

馬蓋先的克難電池

高小組化學科第三名

高雄縣烏林國民小學

作 者：簡君怡、劉春慧、徐櫻鶯、陳雅雯

指導教師：黃賽花、李嵐屏

一、研究動機

百戰天龍雖然下檔很久，其中的情節也忘了很多，但是馬蓋先臨危不懼的態度和取之不竭的科學小點子，一直徘徊在我們的腦中，尤其他拿馬鈴薯就能使沒有電池的鬧鐘運行起來，這情節在我們自然課的課外實驗曾經模擬過，但是連小燈泡都沒辦法發亮，是不是我們的實驗設備有問題，抑是弄錯了實驗方向，在探查書籍之後，我們發現只要利用一些實驗室常用的設備就能製造電出來，於是利用課餘時間請老師指導我們進行一連串簡易電池的實驗，實驗之後，以下就是我們整個實驗過程、設計及報告。

二、研究目的

- (一)各種水質對電的影響。
- (二)各種化合物水溶液對電的影響。
- (三)電極金屬的選擇對電的影響。
- (四)電極面積對電的影響。
- (五)電極距離對電的影響。
- (六)水溶液酸鹼值對電的影響。
- (七)水溶液溫度對電的影響。
- (八)水溶液沸點加熱時間對電的影響。
- (九)各種水果果汁對電產生的影響。
- (十)果汁濃度對電產生的影響。
- (十一)複合電極對電的影響。
- (十二)燒杯電池聯結方式及電極聯結方式對電的影響。

三、研究設備與器材

- (一)器材部分：三用電錶，酸鹼測定計，米達尺，加熱爐或本生燈，溫度計、碼錶

、鱷魚夾……等實驗室常用器材。

(二)藥材部份：各式金屬如鎂銅鋅鉛鋁碳硫鐵，各式化學藥品如硫酸銅、食鹽、硫酸錳、硫酸銨、硝酸銀、硝酸鉛、硫酸鉀及小蘇打，各式水質，各種蔬菜，及稀鹽酸和氫氧化鈉。

四、研究過程與推論

(一)各種水質對電的影響

步驟：(1)搜集各式水質，及準備鎂帶銅片做為電極金屬。

(2)將金屬電極掛在三用電錶的兩極（鎂為一極，銅為+極）放進各種水質中，觀察電流電壓和電阻之數據記在下表。

(3)把三用電錶的金屬拿掉，測量電阻的大小。

結果：(表(一)各種水質對電的影響)

電極	水質名稱	電流 毫安	電壓 伏特	電阻 歐姆	備 註
鎂 銅 電 極	R O 純水	0.18mA	0.30V	130000Ω	鎂帶冒泡
	泉 水	0.5mA	0.65V	28000Ω	鎂帶冒泡
	自 來 水	0.05mA	0.80V	26000Ω	鎂帶冒泡
	地 下 水	0.05mA	0.70V	28000Ω	鎂帶冒泡

推論：(1)我們發現步驟(3)的結果中，電壓和電流值為零，而電阻值和有金屬電極一樣，可以證明，要有電的發生一定要有電極金屬且要有反應才行，另外水的電阻要比金屬的電阻大，是故有沒有電極金屬，所測電阻值都一樣。

(2)各種水質對電的影響都不相同，由上表可明顯看出RO純水所產生的電流電阻較大，而電壓則相對較少。

(二)各種化合物水溶液對電的影響。

步驟(1)準備燒杯裝入100公攝的水和3克的各種化合物。

(2)使用鎂銅做電極，把電極金屬聯到三用電錶上，然後插入各種水溶液中，觀察電流電壓和電阻的大小。

結果：表(二)各種化合物對電的影響。

水溶液名稱	電流 毫安	電壓 伏特	電阻 歐姆	狀況 概敍
硫酸銅	2.00mA	1.45V	550Ω	鎂帶冒泡
食鹽	1.50mA	1.40V	220Ω	鎂帶少許冒泡
硫酸錳	0.35mA	1.20V	450Ω	均無起泡

推論：(1)就電壓和電流來看，水中含化合物的要比單純水質來得強。

(2)從電阻值可看出，水中含化合物的，電流很容易經由這些物質傳導到另一邊，是故電阻值要少得非常多。

(3)這項實驗中的鎂帶均會冒泡及產生鏽斑，而鏽斑顏色往往是水中化合物金屬的顏色，所以我們推論，一極的鎂帶有吸收水中金屬的功能，冒泡證明和水溶液反應放出電子。

水溶液名稱	電流 毫安	電壓 伏特	電阻 歐姆	狀況 概敍
硫酸銨	0.85mA	0.55V	600Ω	鎂銅冒泡鎂色白
硝酸銀	0.15mA	0.85V	140Ω	鎂銅均成黑色
硝酸鉛	1.45mA	0.55V	300Ω	反應激烈鎂色黑
硫酸鈉	1.10mA	1.10V	1550Ω	鎂帶冒泡
硫酸鉀	1.25mA	1.17V	4000Ω	鎂帶少許冒泡
碳酸氫鈉	0.25mA	0.80V	8000Ω	鎂帶生白斑

(三)電極金屬的選擇對電的影響。

步驟：(1)準備各種金屬或非金屬的固體。

(2)以自來水為傳導電之水溶液。

(3)將鱷魚夾夾住任選二個不同金屬，插入裝滿水的培養皿兩側使其電極距離相同，為一個250公撮的燒杯寬。

(4)觀察金屬的十一極和三用電錶上的電流、電壓值。

結果：表（三）

電流部分單位：安培mA

	鎂	鐵	鋅	鋁	錫	鉛	銅	硫	碳
鎂		0.28	0.39	0.42	0.48	0.08	0.05	2.10	0.56
鐵	0.5		0.04	0.01	0.03	0.12	0.16	0.14	0.24
鋅	0.6	0.3		0.05	0.04	0.06	0.35	0.02	0.06
鋁	0.8	0.1	0.2		0.05	0.05	0.10	0.05	0.12
錫	0.8	0.5	0.2	0.4		0.05	0.06	0.05	0.11
鉛	1.0	0.6	0.2	0.4	0.1		0.10	0.02	0.10
銅	1.2	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4		0.00	0.06
硫	1.2	0.6	0.2	0.4	0.2	0.2	0.0		0.09
碳	1.4	0.6	0.4	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	

電壓部分單位V

備註：(1)電流部分的數據是依照上方電極為+極，左方電極為-極。

(2)電壓部分的數據，上方電極為-極，左方電極為+極。

推論：(1)從電壓部分可看出一個放出電子能力的排列順序為鎂>鐵>鋅>鋁>錫>鉛>銅>=硫>碳，其中電壓有其關係式存在，例如鎂>鋅約0.6伏特，鎂>銅約1.2伏特，而實驗出鋅>銅約0.6伏特，很合乎數學關係式的存在，也許有些誤差存在，但大都符合強弱的排序。

(2)就電流來看，電壓相距愈大，電流產生愈大，相距為零則沒有電流產生，證明電池的兩邊絕不能為放出電子能力相同的兩種物質，故電池兩極金屬不能用同樣金屬。

(3)從電極的十一來看，放出電子能力愈強的金屬要連結三用電錶的一極，三用電錶的指針和螢幕才變成正向的數字。

(四)電極面積對電的影響。

步驟：(1)用剪刀裁剪鎂帶和銅片各長1公分和寬0.5公分的大小。

(2)將鎂帶夾於一極，銅片夾於+極，每次夾取實驗所需塊數插入自來水中，量取電壓和電流值的大小。

結果：表（四）金屬面積：0.5平方公分。

鎂帶塊數	銅片塊數	電流 毫安	電壓 伏特	備註
一	一	0.19mA	0.9V	鎂帶冒泡銅無反應
一	二	0.23mA	1.0V	鎂帶冒泡銅無反應
一	三	0.21mA	0.9V	鎂帶冒泡銅無反應
二	一	0.16mA	0.8V	鎂帶冒泡銅無反應
二	二	0.22mA	0.9V	鎂帶冒泡銅無反應
二	三	0.20mA	0.9V	鎂帶冒泡銅無反應
三	一	0.23mA	1.0V	鎂帶冒泡銅無反應
三	二	0.24mA	1.1V	鎂帶冒泡銅無反應
三	三	0.26mA	1.2V	鎂帶冒泡銅無反應

推論：從右表來看，數據變化不大，可見電極在水面積大小對電沒什麼相關聯存在。

(五)電極距離對電的影響。

步驟：(1)使用鎂帶和銅片做為電極，並準備一個水族箱。

(2)米達尺放入水族箱，依距離的不同在適當位置插入電極金屬並觀察三用電錶上電流電壓以及電阻值。

結果：表（五）電極間距離對電的影響。

電極距離 公分	電流 毫安	電壓 伏特	電阻 歐 姆
26cm	0.15mA	1.20V	31000Ω
23cm	0.15mA	1.20V	30000Ω
20cm	0.15mA	1.20V	28000Ω
17cm	0.15mA	1.20V	26000Ω
14cm	0.20mA	1.20V	22000Ω
11cm	0.20mA	1.20V	24000Ω

推論：(1)從電流看，距離愈近愈大。

(2) 從電壓來看，距離和電壓大小不成比例。

(3) 從電阻來看，距離愈近愈小。

電極距離 公分	電流 毫安	電壓 伏特	電阻 歐姆
9cm	0.20mA	1.20V	24000Ω
7cm	0.25mA	1.20V	23000Ω
4cm	0.25mA	1.20V	20000Ω
1cm	0.30mA	1.20V	18000Ω

(六)水溶液酸鹼值對電的影響。

步驟：(1)用稀鹽酸和氫氧化鈉調製酸鹼度1到13的水溶液。

(2)取上述溶各200公攝為實驗樣本，鎂帶和銅片當電極，距離為一個250公攝燒杯的寬度，觀察三用電錶及水溶液酸鹼度的改變，金屬在水溶液中30秒。

結果：表(六)水溶的酸鹼對電的影響。

酸鹼值	電流 毫安	電壓 伏特	電阻 歐姆	反應後酸鹼值
1	5.00mA	1.8V	2400Ω	1.02
2	1.25mA	1.7V	2600Ω	2.16
3	0.25mA	1.6V	6500Ω	3.28
4	0.22mA	1.5V	7500Ω	4.78
5	0.21mA	1.5V	8500Ω	5.93
6	0.15mA	1.4V	10000Ω	6.90
7	0.10mA	1.4V	13000Ω	8.14
8	0.01mA	1.2V	14000Ω	8.46
9	0.10mA	0.4V	15000Ω	9.47
10	0.10mA	0.8V	15000Ω	10.56
11	0.15mA	1.2V	16000Ω	11.54
12	0.50mA	1.5V	13000Ω	12.17
13	0.00mA	0.4V	12000Ω	12.92

推論：(1)從電流來看，從強酸到強鹼，電流像一座山谷，最低點在酸鹼度為8的地方；電壓亦同，但電阻則像山峰，正好和電流電壓相反。

(2)唯一例外在酸鹼度13的地方，電流電壓甚至酸鹼度都和上述相反，我們推論酸鹼13時其溶液放出電子的能力均超過鎂和銅，所以沒電流產生。

(七)水溶液溫度對電的影響。

步驟：(1)準備鎂銅為金屬電極，燒杯加水約200公攝。

(2)溫度計置放燒杯中並量取當時室溫，然後放入電極並放置於本生燈或加熱爐上加熱至沸騰時，再讓溫度降為室溫。

結果：表(七)水溶液的溫度對電的影響比較表。

介質溫度	電流毫安	電壓伏特	電阻歐姆
23	0.38mA	1.14V	19600Ω
40	0.47mA	1.48V	15600Ω

推論：(1)從電流來看，溫度愈高，電流值愈高，但經沸點回室溫時幾乎沒電流產生。

(2)從電壓看，變化較少，溫度愈高，電壓愈強。

(3)從電阻來看，溫度愈高電阻愈少，但經過沸點以後則超過原來同溫度時的電阻甚多。

(4)從電阻和電流的異常性，發現沸點是一個很奇怪的現象，下一個我們將實驗沸點時間的長短對電影響。

介質溫度	電流毫安	電壓伏特	電阻歐姆
50	0.58mA	1.53V	12500Ω
60	0.72mA	1.55V	11900Ω
70	0.84mA	1.55V	12300Ω
80	0.94mA	1.54V	13300Ω
90	1.03mA	1.57V	11500Ω
98	1.18mA	1.40V	15600Ω
90	0.12mA	1.27V	28500Ω
80	0.10mA	1.28V	65400Ω
70	0.09mA	1.37V	124000Ω
60	0.09mA	1.26V	20萬以上Ω
50	0.07mA	1.19V	20萬以上Ω
40	0.06mA	1.20V	20萬以上Ω
23	0.02mA	1.17V	20萬以上Ω

(八)水溶液的沸點加熱時間對電的影響。

步驟：(1)準備鎂銅金屬當做電極。

(2)200公攝的水注入燒杯置放於加熱源固定的紅外線加熱爐上固定加熱強度，勿隨便變換加熱源。

(3)水沸騰時，每10秒記錄三用記錄上之電流電壓及電阻值。

結果：表(八)水沸騰時間長短對電的影響。

秒 數	電 流	電 壓	電 阻
0	1.18	1.75	79000
10	1.15	1.74	88000
20	1.16	1.74	95000
30	1.10	1.74	93000
40	1.08	1.74	117000
50	1.03	1.74	128000
60	1.01	1.73	140000
70	1.00	1.73	145000
80	0.96	1.71	150000
90	0.93	1.70	155000
100	0.90	1.69	160000
110	0.89	1.69	166000
120	0.87	1.68	172000
130	0.83	1.67	173000
140	0.80	1.66	177000
150	0.78	1.66	175000
160	0.73	1.65	171000
170	0.66	1.64	169000
180	0.61	1.63	160000
190	0.54	1.63	164000
200	0.55	1.62	169000
210	0.53	1.62	173000
220	0.55	1.62	164000
230	0.48	1.61	169000
240	0.48	1.60	177000
250	0.46	1.60	180000
260	0.45	1.60	180000
270	0.42	1.60	181000

秒 數	電 流	電 壓	電 阻
280	0.40	1.59	182000
290	0.37	1.59	183000
300	0.36	1.58	187000
310	0.36	1.59	188000
320	0.35	1.58	190000
330	0.33	1.58	196000
340	0.35	1.58	193000
350	0.32	1.57	190000
360	0.29	1.57	190000
370	0.32	1.57	196000
380	0.28	1.57	193000
390	0.29	1.57	190000
400	0.26	1.56	190000
410	0.25	1.56	196000
420	0.24	1.56	193000
430	0.30	1.55	190000
440	0.24	1.56	190000
450	0.23	1.55	188000
460	0.22	1.55	189000
470	0.21	1.55	197000
480	0.20	1.54	194000
490	0.20	1.54	193000
500	0.19	1.54	191000
510	0.18	1.54	198000
520	0.18	1.53	
530	0.17	1.53	
540	0.16	1.54	
550	0.16	1.52	

推論：(1)電流數愈來愈少，應是沸騰使水中空氣散失傳遞電子的載體減少所以電流數漸少。

(2)電壓數愈來愈少但頻率很小，推論和傳遞電子的難易度有關及電阻值逐增之故。

(3)電阻值在同沸點溫度愈來愈少，應與載體減少有關。

(九)各種水果果汁對電產生的影響。

步驟：(1)各式水果汁約10公撮置培養皿中。

(2)鎂銅做電極連接三用電錶，觀察電流電壓及電阻值並用酸鹼測定器測試稀釋果汁及實驗前後果汁的酸鹼度。

結果：表（九）果汁對電的影響。

水果種類	電流 毫安	電壓 伏特	電阻 歐姆	PH前	PH後
檸 檬	0.18mA	1.18V	6500Ω	6.65	6.71
柳 丁	0.17mA	1.15V	7500Ω	6.93	6.95
蕃 茄	0.10mA	0.39V	9000Ω	6.52	6.62
蘋 果	0.10mA	1.10V	13000Ω	6.50	6.67
橘 子	0.06mA	0.92V	1200Ω	6.44	6.67
棗 子	0.10mA	0.90V	8000Ω	6.63	6.73
石 榴	0.05mA	0.95V	10000Ω	6.40	6.46
蓮 霧	0.10mA	1.05V	13000Ω	6.90	6.92
柑	0.10mA	1.00V	15000Ω	6.53	6.65

推論：(1)右表各果汁均能使鎂銅電極產生電的流動。

(2)比較電流電壓及電阻用檸檬做樣本較好。

(3)雖然水果有酸甜之分，但酸鹼值相差不大且均呈弱酸性，但經鎂銅電極的作用，酸鹼值均有偏向微鹼性的狀態。

(十)果汁濃度對電產生的影響。

步驟：(1)準備鎂銅電極及將檸檬打爛成汁，調製3%、5%、15%、20%、30%、35%、50%、55%、100%的檸檬汁，並檢測各濃度時之電流電壓及電阻值。

結果：表（十）果汁濃度對電的影響表。

果汁濃度	電流 毫安	電壓 伏特	電阻 歐姆	狀況 概敍
3%	0.05mA	0.25V	19000Ω	鎂銅無冒泡
5%	0.05mA	0.70V	8500Ω	鎂銅無冒泡
15%	0.10mA	0.90V	8000Ω	鎂銅無冒泡
20%	0.10mA	0.75V	14000Ω	鎂銅無冒泡
30%	0.15mA	1.00V	6000Ω	鎂銅無冒泡
35%	0.15mA	1.00V	7000Ω	鎂銅無冒泡
50%	0.20mA	1.00V	5000Ω	鎂冒少許氣泡
55%	0.15mA	1.00V	4000Ω	鎂冒少許氣泡
100%	0.30mA	1.15V	3000Ω	鎂銅沒冒泡

推論：(1)就電流看，檸檬汁愈濃，電流值愈增多。

(2)就電壓看，檸檬汁濃度達30%其電壓值也就相差不大，但就整體看，濃度愈高電壓值也就愈大。

(3)就電阻看，檸檬汁濃度愈高，電阻值愈小。

(4)從反應狀態來看，濃度愈高的檸檬汁，能使鎂帶作用較強較易冒泡。

(二)複合電極對電的影響。

步驟：(1)準備各種電極。

(2)參考實驗中鎂帶是我們樣本中放出電子能力最強的金屬電極，所以一定接在三用電錶的一極。

(3)在培養皿的三個對角接上三種不同的電極，鎂為絕對一極，另接二個金屬或非金屬物質為+極。

(4)準備兩組三用電錶，先測鎂對其它電極單獨的電壓電流。

(5)連結二組三用電錶，觀察同時各組電錶上的電壓電流值。

結果：表（±）複合電極對電的影響。

電流部分				電壓部分				備註
-極	+極	單測	復測	+極	單測	復測		
鎂	銅	0.066mA	0.097V	銅	1.49mA	1.42V	鋅電壓變小 電流加大	
	鋅	0.165mA	0.880V	鋅	0.91mA	0.00V		
鎂	錫	0.130mA	0.045V	錫	1.41mA	0.58V	鐵電壓不變 電流加大	
	鐵	0.076mA	0.229V	鐵	0.89mA	0.83V		
鎂	鉛	0.197mA	0.225V	鉛	1.12mA	1.02V	鋁電壓減小 電流加大	
	鋁	0.032mA	0.640V	鋁	1.02mA	0.01V		
鎂	碳	0.099mA	0.362V	碳	1.813mA	1.566V	碳電壓減小 電流加大	
	硫	0.002mA	0.002V	硫	0.012mA	1.071V		

推論：(1)就電流看，複合前均較複合後的電流為小，但卻金屬電極錫呈相反。

(2)就電壓看，複合前較複合後為大，但對非金屬硫卻呈相反狀態。

(3)複合電極，就電池來看，可增加電流值，卻削減電壓值。

(三)燒杯電池聯結方式及電極聯結方式對電的影響。

步驟：(1)準備鎂銅電極及燒杯數個。

(2)串聯：一個燒杯、二個燒杯、三個燒杯電極不同的聯結。

並聯：一個燒杯，二個燒杯、三個燒杯電極相同相聯結。

(3)電極的聯結方式，分別使用鎂帶和銅片充當電極，然後裝配成二個燒杯電池形成串聯，而後改變成電極互換，觀察三用電錶上的電流電壓值，最再形成並聯電池，互換電極金屬，觀察三用電錶的變化。

結果：表（±）燒杯電池聯結方式對電的影響。

電池聯結方式	電流 毫安	電壓 伏特	電阻 歐姆	備註：三用電錶+極為銅片，-極為鎂帶。 並聯一個和串聯一個均為相同之聯結方式。
串聯一個	0.26mA	1.51V	37400Ω	
串聯二個	0.23mA	2.92V	37300Ω	
串聯三個	0.23mA	4.34V	37600Ω	
並聯一個	0.20mA	1.41V	37400Ω	
並聯二個	0.28mA	1.41V	37400Ω	
並聯三個	0.36mA	1.38V	37400Ω	

推論：(1)就電流看，串聯數增加，電流並未增加，但並聯數增加時電流值即成倍數增加。

(2)就電壓來看，串聯數增加，電壓數隨之成倍數增加。

結果：表(二—1)電極聯結方式對電的影響表。

聯結方式	電極聯結序式	電流 毫安	電壓 伏特	電阻 歐姆
串 二	+鎂-銅+鎂-銅	-0.160mA	-3.13V	5160Ω
串 二	+鎂-銅+銅-鎂	-0.016mA	-0.07V	1200Ω
串 二	+銅-鎂+銅-鎂	+0.170mA	+2.11V	5170Ω
串 二	+銅-鎂+鎂-銅	+0.013mA	+0.35V	31500Ω
並 二	+銅+銅-鎂-鎂	+0.560mA	+1.43V	37900Ω
並 二	+鎂+鎂-銅-銅	-0.740mA	-1.47V	20萬以上Ω
並 二	+銅+鎂-鎂-銅	-0.030mA	-0.04V	16800Ω

推論：(1)就電流看，並聯具有增倍電流的作用，而串聯造成兩個燒杯電流互相反向，相互消滅，所以由此可知電流有正負加成性。

(2)就電壓看，串聯具增倍作用並且電壓亦有正負加成性。

(3)就電阻看，尙難發現它的規則性及合理性。

五、結 論

(一)各種水質對電的影響中，愈是精緻水質如逆滲透水，其中幾乎不含礦物質，傳遞電子的載體減少，故電阻最大電壓最小。

(二)就各種化合物水溶液看，產生的電壓電流值均高過單純水質，電阻卻少許多，證明化合物比水更有利於電的發生及傳導。

(三)就電極金屬的選擇性，依現有材料製定一項電極金屬放出電子能力之排行，為
鎂 > 鐵 > 鋅 > 鋁 > 錫 > 鉛 > 銅 > 硫 > 碳，排愈前的金屬接在三用電錶一極則生
正向電流電壓，排位相差愈多的金屬所造成的電壓電阻將更強烈。

(四)實驗發現電極金屬水面積大小對電似乎沒有明顯影響。

(五)就電極距離看，電極愈近電流愈大，電阻愈小但和電壓無關。

(六)就水溶液酸鹼對電的影響，越酸或愈鹼則電流電壓值愈大，但電阻卻相對減小，唯一例外是PH13的地方，我們推論此時鈉離子其放出電子能力超過鎂銅，所

以沒有電流產生。

(七)就水溶液溫度來看，溫度愈高電壓電流值愈大，而電阻愈小。

(八)沸點時間是一個很奇特的階段，經查閱書籍得知，水中的氣體在沸騰時易散出液面，載體減少所以電流漸少，電阻漸大。

(九)幾乎所有蔬果都能使鎂銅電極產生電流，但是電流電壓各不相同，而蔬果汁液的酸鹼都逐步上升，故可視為化合物水溶液。

(十)就果汁濃度對電的影響，發現濃度愈濃所產生電壓電流值愈大，但電阻值相對減少。

(十一)一個燒杯電池中，如果有多電極存在，則複合後，電壓有縮減的趨勢，但電流有增強的趨勢。

(十二)燒杯電池串聯，電壓有增強加倍趨勢；燒杯電池並聯則電流有增強加倍趨勢，但串聯一定要不同電極金屬相接，並聯要相同金屬相接才有上述增強的效果。

六、參考書目

(一)大眾科學實驗 徐氏基金會

(二)普通化學 三民書局

(三)課外研究 光復書局

(四)科學研究月刊 科博館

(五)中華兒童百科 教育廳

(六)牛頓科學研習百科 牛頓

評 語

1.本研究對電化電池之電極材料及電解液對電壓電流的影響，做有系統的研究。

思考上相當嚴密。

2.本研究由研究電極距離及溫度對電壓及電流的影響，發現電極距離及溫度對電流較有影響，而對電壓影響不大，換言之，指出電流及電壓並不受一樣因子影響，電流及電壓的影響最不相同。這個研究結果可做為國小國中教學時重要參考。