技術。</p> <p>（實驗另找一堂課進行）</p> <p>（第二節）</p>		

評量試題分析〈試題如附〉

- (一) 1. 在甲杯發生的半反應為“ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu}$ ”，乙杯則為“ $\text{Zn} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^{-}$ ”。

在受測的 76 位學生中，答對的佔 57.9%。答錯的學生中，空白未作答的佔大多數，離子電荷數寫錯，或得失電子的離子方程式錯的較少數。在常態編班的班級中，這種情形屬於正常。

2. 電流的方向是由銅片經導線到鋅片；而電子在導線中的流動方向恰相反。

本題採填空式作答，是希望藉此引導學生如何作答，不料竟有 15.8% 的學生猜答，以同樣的流向回答這兩小題（即兩題答案均填銅片流向鋅片，或填鋅片流向銅片），結果必然會答對其中一題，這是投機取巧的作法，故評量試題實不宜採用這種題型。本題全答對的佔 61.2%，空白未作答及全答錯的佔 23.0%。

3. 本題的用意在評量學生是否了解“陰、陽離子應如何流動才能維持溶液的電中性”，也可評量學生是否了解電流的定義——正電荷流動的方向。在導線中正電荷從高電位流向低電位，在電池內電路（溶液中）到由低電位流向電位。其答案是陽離子應流向甲杯，陰離子流向乙杯，以維持溶液的電中性。

本題答對的佔 54.0%，不知陰、陽離子的流向，却知要維持溶液電中性的佔 39.5%。可見學生知道溶液電中性的重要，却不知溶液中離子應如何流動才能維持溶液電中性的也不少。

4. 鋅銅電池的全反應方程式為“ $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu}$ ”。

本題答對的有 51.3%，答錯的絕大部分是空白未作答，雖然上課時，一再強調學習伏打電池時，對正、負極所發生的半反應及全反應方程式要特別注意，但答對的學生也恰超過半數而已。可見學生上課時，心不在焉者不在少數。三年級學生中這種放棄學習的心態

- ，實有加以了解的必要。
5. 本題係應用了化學計量及莫耳概念。不了解化學方程式意義的學生無法正確作答。本題答對的佔 60.5%，答錯的以空白未作答者居多，計算錯誤的極少。可見，只要了解化學計量，就很容易正確回答這題。
 6. 鹽橋的功能，係電流的橋樑，它可聯繫兩溶液維持溶液的電中性，使反應得以繼續進行。少了鹽橋，電流沒有迴路，變成斷路。本題只要能回答：維持溶液的電中性或是電流的橋樑，就算答對。若回答說：它是電子流動的橋樑，則算錯。本題答對的佔 74.0%，空白未作答者，比前五題均少，但回答內容錯誤的不少，大多把“離子”與“電子”混了，誤認為鹽橋是電子流通的管道。
 7. 若鹽橋兩端用橡皮塞塞緊，因離子無法通過，電流中斷，故檢流計指針不偏轉。本題答對者佔 57.9%，答錯的同學中回答指針“會”偏轉的佔 14.4%。知道指針不偏轉，但說不出理由者也不少。這題在上課時還特地讓學生討論過檢流計指針不偏轉的原因，但答對的學生仍未超過五分之三。

綜觀有關電池的七個問題，每題答對人數均超過半數，對常態編班的班級，又是三年級的學生來說，尚是不錯的表現。三年級有些低成就的學生，根本就不想學習，上課時既不聽講，復習時也不參與，實驗時拿著儀器、藥品隨興玩弄，評量時，也不讀題目，只把選項①、②、③或④任意填入答案欄，真是令人傷腦筋的一群。也難怪這次評量，空白不作答的不少。

- (二) 對用不同材料作電極，電解硫酸銅溶液時產生的不同變化，原希望學生能把各項不同點逐項列出，故題目中列出幾項作為說明，不料學生僅就列出的各點作答，其他一概不寫。顯然，學生對問答題的作答能力不夠也不耐煩作答，不能把一個題目的答案，很重點的且完整的好好回答。

本題，甲、乙兩電解槽的電極，負極 b、d 因有銅析出，重量增加，a（碳棒）重量不變，c（銅棒）重量減輕。b、d 極反應均為“ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Cu}$ ”，a 極則為電解水“ $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}^{+} + \text{O}_2 +$

$4e^-$ ”，c 極反應為“ $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ ”。故甲電解槽硫酸銅溶液中銅離子濃度變小，乙電解槽硫酸銅溶液銅離子濃度不變。且甲電解槽溶液酸性增加，pH 值變小，溶液藍色變淡，而乙電解槽到無此現象。

本題全答對的及大部份答對的，佔 38.2%，答對者却依電極發生的反應，溶液中離子的濃度（主要討論 Cu^{2+} 及 SO_4^{2-} ）、酸鹼性及顏色上說明，因題目中未提電極重量的變化，所以學生說明電極重量變化的很少。再者，甲電解槽中，正極(a)的半反應為“ $2H_2O \longrightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$ ”，有 H^+ 產生，使溶液的酸性增加，不少學生便誤以為乙電解槽中的硫酸銅溶液為中性。其實，硫酸銅水溶液原為弱酸性，乙電解槽經電解一段時間後，雖無 H^+ 產生，仍應為酸性，而非中性。

- (三) 電鍍，是電解在工業上的應用，除了可使被鍍物增加美觀外，還可保護被鍍物內部金屬，使不再被氧化。由於溶液中的金屬陽離子是在負極接受電子而析出在負極上，故被鍍物應置於負極，但是妨礙原子附着的氧化物及油污，必須在電鍍前先行除去，再把被鍍物洗淨後，掛在負極上。要鍍到被鍍物表面的金屬，則當作正極，電鍍液中需含正極金屬的陽離子。

本題為便於學生作答，把要回答的內容分成電鍍前、正負極反應，其他及電鍍後四個部份。其負極反應為“ $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$ ”而正極反應為“ $Ag \longrightarrow e^- + Ag^+$ ”，其他部份可寫：電鍍液中 Ag^+ 濃度不變，且電鍍時，電流不可過大，否則電鍍層變黑，且高低不平，如沾附黑泥在被鍍物上一般；又電鍍液的 pH 值，溫度高低及有無攪拌等均會影響電鍍的品質。電鍍後，先用清水輕輕洗去被鍍物電鍍層上的電鍍液，再乾燥之，使電鍍層硬化後，用棉布擦亮，電鍍才告一段落。學生作答，較不易完整，能把答案各部份內容列出一、二項的都算對。本題答對的學生佔 39.5%，答錯或空白未作答的也有 39.5%，可見要把一個概念作完整的描述，對學生言，實在不容易。又電鍍槽的裝置圖，能把正極金屬，負極被鍍物的位置，及含 Ag^+ 的電鍍液——硝酸銀或銀氰化鉀溶液標示清楚、正確的、佔 46%，其他屬空白未繪圖或畫錯的，此中有部份對電池組（—|—|—）的正、負極認識

不清楚，不知接電池正極的電極為正極，接電池負極的電極叫負極的，約佔10%，實在出乎意料之外。

- (四) 電煉法精製銅的原理是電解。因還原法製得的銅，純度不夠，如欲製得純銅，則宜用電煉法。其法是以粗銅為正極，純銅作負極，硫酸銅溶液作電解液，通入直流電電解之，即可在負極取得純銅。

本題答對的學生只佔40.8%，未超過半數，空白未作答的不少。或許改用選擇題式，學生較易接受。學生看到是問答題，又要繪製裝置圖，早放棄作答了。所以，電煉法製純銅的裝置圖，畫對的也只佔40.8%，比預期的結果少得多。

- (五) “電池”與“電解”有何不同？在原理上，二者恰相反，電池是利用化學變化產生電能；而電解是通入電能，引起化學變化。電池內的變化屬放熱反應；而電解則屬吸熱反應。電池的陽、陰極分別是負、正極，而電解的陽、陰極則是正、負極。雖然陽、陰極的定義在國中理化教材中並未提及，但視班上學習情形順便提提，學生也能接受，且對電池的陽極不是正極，陰極不是負極感到訝異與不解，待再次說明，並在電解單元中說明電解的正負極及陰陽極時才釋然。

本題只要能說出前段中提及的任一項，且敘說正確，即算答對，答對學生佔53.9%，可見學生對電池與電解的不同，認識尚屬清楚。

評量試題

(一) 右圖為鋅銅電池，請回答下列問題：

1. 試寫出甲杯及乙杯中發生的半反應。

甲杯中的半反應：_____

乙杯中的半反應：_____

2. 試寫出導線上電流的方向及電子流動的方向。

電流由_____經導線流向_____；

而電子流動的方向，則是由_____經導線流向_____。

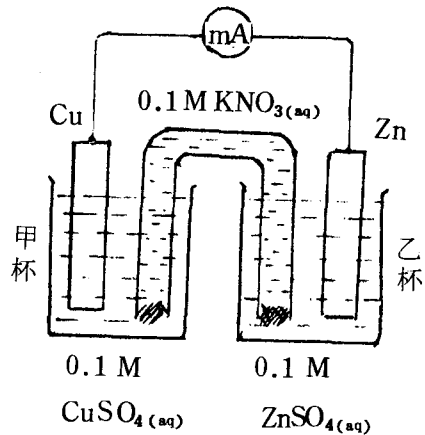
3. 溶液中的陽離子及陰離子流動方向如何？

陽離子將流向_____杯；而陰離子流向_____杯，以維持溶液的_____性。

4. 試寫出鋅銅電池的全反應方程式(參考1題)

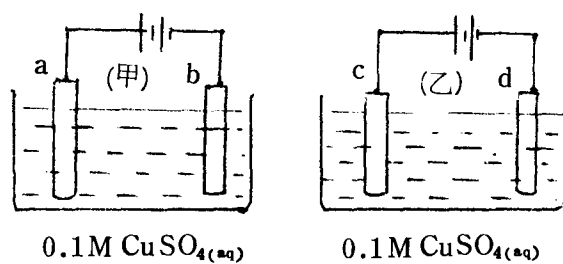
5. 已知原子量 $Zn=65.4$ ， $Cu=63.5$ 。若電池放電一段時間後，鋅片減輕 0.654 克，試根據4題計算銅片會增加或減輕多少克？

6. 試述鹽橋在電池中的功用？



7. 鹽橋兩端若用橡皮塞塞緊，再放入兩燒杯中如上圖，則毫安計的指針能否偏轉？爲什麼？

- (二) 下圖甲、乙兩電解槽，a、b是碳棒，c、d是銅棒，電解硫酸銅溶液。試就電極的反應，溶液中離子的濃度、酸鹼性、或顏色等，說明兩電解槽經電解一段時間後有何不同？



- (三) 買笙要把一銅製手鐲鍍銀，請你爲買笙設計一電鍍的全圖，並詳細說明電鍍前、電鍍中及電鍍後應注意的事項，應做的各種處理。

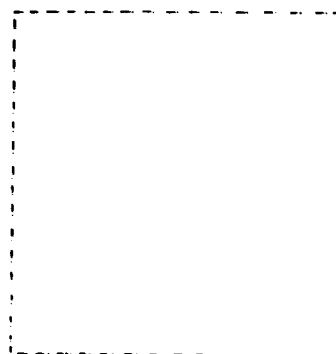
電鍍前：

電鍍中：正極反應：

負極反應：

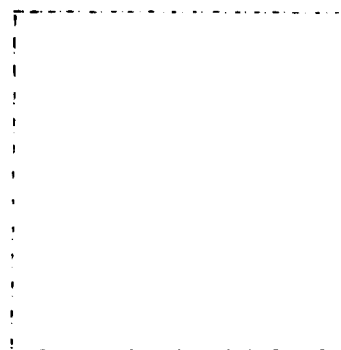
其他：

電鍍後：



電鍍槽全圖

- (四) 倚昇擬用電煉法將粗銅精製成純銅，請你為倚昇設計一電煉法精製銅的全圖，其正、負極的反應及如何得到純銅等，詳細說明。



- (五) 試盡你所知，說明“電池”與“電解”有何不同？

範例三 鄭建立老師之教材教法(一)

一、教學單元：電池

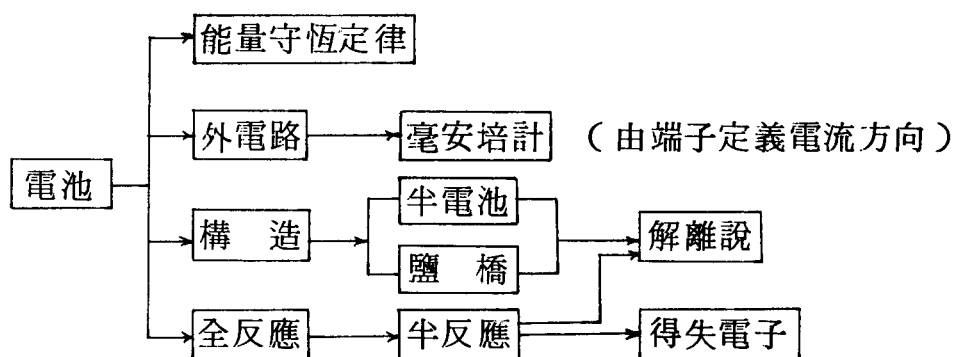
二、教學目標：

- (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）

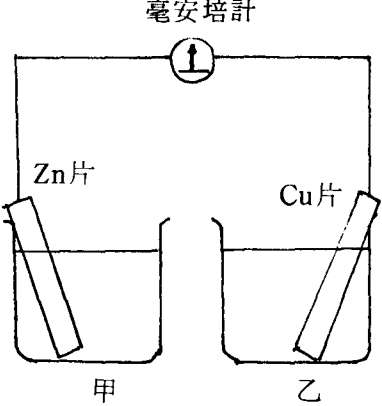
四、教學時間：二小時（含實驗課程）

五、概念分析：



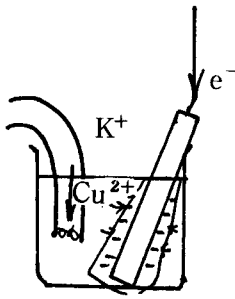
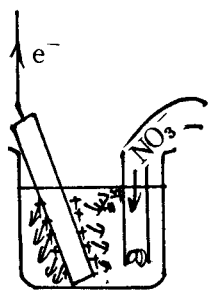
六、教學活動：

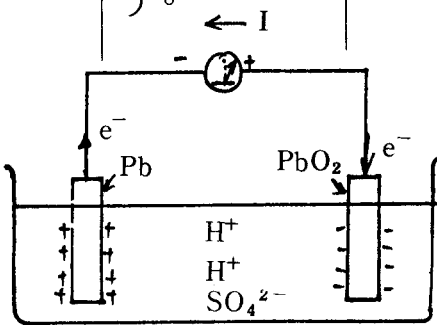
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
10分	電池構造	<p>1.講解：<u>電池的構造</u> (1)半電池是由金屬與電解質溶液構成的。(通常金屬片與電解質的陽離子是相同的元素，係為避免一些其他反應。) 甲杯：Zn片與$0.1\text{M ZnSO}_4(\text{aq})$無色水溶液 乙杯：$\text{Cu}$片與$0.1\text{M CuSO}_4(\text{aq})$藍色水溶液</p> <p>(2)將毫安培計與兩個半電池(Zn-Cu半電池)用導線聯結，裝配線路示範給同學看。(註：此時尚未接上鹽橋)</p> <p>(3)請同學預測： 問：此時毫安培計指針是否會發生偏轉呢？</p>	<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>		

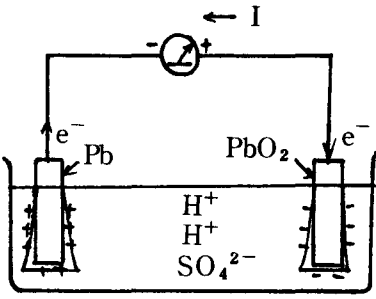
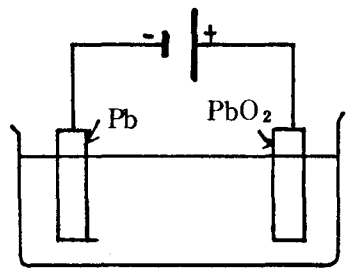
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
		<p>A. Zn-Cu 電池：</p>  <p>0.1M ZnSO_{4(aq)} (無) 0.1M CuSO_{4(aq)} (藍)</p> <p>(A)若兩燒杯間無鹽橋，則毫安培計指針的讀數為零（無電流）呈斷路狀態。</p> <p>(2)展示鹽橋給同學觀察。 說明鹽橋的構造： 由可溶性的鹽類水溶液所組成的電解質水溶液，置於U型管中兩端用棉花塞住兩端，儘量避免內部有氣泡。</p> <p>(B)鹽橋的功用（電流的橋樑） (a)藉可溶性的鹽類溝通電路。 (b)使兩極的溶液保持電中性。 (c)使電流通過的作用。</p>	<p>學生聆聽，筆記重點。</p>	

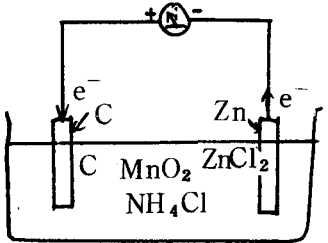
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
20分	電池半反應	<p>(3)待會兒同學實作時，要注意觀察幾件事情：</p> <p>①接上鹽橋後，電流是由毫安培計的那一個端子進入的？</p> <p>②藉由上述的判定，能否推測出電池的正負極呢？鋅是什麼極？銅是什麼極？</p> <p>③經過一段時間後，兩極金屬的表面變化如何？重量變化如何？溶液顏色變化如何？請同學觀察並記錄之（約20分鐘）</p> <p>3. 講解、板書：<u>正、負極、電流方向</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>(C)接上鹽橋後，由毫安培計判定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 style="margin-left: 20px;">{ 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
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> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <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> </div>	<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> 	

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> <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>		
15分	預測電池反應			

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>	<p>要求同學練習繪圖說明</p>	

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 (Zn + Cu²⁺) 與 (Zn²⁺ + 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

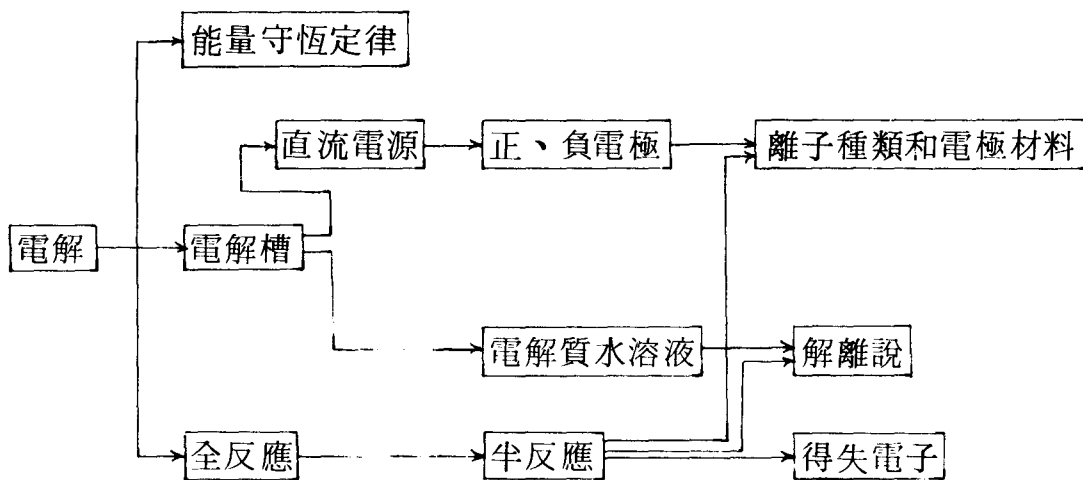
二、教學目標：

- (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。

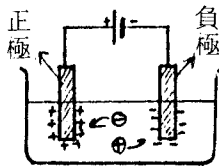
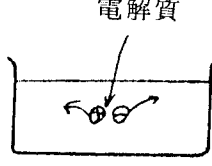
三、教學對象：三年級數理分組班學生（A組）。

四、教學時間：3小時。（以實驗進行為主）

五、概念分析：

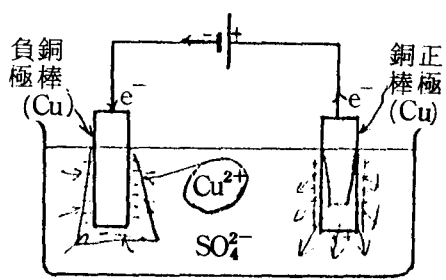


六、教學活動：

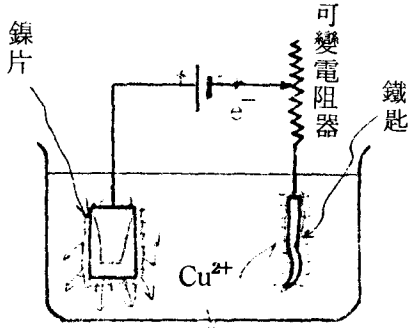
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
15分	電解定義	<p>1.引起動機：</p> <p>問(1)：電解水實驗時必須加入何種物質以幫助導電呢？</p> <p>問(2)：氫氧化鈉為電解質，那電解的定義又是什麼呢？</p> <p>2.講述、板書及說明：<u>電流的化學效應</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>A.電解定義：通直流電使電解質於正、負兩極上分解產生元素態物質的化學作用。</p> <p>(1)電解≠解離</p> <div style="display: flex; justify-content: 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)

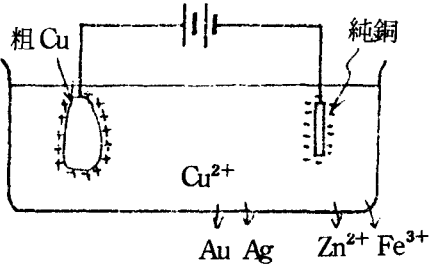
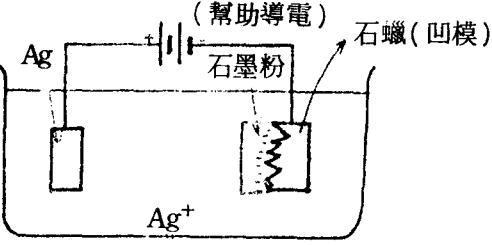
時間	概念	教師活動	學生活動	備註
5分	(實作)	<p>(高電位)者為“正極”，接於電池之負極(低電位)者為“負極”。</p> <p>(a)惰性電極：石墨(C)棒、鉑(Pt)… etc。</p> <p>(b)活性電極：銅、鎳、銀棒等。</p> <p>4.實驗、觀察： 將 $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ 電解，以電源供應器來提供直流電源，且分別將二杯溶液以不同的電極材料(石墨棒、銅棒)為電極。 請同學注意觀察下列幾項事項： (1)接上電源後，正、負極是否有反應？ (2)正、負極的反應是如何呢？ (3)燒杯中溶液的顏色是否有變化？ (4)二燒杯的正、負極、電解質溶液的顏色作對照。 (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。