

『科學類比推理』網路互動學習研究－促進國中生電學概念之建構與推理能力  
學生：陳姿津 指導教授：余曉清 博士

國立交通大學教育研究所碩士班

### 摘要

本研究目的以『網路雙重情境學習模式』為基礎，同時結合科學推理與類比推理的學習模式，因此設計出電學主題網路互動學習課程。本研究主要在探討實驗組學生經網路雙重情境學習課程後，與傳統教學模式的對照組學生相比較，其科學推理能力、電學單元成就測驗、電學主題相依推理測驗的差異。同時針對實驗組與對照組的學生進行訪談，並結合實驗組網路學習事件分析，藉此深入瞭解學生電學概念的建構與改變情況。

本研究採用準實驗設計，研究對象為六班國三學生，其中三班實驗組共 97 人，三班對照組共 97 人。首先，探討實驗組與對照組在電學單元成就測驗與電學主題相依兩階段測驗等量化資料中的差異，然後再根據訪談的質化資料，分析實驗組與對照組學生在推理層級與概念建構上的差異，另外再針對實驗組學生在電學網路雙重情境採用的理由，進行理由歸納與推理層級之分析，探討學生推理層級與概念所發生的改變。

結果發現相較於對照組，實驗組經過電學網路雙重情境教學後，不論是學業分組(高、中、低)的學生，或是科學推理分組(具體推理與過渡推理)的學生，分別在電學單元成就測驗與主題相依推理測驗中，皆能獲得更好的學習成效及學習保留效果。

針對實驗組與對照組在訪談的概念分析上，結果顯示後測與追蹤訪談的正確概念分數，實驗大於對照組的概念題數居多，甚至於追蹤訪談中，有九個概念均實驗組大於對照組，且其效果量(effect size)也均達低、中效果，甚至有三個概念達高度效果。其次在推理層級分析中，實驗組在後測與追蹤訪談傾向使用較高的推理層級，如辯證(J)與解釋(EX)，而對照組在後測與追蹤訪談中，卻是使用低階的概述(G)頻率居高。最後在概念改變量的分析上，在前-後測與後-追訪談中，實驗組的學生以概念進步(PG)居多，而對照組卻是以維持錯誤(MTIC)與退步(RTG)以居多，故可知實驗組學生經過電學網路雙重情境教學之後，均能建構正確的概念，或是概念改變成功，且其推理能力也有所增進。

針對實驗組在網路互動式學習歷程上，研究者針對教學事件的開放式理由，進行歸類分析，除了主題四的教學事件 4-4 與 4-5 之外，其餘我們均可以觀察到，經過網路雙重情境教學之後，屬於直觀的回答減少，學生大多能採用教學事件的解說來進行理由的回答，表示其建構的電學概念更趨完整。另外學生在前後理由當中所使用的推理層級，也從逐漸從低階的概述(G)，漸漸轉換到高階的辯證(J)與解釋(EX)，故可知道實驗組學生在電學網路雙重情境的學習當中，除了能夠成功的建構並維持正確的概念，或概念發生改變之外，其推理能力也會有所增進。

關鍵字：科學推理、類比推理、電學、雙重情境式學習、網路互動學習

Research of “Scientific Analogical Reasoning” within Web-based Interactive Learning:  
Promoting Middle School Students’ Reasoning Abilities and Concept Construction Involving  
Electricity.

Student : Tzu-Chin Chen

Advisor : Dr. Hsiao-Ching She

Institute of Education  
National Chiao Tung University

Abstract

Web-based interactive lessons for electricity unit were developed for this study. The design of the lessons was based on Dual Situated Learning Model (DSLML) and the reasoning as well as analogical reasoning learning approaches. The purpose of this study was to investigate the impact of web-based interactive lessons on students’ conceptual constructions, reconstructions, and their scientific reasoning abilities.

This study adapted a quasi-experimental design. Six ninth-grade classes were recruited. Three classes (a total of 97 students) served as the experimental group, and the other three classes (a total of 97 students) served as the control group. The experimental group received the web-based interactive lessons of electricity unit for a month, while the control group received the same content in a conventional instructional context for the same period of time. The learning outcomes being compared include the cognitive electricity achievement test and the two-tier electricity reasoning test. In addition, the conceptual changes and the levels of scientific reasoning of both groups from the data collected in the pre-, post-, and retention interviews were analyzed and compared. The web-learning processes were analyzed in two perspectives: level of scientific reasoning and scientific concept categorization.

In all the tests, the results showed that experimental group students outperformed their control group counterparts in many aspects. First, the scores of the cognitive achievement test and the two-tier test reasoning test showed that there was not only a better immediate effect but also a superior retaining effect on the levels of academic achievement in science (high, middle, and low achievers) as well as on the scientific reasoning stages (transitional or concrete).

The results of student interviews were transcribed and then analyzed by a flow map method. According to the analysis of their pre-, post-, and retention flow maps, the scores of correct conception showed that experimental group was better than the control. Even in retention interviews, experimental group students still outperformed in nine out of eleven conceptions. With regard to the levels of scientific reasoning, the experimental group students in the post- and retention interviews tended to use high level of scientific reasoning such as “Justification” or “Explanation”. In contrast, the control group students tended to use low level of scientific reasoning like “Generativity”. In the pre-post or post-retention

interviews, most of the experimental group students' conceptions made progression. However, the control group students' conception maintained as incorrect or retrogressive. The results revealed that after experiencing the web-based interactive learning for electricity, the students were generally more successful conceptual change than the other ones, and the level of their reasoning abilities also increased.

Only experimental group students' received the web-based course. The design of the learning events in the web-based interactive lessons included the formats of open-ended. Except learning event 4-4 and 4-5, the analysis of the open-ended formats showed that students could provide with the reason they learnt in web-based interactive events. They made more considerate and well-constructed reasons, while lowering their intuitive reasons. The finding of this analysis showed that students had more correct and well-constructed conceptions in electricity. In addition, students used more higher level of scientific reasoning (eg. Justification, Explanation) than lower level of scientific reasoning (eg. Generativity) after learning from the web course. The finding of those analyses showed that students were not only able to have and sustain a successful conceptual construction but also conceptual change. And they also improved their scientific reasoning abilities immediately or after a period of time.



Keyword: Scientific reasoning, Analogical reasoning, Electricity, DSLM, Web-based Interactive learning.

## 誌 謝

能夠完成這本碩士論文，要感謝的人非常的多，最感激的是我的指導老師余曉清教授，在忙碌的教學與研究生活當中，還要辛苦的指導我，在碩士論文的開始到完成期間，不斷的給予我指導與鼓勵，最後還要撥冗修改我的論文，如此我才有今日的研究成果，也就是完整的碩士論文。另外更要感謝我的口試委員蔡今中教授與傅麗玉教授，能在我論文口試的時候，蒞臨指導並提供我許多意見，非常感謝。

此外，在研究設計、教材製作與論文的後製上，更要感謝楊文宗老師、張秀激老師、思瑋、宗邦、怡仁、倩嫻等人的傾力相助，有你們的鼎力相助，我才能順利完成我的論文。而在四年的研究生涯當中，感謝與我一同學習與歡笑的同學，姪姩、佳慶、怡如、舒婷、慧文、宜貞、怡君、滢方等，感謝你們在我遇到瓶頸時，一起幫我想辦法，給我打氣鼓勵。另外還要感謝我的同事，在我研究低潮時，給予我支持與鼓勵的司蒂、淑敏、秀玉、惠雯、淑柑、蕾雲、朝淵、大吉、OB 等等；也感謝適時給於我協助與打氣加油的可愛室友們，小倩、雪香與心怡。

除此之外，更要感謝我家人的默默的支持，感謝老媽、姿仿、珮瑩、香名與耀昌在我身心俱疲的時候，提供我休憩的避風港，讓我能夠休息一下再出發。此外，還有乾姐惠香的聲聲催促，讓我在怠惰的時候，即刻驚醒，馬上再投入論文的分析與撰寫之中。最後，還要感謝周董，在我心情最煩躁的時候，提供好聽的音樂，讓我的心情平靜，繼續完成我的論文。

在此，僅以此論文獻給我在研究所進修期間，曾給予我鼓勵與幫助的每個人，願大家一切平安順心，充滿喜樂。

# 目 錄

頁數

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iv
目錄.....	v
表目錄.....	viii
圖目錄.....	xii
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與研究動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究問題與假說.....	3
第四節 名詞解釋.....	5
第五節 研究範圍與限制.....	6
第二章 文獻探討.....	7
第一節 概念改變.....	7
一、迷思概念.....	7
二、概念改變理論基礎.....	11
三、電學的迷思概念.....	18
四、小結.....	23
第二節 科學推理與類比推理.....	23
一、推理的定義.....	23
二、科學推理.....	25

三、類比推理 .....	30
四、小結.....	34
第三節 網路科學學習 .....	34
一、資訊融入教學 .....	34
二、網路科學學習 .....	36
三、小結.....	37
第三章 研究方法 .....	38
第一節 研究對象 .....	38
第二節 研究設計 .....	39
第三節 研究流程 .....	40
第四節 研究工具設計 .....	41
第五節 教學設計 .....	48
第六節 資料蒐集與分析 .....	56
第四章 研究結果與討論 .....	57
第一節 網路化教學推理學習及概念改變成效分析 .....	57
一、教學前後電學學習成效分析 .....	57
二、教學前後電學主題相依推理能力分析 .....	60
三、各測驗之間的相關與迴歸分析.....	64
四、小結 .....	66
第二節 電學概念訪談分析 .....	68
一、電學前測、後測與追蹤測訪談之正確概念分數分析.....	68
二、電學概念前測、後測與追蹤測訪談之推理層級分析.....	70
三、電學概念前測、後測與追蹤測訪談之概念改變分析.....	77
四、小結 .....	83
第三節 網路互動式學習歷程分析.....	85

一、教學前後網路開放式理由的歸納與分析.....	85
二、教學前後網路開放式理由的推理層級分析.....	85
三、電學網路雙重情境學習歷程分析.....	86
四、總結 .....	134
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>136</b>
<b>第一節 結論與討論 .....</b>	<b>136</b>
一、網路化推理學習及概念改變教學成效分析.....	136
二、晤談分析實驗組和對照組經過不同教學模式對概念重建以及科學推 理能力之影響.....	137
三、網路化推理學習模式對於教學前後概念重建及推理能力之影響.....	139
四、測驗、訪談與學習事件之相互關係.....	140
五、總結 .....	141
<b>第二節 對教學上的建議 .....</b>	<b>141</b>
<b>參考文獻 .....</b>	<b>144</b>
<b>附錄.....</b>	
附錄一 電學網路雙重情境教學設計.....	154
附錄二 電學單元成就測驗.....	174
附錄三 電學主題相依推理測驗.....	183
附錄四 科學推理測驗.....	201
附錄五 電學訪談問題.....	210
附錄六 電學訪談語意流程圖.....	216



## 表 目 錄

頁數

表 2.1.1	從本體樹的角度探討概念改變.....	12
表 2.1.2	Thagard 概念改變的階層 .....	13
表 2.2.1	概念改變中，類比的四個過程 .....	31
表 3.1.1	各項成績前測差異檢定摘要表 .....	38
表 3.2.1	各自變項分組人數表 .....	40
表 3.4.1	電學概念改變歷程測驗例題 .....	43
表 3.5.1	學習電學單元，學生所應具備的心智架構 .....	49
表 3.5.2	學生學習電學所具有的迷思概念一覽表 .....	50
表 3.5.3	學生在電學概念中所缺乏的心智架構 .....	51
表 3.5.4	電學情境主題事件表 .....	52
表 3.5.5	原子單元類比推理問題設計～比例思考(proportional thinking) .....	55
表 4.1.1	「不同教學模式」與「不同學業成就」對於電學成就測驗之敘述統計 ..	57
表 4.1.2	「不同教學模式」與「不同科學推理能力」對電學成就測驗之敘述性 統計.....	58
表 4.1.3	教學模式、科學推理分組與學業成績分組變項對於電學學習成就之三 因子多變量共變數析.....	59
表 4.1.4	教學模式、科學推理與學業成績分組變項對於學習成就之調整平均 數.....	59
表 4.1.5	教學模式、學業成績分組變項對學習成就之主要效果摘要表.....	60
表 4.1.6	「不同教學模式」與「不同學業成就」電學主題相依推理測驗之敘述 性統計 .....	61
表 4.1.7	「不同教學模式」與「不同科學能力」電學單元成就測驗之敘述性統 計.....	62
表 4.1.8	教學模式、科學推理、與學業成績分組變項對於電學主題相依推理能	



	力之三因子多變量共變數分析 .....	63
表 4.1.9	教學模式、科學推理與學業成績分組變項對於電學主題相依推理測驗 能力之調整平均數 .....	63
表 4.1.10	教學模式、學業與科學推理能力分組對電學主題相依推理測驗之主要 效果摘要表.....	64
表 4.1.11	科學推理前測、電學成就測驗與電學主題相依推理測驗之前、後與追 蹤測之間的相關係數表.....	64
表 4.1.12	電學成就後測逐步迴歸的摘要表.....	65
表 4.1.13	電學主題相依推理後測逐步迴歸的摘要表.....	66
表 4.2.1	正確概念分數描述統計.....	69
表 4.2.2	正確概念分數單因子多變量共變數分析(MACOVA) .....	70
表 4.2.3	科學推理層級描述統計.....	72
表 4.2.4	科學推理單因子多變量共變數分析(MACOVA) .....	75
表 4.2.5	概念改變描述統計與獨立樣本 T 檢定摘要表.....	79
表 4.2.6	後測與追蹤測訪談正確概念分數 Partial $\eta^2$ 值達顯著之題數.....	83
表 4.2.7	後測與追蹤測訪談科學推理層級各分項 Partial $\eta^2$ 值達顯著之題數....	83
表 4.2.8	晤談結果中概念改變分析各分項 Cohen's d 值達顯著之題數.....	84
表 4.3.1	事件 1-1 理由分析歸納敘述統計.....	86
表 4.3.2	主題一事件 1-1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	87
表 4.3.3	事件 1-2 理由分析歸納敘述統計.....	87
表 4.3.4	主題一事件 2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	89
表 4.3.5	事件 1-3 理由分析歸納敘述統計.....	89
表 4.3.6	主題一事件 1-3 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	91
表 4.3.7	事件 1-4 理由分析歸納敘述統計.....	91
表 4.3.8	主題一事件 1-4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	92

表 4.3.9	事件 1-5 理由分析歸納敘述統計.....	93
表 4.3.10	主題一事件 1-5 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	94
表 4.3.11	教學事件 1-1 到 1-5 學生採用之科學概念統整表.....	95
表 4.3.12	主題一所有教學事件概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	95
表 4.3.13	事件 2-1 理由分析歸納敘述統計.....	97
表 4.3.14	主題二事件 2-1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	99
表 4.3.15	事件 2-2 理由分析歸納敘述統計.....	99
表 4.3.16	主題二事件 2-2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	101
表 4.3.17	事件 2-3 理由分析歸納敘述統計.....	101
表 4.3.18	主題二事件 2-3 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	103
表 4.3.19	事件 2-4 理由分析歸納敘述統計.....	104
表 4.3.20	主題二事件 2-4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	105
表 4.3.21	事件 2-5 理由分析歸納敘述統計.....	106
表 4.3.22	主題二事件 2-5 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	108
表 4.3.23	教學事件 2-1 到 2-5 學生採用之科學概念統整表.....	108
表 4.3.24	主題二所有教學事件概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	109
表 4.3.25	事件 3-1 理由分析歸納敘述統計.....	110
表 4.3.26	主題三事件 3-1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	111
表 4.3.27	事件 3-2 理由分析歸納敘述統計.....	112
表 4.3.28	主題三事件 3-2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	113
表 4.3.29	事件 3-3 理由分析歸納敘述統計.....	114
表 4.3.30	主題三事件 3-3 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	116
表 4.3.31	事件 3-4 理由分析歸納敘述統計.....	116

表 4.3.32	主題三事件 3-4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	118
表 4.3.33	事件 3-5 理由分析歸納敘述統計.....	119
表 4.3.34	主題三事件 3-5 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	120
表 4.3.35	教學事件 3-1 到 3-5 學生採用之科學概念統整表.....	121
表 4.3.36	主題三所有教學事件概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	122
表 4.3.37	事件 4-1 理由分析歸納敘述統計.....	123
表 4.3.38	主題四事件 4-1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	124
表 4.3.39	事件 4-2 理由分析歸納敘述統計.....	125
表 4.3.40	主題四事件 4-2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	127
表 4.3.41	事件 4-4 理由分析歸納敘述統計.....	127
表 4.3.42	主題四事件 4-4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	129
表 4.3.43	事件 4-5 理由分析歸納敘述統計.....	130
表 4.3.44	主題四事件 4-5 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	132
表 4.3.45	教學事件 4-1 到 4-5 學生採用之科學概念統整表	133
表 4.3.46	主題四所有教學事件概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表.....	134

## 圖 目 錄

頁數

圖 2.1.1	雙重情境學習模式的機制(She,2004) .....	16
圖 2.1.2	Osborne 的電流模組 .....	20
圖 2.1.3	交叉撞擊模式 .....	21
圖 2.1.4	衰減模式 .....	21
圖 2.1.5	共享模式 .....	21
圖 2.1.6	八種並聯電路的電流模式(Magnusson et al., 1997) .....	22
圖 3.2.1	研究架構圖 .....	39
圖 3.3.1	研究流程圖 .....	43
圖 3.4.1	電學訪談語意流程圖分析範例 .....	44
圖 3.5.1	DSLIM 實施流程圖 .....	48
圖 3.5.2	電池串聯與燈泡亮度類比概念連結圖.....	53
圖 3.5.3	電池並聯與電流大小類比概念連結圖.....	53
圖 3.5.4	燈泡電阻與電流大小類比概念連結圖.....	54

# 第一章 緒論

本著『九年一貫』的精神理念，教育者必須營造一個安全、無壓力的學習環境，讓學生在快樂情況下進行學習，因此必須先讓學生對學習教材產生興趣，如此一來才會試圖深入理解科學概念。而近年來網路的發展快速且多元化，除了打破學習的空間與時間的界線，另外多媒體的展示，也可以讓抽象科學概念變得具體化。因此在本研究中，希望藉由多媒體網路教材的製作，並結合網路、雙重情境與推理類比等學習理論，從旁協助學生進行複雜的電學概念學習。本章共分成五節，內容從研究背景和研究動機、研究目的、研究問題與假說、名詞釋義、研究範圍與限制等方向加以闡述。

## 第一節 研究背景和研究動機

自然與生活科技領域課程綱要之訂定，主要目的在於提示如何經由學校教育，安排適當的教學情境和教材，進行有效的教學活動，促進學生有效的學習，進而增進知識及培養解決問題的能力，此外更希望學生經由科學性的探究活動後，可以獲得完整且正確的相關知識與技能。

然而國中自然與生活科技教材中，有些重點概念對於學生來說是抽象難以理解的，例如原子概念、三態的微觀、電學、磁學等等，而傳統教學環境下，老師透過手上現有的教學媒體，希望對學生學習此概念時有所幫助，但實際情況常常是老師在台上說的口沫橫飛，學生卻在下面睡成一團，甚至爾後進行成果驗收時，學生的學習往往是不如老師所預期，這對老師來說，不啻是一種打擊。有鑑於此，要如何透過教學設計與媒體輔助，把學生當成為學習的主體，讓他們在設計良好的學習環境下，建構正確的概念。

2001 年全國資訊教育藍圖的目標，將科技運用於教室，推動「班班有電腦」，以實現在生活中將電腦與學習相結合的夢想（教育部，2001）。新竹市根據教育部 2001 年的資訊教育藍圖，自九十一學年度開始落實『班班有電腦』計畫，每班配有一部電腦，目的在於輔助老師教學與學生的學習。在這麼良好的設備與環境下，要怎樣運用這些媒體，來協助學生概念學習，實在是我們現職老師當前所面臨的重要課題。

而學生在進入教學情境之前，就已經具有一些先有概念，這些先有概念與教學內容的相互作用之下，讓學生形成了難以改變的迷思概念，迷思概念之所以難以改變，主要的原因來自於概念的抽象、微觀與動態之外，最主要的原因在於，概念的階層性越高時，要達到概念的改變就越不容易(She,2002)。Posner 等人(1982)提出要產生概念改變的必要條件之後，科學教育的主流從迷思概念(成因、種類與診斷)與另有架構(鑑別與診斷)，轉而掀起研究『如何達成概念改變』的風潮，並轉成在實務上進行概念改變的教學策略

之探討。余曉清 (She, 2002, 2003, 2004a, 2004b)針對概念本身內涵的複雜性及階層性為基礎，並以科學概念的本質和學生對於科學概念的信念，發展出可實際應用於班級環境的教學策略「雙重情境學習模式(Dual situated learning model, DSLM)」。

同時研究顯示推理可促進學生的深層思考(Pallant & Tinker, 2004)，因此在教學中若能經常引導學生去推理一些較難理解的科學問題，學生就較容易養成科學的思考習慣和運用科學知識與技能以解決問題的能力，有助於在面對問題及處理問題時，抱持好奇與積極的探討、了解及設法解決的態度，我們統稱以上的各種知識、見解、能力、態度與應用為「科學與科技素養」。

因此除了結合網路平台之外，要如何透過有效的引導以及情境的設計，讓學生逐步推理並建構正確的概念，實為我們在課程設計的主要考量。

## 第二節 研究目的

本研究採取互動式網路教材的設計理念，一方面希望與網路、電腦資訊相結合，在教材內容的安排上，採用兩種以上不同的媒體來呈現，其效果將會優於只用一種的方式展示的教學媒體(莊雅茹, 1996)，因此在教材的設計上，運用電腦與網路的特性來呈現教材，如結合文字、圖表、圖片、音效、動畫、影片等多媒體元素，使用於適當的主題和時機，以活潑的方式帶領學生學習，改善原本枯燥、死板的教學模式，同時也能吸引學生的學習注意力；另一方面藉由電腦網路的快速發展與頻寬的提昇，使得網路學習成為一種新的學習方法與教學模式(王千悱, 2000)，因此本研究除了依據概念改變的理論來進行教材安排與設計之外，要如何融入網路資訊的特性來協助學生的概念改變，將會是教學研究中可多方嘗試及突破的方向。

電學單元在國中學習教材中，對學生而言一直是很難理解但卻又佔有一席之地的重要概念，甚至在 Fredette 和 Lochhead(1980)兩人在其研究中發現，仍有大部分的大學一年級的學生無法正確回答簡單直流電路問題，只要的原因在於電流、電壓與電阻等概念對學生來說，是無法用肉眼觀察到的抽象概念，故在教學的過程中，必須以學生熟悉的事物為基礎，來類比抽象的電學概念，並進一步推理並建構出正確的電學概念。由此可增進學生的科學推理能力，進而達到概念的建構與改變，此教學策略可稱為類比推理。

因此本研究以『概念改變』、『類比推理』與『雙重情境,DSLML』為研究設計的三大理論主軸，同時結合多媒體的網路學習環境，設計出電學單元的互動式網路學習課程，期望協助學生學習電學概念，並減少迷思概念的產生。

因此本研究的目的如下：

- 1.利用雙重情境學習模式(DSLM)、科學推理(Scientific reasoning)和網路學習(Web learning)的理論，建構發展「電學」單元的網路化學習課程。
- 2.探討不同的教學模式(網路化 DSLM 和傳統一般教學模式)、不同學業成就(自然與生活科技學業成就高分組、中分組與低分組)及不同科學推理能力(具體運思前期、具體運思後期、轉變期)對概念改變及提升科學推理能力的影響。
- 3.探討不同的教學模式對「電學」概念改變和提升科學推理的成效。
- 4.探討不同的科學推理能力、不同學業成就，對提升科學推理能力的影響。

### 第三節 研究問題與假說

本研究旨在探討將類比推理運用於網路互動式學習，如何促進國中生電學單元學習成效以及科學推理能力，並進一步探討學生的學業成就、主題相依推理、科學推理的相關性。研究的問題與假設如下：

- 一、不同的教學模式(實驗組、對照組)、學業成就(高、中、低分組)與科學推理能力(具體運思期、過渡期分組)對學習者在電學單元的學習成就有何差異？
  - 1-1 不同教學模式對學生的電學單元學習成效(後測、追蹤測)達顯著差異。
  - 1-2 不同學業成就的學生對其在電學單元之學習成效(後測、追蹤測)達顯著差異。
  - 1-3 不同科學推理能力的學生與其在電學單元之學習成效(後測、追蹤測)達顯著差異。
  - 1-4 不同教學模式、不同學業成就與不同科推理能力對於學生在電學單元之學習成效(後測、追蹤測)是否產生交互作用之影響。
  
- 二、不同的教學模式(實驗組、對照組)、學業成就(高、中、低分組)與科學推理能力(具體運思期、過渡期分組)對學習者在電學單元的主題相依推理能力有何差異？
  - 2-1 不同教學模式對學生在電學單元之主題相依推理能力(後測、追蹤測)達顯著差異。
  - 2-2 不同學業成就對學生在電學單元之主題相依推理能力(後測、追蹤測)達顯著差異。
  - 2-3 不同科學推理能力對學生在電學單元之主題相依推理能力(後測、追蹤測)達顯著差異。
  - 2-4 不同教學模式、不同學業成就與不同科推理能力對於學生在電學主題相依推理能力(後測、追蹤測)是否產生交互作用之影響。

三、由三次晤談(教學前、後與追蹤)中分析學生在融入科學推理理論的網路化雙重情境學習模式及傳統教學模式前、後，其概念改變率、概念數增加及運用推理層級(G,EL, J, EX, 詳見名詞釋義)改變歷程為何？

3-1 不同的教學模式(實驗組、對照組)對學生概念正確數(教學後晤談、追蹤晤談)達顯著差異。

3-2 不同的教學模式(實驗組、對照組)對學生運用推理層級改變(G、EL、J、EX)，教學後晤談、追蹤晤談均達顯著差異。

3-3 不同的教學模式(實驗組、對照組)對學生概念改變成功(教學前到教學後晤談、教學後晤談到追蹤晤談)達顯著差異。

四、融入科學推理理論的網路化雙重情境學習模式下，學生的電學概念與科學推理層級改變為何？

4-1 由網路化課程，探討學生概念改變情形。

4-2 探討學生經由網路化課程，其使用科學推理層級明顯發生改變。



#### 第四節 名詞解釋

1. 電學(Electricity):根據九十三學年度，康軒版第六冊的教材內容中所敘述的電學，包括了『靜電』、『電壓』、『電流』與『電阻與歐姆定律』等內容。
2. 概念改變(Conceptual change):學習者的知識架構經由生活中的學習去擴展而形成既有概念，並無時無刻會隨著周圍環境的刺激或自身經驗的累積而發生改變，可能是概念的部分修正、概念的擴充、新概念加入、概念重建、概念轉移等，都可稱之為『概念改變』。
3. 科學推理(Scientific reasoning): 推理方法可分為『演繹推理』(Deductive reasoning)和『歸納推理』(Inductive reasoning)。而 Lawson 自 1978 年提出學生應具備的形式推理(formal reasoning)能力包括守恆推理、比例推理、機率推理、相關性推理、控制變因、假設演繹等。
4. 類比推理(Analogical reasoning): 從一個資源(source)到一個標的系統(target system)之結構訊息(structural information)的轉移，此知識的轉移需藉由對應(mapping)或比對(matching)過程去發現兩系統間的相似與相異之相關程度，其中資源為艱深的科學概念；標的系統為較簡單易懂的類比物，教師能運用類比教學策略讓學生進行推理學習。



5. 雙重情境學習模式(Dual Situation Learning Model, DSLM)：余曉清(She, 2002, 2003, 2004)所發展出的概念改變教學模式，此模式共分六個步驟，依序是分析教學過程中的科學概念、分析學生的原有概念架構、分析學生所缺乏的心智架構、設計雙重情境學習活動、進行概念改變教學、進行挑戰情境活動。
6. 網路學習 (e-learning)：學習者透過設計良好的網路工具進行之有意義的學習活動，本研究中實驗組即採用網路學習。
7. 語意流程圖(flow map)：由 Anderson 和 Demetrius(1993)發展的語意流程圖，將學生晤談的回答內容依序呈現以分析學生的概念及概念間的連結，本研究修改語意流程圖的研究方法及設定，以適用於本研究中分析學生晤談內容的概念數及推理階層的需求。
8. 推理層級：修改 Hogan(2000)對科學推理層級的定義，將推理層級分成四種，包括概述(Generativity)：學生以觀察到的現象，或根據自己猜想的想法或主張，來進行問題的解答；精緻化(Elaboration)：學生能以科學用語或操作方法，來對問題進行解答；辯證(Justification)：分成「證據取向」與「推論取向」，前者學生能夠利用變因之間的關係來解釋現象，後者，學生能夠利用簡單的線性因果關係來解釋現象；解釋(Explanation)：學生以類似科學模型的作用機制來對問題作解答。
9. 電學概念訪談：根據學生電學概念訪談之錄音檔，轉錄成逐字稿進行質化分析，根據學生回答的內容，進行概念的分析與計算，首先計算學生訪談間陳述的「概念數」，爾後根據學生的概念，計算其正確的數目，即為本實驗所陳述的『概念正確數』。進一步，針對學生回答的理由，其中推理概念類型依據 Hogan, Nastasi 和 Pressley (2000) 所提出的 Generativity(概述，G)、Elaboration(精緻化，EL)、Justifications(辯證，J)、Explanations(解釋，EX)分類方式再加以修正，並在推理層級後面括號表示學生理由的數目，例如 EL(2)，表示學生在此題的歸理層級中屬於精緻化，並提供兩個理由去支持其答案。
9. 電學概念改變歷程：在電學網路雙重情境教學中，問題的設計包括閉鎖式(選答與選答之理由)與開放式理由作答。其中後者同樣修正採用 Hogan 等人(2000)的概念推理層級包括概述(G)、精緻化(EL)、辯證(J)、解釋(EX)後分別進行教學前後概念推理層級的歷程分析。如學生回答類型為 EL2，其推理層級為精緻化推理，理由說明有 2 個以上。(『1』為 1 個理由、『2』為 2 個理由以上)。
10. 電學概念學習網:附屬於「科學概念的建構與重建數位學習研究」網站之下，教材內容依據國中三年級康軒版自然與生活科技之「電學概念」內容，網站內容的設計主軸採用類比推理與雙重情境學習模式進行教材設計的網站內容。

## 第五節 研究範圍與限制

本研究對象為新竹市某國中之三年級的學生，採用便利取樣方式，實驗組與對照組各採用三個班級，因此不具有全國國三學生之代表性，採用之教材範圍以九十四學年度康軒版的國中自然與生活科技領域內容為主，因此本研究結果若要推論到其他群體或教材領域時，需審慎衡量其適合度。



## 第二章 文獻探討

本研究中主要在探討學生在學習電學概念時，學生可能具有的迷思概念，並透過雙重情境(DSLM)與網路學習環境的教學事件設計，讓學生經歷過學習事件後，可以正確的學習電學概念，並減少迷思概念的產生與固著。因此在本文章的部分，第一節首先探討『概念改變』的理論架構，內容包括迷思概念成因、不易改變之原因，並從認知心理學與科學教育的理論架構，進行概念改變之探討，進而進入本研究設計主軸『雙重情境，DSLMS』之介紹，最後從文獻中探討學生在學習此單元可能具有的迷思概念；第二節針對本研究所採用的學習策略『科學推理』與『類比推理』進行探討；最後第三節的部分，則是介紹『網路學習』理論架構。

### 第一節 概念改變

在教學的過程中，為了要使教學更有效率，並促進學生學習成效，我們必須先了解學生在進入學習之前，學生對電學概念所具有的先備知識與迷思概念，因此在此節中我們著手探討「何謂迷思概念」、「概念改變的理論基礎」、以及「學生在學習電學時，可能具有的迷思概念」。以這些理論基礎為出發點，才能在實驗設計時，將效果發揮到最大的極致。

#### 一、迷思概念(misconception)

##### (一)迷思概念的成因

在建構主義的觀點中，學習者知識的建立是來自於學習者本身的先備知識(prior knowledge)與學習情境互動所產生的結果(郭重吉，1988；Yager, 1991; Matthews, 1994)。因此當學生以其原有的知識來解釋自然科學現象，提出屬於他個人的一套看法，如果此看法異於一般公認的科學概念或課本上的知識，則將此想法稱為『迷思概念(misconception)』(郭重吉，1989)

科學的學習對學生來說，可視為一種概念的改變(Gil-Perez & Carrascosa, 1990)，因為學生知識的架構過程，必須從學生原有的概念開始，在科學教育的觀點中，了解學生具有哪些迷思概念是非常重要的，因為其對於學生的學習成效有明顯的影響(Palmer & Flanagan, 1997)。而且若要讓學生有意義的學習，在教學活動之前，教師可以先蒐集與了解學生可能具有的迷思概念，審慎的規劃與設計教學內容，以利有意義的教學之進行(邱美虹，1993)。

因此了解學習者所具有的科學迷思概念(misconception)應是教學的起點，根據鄭麗

玉(1998)根據許多的學者對迷思概念的研究，歸納出迷思概念具有下列特質：

- 1.學生常常帶著多樣有關自然界中事物的迷思概念，進入正式的科學課程。
- 2.以傳統的教學策略進行教學，可發現學生的迷思概念非常頑強也不易消失。
- 3.迷思概念存在於不同國度的學生，以及不同年齡層的學生中。迷思概念似乎導源於學生的日常生活經驗。
- 4.學生的先備知識和教學中的知識交互作用後，可能產生很不一樣和意料之外的學習結果。

因此學生在進入教室學習之前，可能就具有一些迷思概念，學生所擁有的這些概念可能是教師、科學家或當代典範所不認同，但這些概念在學生學習的過程中，會進一步影響學生的學習。迷思概念的形成除了與學生的日常生活經驗有相關連外，可能也受到環境、同儕、家庭與社會等因素所影響。

Wandersee 等人(1994)將迷思概念的形成歸因於『個人多樣的經驗』，包括以下五點：

- 1.對自然的觀察與感覺—即接觸自然現象的日常生活經驗，及隨處都有的感官印象。
- 2.同儕文化—日常生活中，與朋友或其他人交談時，所吸收的零星科學知識。
- 3.日常生活用語—我們的日常生活用語保留了許多概念，而這些概念在科學界中，早就被認為是過時的。
- 4.傳播媒體的影響—學生汲取媒體傳播的概念有誤。
- 5.來自於老師的教學—可能是因為老師或教科書提供的概念錯誤，或者是本來正確的資訊，卻因為老師的錯誤舉例，因而造成學生的迷思概念。

Osborne, Bell 和 Gilbert(1983)也提出了三點有關學生概念與專家概念不同的原因：(1)學生傾向於以自我中心的觀點觀察事物；(2)學生傾向對於某一特定事件的特定部分感興趣，而較不關心連貫的、合理的解釋；(3)學生日常所使用的語言和專家所使用的語言有些微的不同。黃寶鈿(1999)將學生迷思概念產生的原因歸因成生活經驗、教材內容、教學問題，以及認知發展等四個原因。

根據上述的研究發現，學生的迷思概念的來源可以簡單的分成兩大類，第一類為『個人因素』，包括個體日常生活經驗、感官經驗、認知發展過程、自然界的觀察，以及學習過程中，學生所汲取的錯誤或零星的科學概念等等。另外一類為『教學因素』，包括老師錯誤或不恰當的舉例、不當的使用教學方法，以及教科書或媒體等所提供的錯誤資訊。

## (二)迷思概念的偵測

Ausubel(1968)認為：「影響學習最重要的一個因素，是學生已經知道的是什麼」，另外其認知同化理論亦指出「影響學習的最重要因素是學生已有的知識，了解學生所具備的概念，那麼就可以根據學生的概念來進行教學。」，因此若要學生達到有效的科學學習，教師或教材設計者應先從學生的概念結構出發，因此進行有效教學之前，需先偵測學生究竟有哪些迷思概念，而偵測迷思概念最常使用方法有概念圖、二段式診斷工具，以及訪談等。

Novak & Gowin (1984)曾指出知識構圖是一個相當好的釐清迷思概念方法，學生可藉由畫知識圖的學習方式，重新組織與表徵知識的知識架構，並描繪出概念架構中每一基模之間階層對應的關係。學生建構出來的概念圖，根據概念間的不正確連結或未做連結、概念的階層不正確，以及所連結的例子不恰當等，均可呈現學生在學習前後所具有的迷思概念，以及學生於學習內容的了解程度。

二段式診斷工具(Two-Tier)常被使用作為評定學生另有概念的工具(Tasi & Chou, 2002)，關於二段式診斷工具的設計，包括學生對於某道題目選擇內容知識部分，也就是偵測學生的學習成就(即第一段的內容選答)和理由部分，目的在深入學生的迷思或另有概念類型(即第二段的另有概念選答)，學生必須兩階段的問題均答對，才表示學生對該題有正確的認知，否則就具另有概念。Treagust(1988, 1995)更提出「兩階段診斷式紙筆評量」所得到的調查資訊，不僅可以作為相對比較用途，更可以提供學生的另有概念或是學習障礙類型。

Mali & Howe(1979)與 Nussbaum(1979)採用晤談與繪圖的方式，收集不同年齡的學生對地球形狀的不同想法，Glynn, Yeany, & Britton(1990)也採用問卷與晤談的方式，調查希臘與美國的孩童對於地球形狀、地球重力與太陽系的想法。因此除了前面所敘述的兩種方法之外，研究者亦可先透過文獻或開放式問卷，蒐集與分析學生所具有的先有概念與迷思概念，再透過設計良好的問題晤談受試學生，根據受試學生回答循序漸進的深入問題，如此一問一答中，去窺探學生的知識架構，並期望達到偵測學生迷思概念的目的。

## (三)概念改變的困難與條件

根據 Pfundt & Duit (1991)回顧近 2000 篇的研究指出，許多科學的迷思概念是很難被改變的，因為學童或成人的科學概念是個人的(personal)、固執的(persistent)、強韌的(robust)、一致的(consistent)、穩定的(stable)，這些特質會阻礙學生在科學學習過程中概念的轉變(Osborne & Freyberg, 1985; Osborne & Wittrock, 1983; Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985)。

She(2002)則提出概念難以改變的原因，除了微觀、抽象與動態外，最主要是因概念本身的階層性愈高，則概念愈難改變，因為階層愈高的概念，則包含更多的概念，所以概念階層性愈高的概念若成功改變，則非單一的教學類比或衝突事件可達成，將需要一系列緊密相關的事件才能達成。She (2004a)更進一步提到概念改變並非如 Chi (1992)所謂的本體論轉移(ontological shift)如此簡單，若不能針對概念本質，以及學生對科學概念的信念，進而依據學生所缺的概念設計一系列教學事件，概念改變將難發生。

近 20~30 年間，許多學者致力研究學生概念為何不易發生改變，以及如何使學生的概念發生改變等，例如，Vosniadou (1994)認為兒童對建構地球形狀的概念有困難，是來自於日常生活中的經驗和與相關的地球資訊相衝突時； Anderson & Smith (1987)發現五年級的學生相信植物直接從土壤、水、肥料、陽光中獲取食物，而非植物自己製造，還有他們也相信光在晚上行進速度較快，電是在燈泡內被用完的；Stepans, Beiswenger,& Dyche (1986)發現國三學生有 75%的學生認為揉成一團的紙比不揉的重，還有解釋物體的浮沉概念時，年齡大者用密度、質量等名詞，而年齡小的用重、重量等名詞，但對概念的理解皆有偏差；邱美虹和翁雪琴(1995)發現學生認為夏天是因地球距離太陽較近的原因。綜觀上述相關文獻，科學迷思概念之所以難改變概括有四大原因：

1. 學生概念形成是以個人日常生活經驗為基礎。
2. 學生對於某些抽象概念，會自成一套旁人難以理解的想法與解釋。
3. 學生無法覺察無形且不可見的微粒。
4. 學生將動態的過程視為靜態，如水蒸發與凝結達動態平衡。

既然學生的迷思概念是頑固也不易改變，那麼要在怎樣的條件之下，才能引發學生發生概念的改變呢？根據 Posner, Strike, Hewson,& Gertzog(1982)提出的概念改變模式，指出一個成功的概念改變必須要有以下的條件：

1. 『不滿意』(dissatisfaction)：在概念改變的前提之下，個體需對自己已存在的概念感到不滿意。
2. 『可理解的』(intelligible)：個體必須發現新概念是可以被理解的，如此一來，學習者才能將新概念賦予某種意義。
3. 『合理的』(plausible)：個體覺得新的概念是可以接受且是合理的。
4. 『有利的』(fruitful)：新概念必須讓學習者覺得是更有利的，比舊的概念還要有用，因此新的概念要能解決現在所碰到的問題，同時也能成為探究問題的新方法。

## 二、概念改變理論基礎

學生如何獲得知識一直以來是教育學者努力探索的重要問題，Hogan & Maglienti (2001)整理相關文獻後，提出學生所建構的知識與科學家所建構的知識中是存在著差異的。因此要如何減少學生在學習的過程當中所產生的迷思概念，以及學生的迷思概念為什麼難以發生改變等，最基礎的方法就是了解學生的概念架構，唯有如此才能對症下藥協助學生正確的學習科學概念，以下就認知心理學派與科學教育學派，進行概念結構與改變的探討。

### (一) 認知心理學領域

#### (1) 微弱的概念改變(weak restructuring)與根本的概念改變(radical restructuring)

Carey(1985)認為兒童大多都擁有一種所謂“似理論般”(theory-like)的概念結構，這些概念結構因為某一特殊領域知識的累積，而逐漸產生新的概念，因此在她想法中，探討整體概念重建的觀點，可以被特定概念領域之重建所取代，也就是概念改變可以視為在特定領域中的理論改變。

Carey 將概念改變分成兩種類型，第一種是『輕微的概念改變』，在 Carey 的理論觀點中，認為兒童對人和動物的概念會隨著年齡增加，慢慢的形成較完整的概念，此種形式的概念改變只發生在相同的本體樹上，屬於概念本體類別內的轉變，因此 Carey (1985)認為，概念改變中僅需將概念做局部的變化，不需進行認知結構上重大改變與重組的過程，也就是允許個體新資訊的蒐集，並讓新概念與舊有概念形成新的關係，但個體的核心概念並沒有發生重大改變，其方式包括增加(addition)、刪減(deletion)、普遍化(generalization)、區分(discrimination)等，與 Piaget 的『同化』概念相似；其二『強烈的概念改變』，即是個體的概念結構崩解，核心概念與知識結構發生重大的改變，此方式與 Kuhn 的『派典轉移』或 Piaget 的『調適』相似。

#### (2) Chi 的概念改變理論—從本體論出發

Chi 的理論架構從本體論(ontology)的角度出發，以此分析學生概念結構，另外 Chi(1992)更指出，概念改變的過程必須產生新的意義，且結果的轉變是有意義的。Chi 將實體(entity)分成三個類別，包括物質(matter)、過程(Process)與心智狀態(mental state) (Chi, 1992; Chi, Slotta, & de Leeuw, 1994)。「物質」指的是有特定屬性的東西；「過程」是指事件的發生，可能有序列性、有因果關係，也可能只是機率問題；另外「心智狀態」則指情意部分。表 2.1.1 中以 Chi 本體樹的類別，來探討概念改變的意涵：

表 2.1.1 從本體樹的角度探討概念改變

實體類別	定義	特性	次概念
物質	特定屬性的東西 (石頭、建築物)	例如：有形的、生命的、 有重量的、佔有空間等。	1.自然種類 2.人造物質(固定的、破的)
過程	事件的發生，反映出特殊屬性(下大雨、花開了...等)	可能有序列性、因果關係、或只是機率問題(一小時之久、昨天發生的)	1.步驟 2.事件(起因於、有始有終) 3.條件為主的交互作用(一致的)
心智狀態	情意的部分 (作夢、想像)	情緒或傾向。(是真的、是有關於....)	情緒的、意圖的

Chi(1992)指出概念改變應分成『本體類別內的概念改變』(within ontological conceptual change, 簡稱為概念改變)與『跨本體類別間的概念改變』(across ontological conceptual change, 或稱根本概念改變)。其中,『本體類別內的概念改變』是指概念改變的發生是在於同一本體樹內中,概念上下移轉之改變,簡單而言就是同一類別的概念中,概念的歸屬發生改變了,概念並非跨越不同本體的本體樹,這種改變可以視為是「信念的修正」(belief revision),屬於概念結構的局部變化,不需要經過本體認知結構上的中大變化。其他學者也有相似的想法,例如 Carey(1985)認為的概念改變是屬於概念校正部分,與整體關係中的輕微概念改變;Keil(1989)稱這種概念的改變為非根本的概念改變。

另外,『跨本體類別間的概念改變』,是指科學概念從一概念本體樹遷徙到另一個概念的本體類別,根據 Chi 對實體的分類,基本上「物質」、「過程」、「心智狀態」在本質上是相互獨立的,故三者的轉換屬於根本的概念改變,因概念需從一本體樹遷徙到另一個本體樹。另外從 Chi 的不相容理論中,她認為學生對於科學概念的不了解,並非這些概念是複雜的、抽象的、或是動態的,而是學生原有的想法屬於「事件」,且事件基模與待學的基模彼此具有不相容性,正因為這種不相容性,要學生放棄原有的想法、觀點或進行同化的過程,是一項非常困難的工作。Chi(1992)研究發現,學生在學習新的物理理論時,實際上學生並沒有放棄原有的想法,即使新的理論與日常生活知識有著非常不同的概念結構,因此學生在學習物理概念時,需要跨越不同的本體類別。

在 Chi(1992, 1998)的研究中,過程類別中有兩個重要的概念:一般事件(event)與限制條件為主的交互作用(constraint-based interaction, CBI),或平衡過程概念(equilibration process, EP)。「一般事件」包含起點與終點、明確的行動等等;而所謂的「平衡過程概



念』則無一般事件所具有的特色，它無起點也無終點，是一不斷進行的活動，大部分比較難學習的概念即屬於此部分，例如密閉系統中，水蒸氣凝結與液態水蒸發所產生的動態平衡，或者是糖溶解於水，糖的析出與溶解達成動態平衡等，學生會將這些概念視為『物質』，因而無法了解其動態變化的過程，因而形成了迷思概念。

根據 Chi(1977)的觀點，限制條件為主的交互作用(CBI)與平衡過程(EP)概念之所以難懂，主要的原因有以下四點：

- 1.這些概念在學習之初，通常被視為是「物質」或「因果關係」，但事實上是屬於平衡過程(EP)。
- 2.學生並不了解平衡過程(EP)，因為限制條件為主(CBI)的過程特質，與學生日常生活所碰到的熟悉事件，有明顯的不同。
- 3.學生在兩層次間概念轉換的彈性有其限制。
- 4.學生並不認為本體類別的改變，對學習平衡過程(EP)概念有其必要性。

### (3)Thagard 概念改變理論—概念革命

Thagard (1992)提出和 Chi 的本體樹相似的觀點：從樹轉換(tree switching)和分枝跳躍(branch jumping)來探討概念改變的機制。Thagard(1992)以知識改變(epistemic change)的方法論來看概念改變，他認為概念改變涉及『實質上概念系統的改變』—即『種類關係』(kind-relations)與『部分關係』(part-relations)的改變，強調從上到下共九種階層概念。所謂的『種類』即是階層中較為上位的概念；而『部分』即是階層中較為下位的概念。

Thagard 將概念改變做出不同的分類，並且可以看出哪些改變比較重要，概念改變的階層基本可分為九種(表 2.1.2)：

表 2.1.2 Thagard 概念改變的階層

階層	特質
1.增加新例子(instance)	所增加的例子與概念，是瑣碎的，例如在遠處的那一團是鯨魚。
2.增加弱原則 (weak rule)	改變是看『增加原則的強度』，而強度取決於用原則去解釋或解決問題的重要性，強或弱原則取決於實用性，增加弱原則例如鯨魚能在北極海裡找到；強原則的部分在問題解決與解釋的過程中，常被使用，例如鯨魚吃沙丁魚。
3.增加強原則 (strong rule)	

4.增加新的部分關係 (part-relation)	『分解』(decomposition)，原概念因新的發現而在分割，改變概念的階層性，例如鯨魚有脾臟。
5.增加新的種類關係 (kind-relation)	『合併』(coalescence)—利用上街的關係，將原來分屬兩種不同概念樹的概念結合起來；『區辨』(differentiation)—區別不同的科學概念，例如海豚是一種鯨魚。
6.增加新概念 (concept)	為了解釋理論所產生的新概念，有助於科學知識的發展，例如獨角鯨。
7.瓦解部分種類的階層 (kind-hierarchy)	與『區辨』相反，瓦解或放棄先前的概念。
8.藉由分枝跳躍重組階層性 (branch jumping)	將某一概念，從一個概念樹的樹狀分枝，跳躍移到另一個概念樹的分枝上。
9.樹的轉變 (tree switching)	重新分類，並改變分類的意義，此部分為影響整體概念樹階層性組織關係原則中，最重要的一個部分

Thagard(1992)從「分枝跳躍」和「樹的轉變」的觀點，去探討概念改變。所謂的『分枝跳躍』就是將某一概念樹的樹狀分枝的概念，移動到另一個概念樹的樹狀分枝下；『樹的轉變』就是將原來已經具有階層性的樹狀組織，改變其分類的意義並根據新的分類意義重新建構其樹狀概念組織。

根據表 2.1.2 中，Thagard 認為關於九種概念的階層中，前面幾個項目是屬於『信念修正』(belief revision)的部分，而後面的項目則屬於『概念的改變』，其重要性則遠超過單純的信念修正。

『信念修正』包括增加或刪減信念，在科學知識的發展中較為常見；『概念改變』則包括增加、刪減、重組概念，或重新定義階層的本質，而概念的重組又包括『簡單』--區辨、合併與分解，是屬於概念內的延伸與重組；『修正』--即是分枝跳躍，階層中拒絕某種類的概念，並移動此概念至適當的概念樹分枝之下，同時也增加新的關係，在科學知識的發展中比較少見。而『重新定義階層』即是樹的轉變，這種改變影響了階層樹中的組織原則，類別或部分階層性概念發生了根本的改變，在科學知識發展中最為罕見，被 Thagard 稱為最戲劇性的改變。

## (二)科學教育領域

科學教育學者曾針對提昇科學概念和引發概念改變策略和模式做過研究(Posner, et al. 1982; Hewson & Hewson, 1989; Vosniadou & Brewer, 1994; She, 2002, 2003, 2004a,

2004b)。在概念改變的領域中，科學教育學派的學者深受科學哲學的影響，著重描述知識的獲得和重建，以及如何從社會社群轉移到學習者的相似性(Carey, 1985; Osborne & Wittrock, 1983; Posner, et al., 1982)。當概念的轉變由科學社群逐漸轉移到學生身上時，他們也開始從多樣的科學現象的理解中，組織新知識的架構，過程中同時也採用認知心理學派和 Piaget 理論觀點，解釋兒童如何從科學現象中獲得知識。

Posner 等人(1982)提出在學習和知識理解的概念改變觀點，運用在科學教育領域上可解釋為：概念改變如何發生，並提出概念改變模式(Conceptual Change Model, CCM)，在此理論中，調適(accommodation)通常是指較大規模的概念改變，是比較困難且不易發生的概念改變，Hewson & Hewson(1983)稱為「概念交換」，Vosniadou & Brewer(1987)稱為「根本的再建構」；而同化(assimilation)指的是學習中僅有小部分概念被要求修正的過程，是比較簡單且容易發生的，Hewson & Hewson(1983)稱為「概念捕獲」，Vosniadou & Brewer(1987)稱為「微弱的再建構」。

Hewson & Hewson (1983)以 Posner 等人的 CCM 理論為基礎，並考量了學生的先備知識(prior knowledge)後，設計概念改變教學模式，幫助學生在質量、體積與密度的概念改變，因此主張當學生知覺到新概念較既有概念易理解且合理時，可將這些新概念變成爭議的問題，接著因不滿意而減少既存知識的存在，進一步擴展新概念的豐富性、增進其存在。當新概念超越既有概念時，即達成調適的作用，其研究更指出當概念改變發生時，調適多於同化。

Vosniadou & Brewer(1994)所提出的模式中，建議以認識論與本體論為前提之下，可以使概念更容易發生改變。其中認識論的前提包括了「個體使用何種準則，對現象的組成進行評斷」、「假設現象需要解釋」、「此因果解釋可以被使用去解釋自然界(physical)的現象」；本體論的前提包括了「對於自然界物體的基本信念」，就像自然界的物體是固體的，且若沒有東西支持的話，就會自然掉下去。在他們的觀點中，概念改變是緩慢且逐步的，概念改變就理解方面包括了小部分的改變，即基礎信念的改變、根據新的訊息調整心智模式、教學、增加，刪除，再組織，以及加強概念間的關係等等。

余曉清 (She, 2002, 2003, 2004a, 2004b)提出雙重情境學習模式(DSLM)，並認為學生某些科學迷思概念難以改變之原因，應該針對概念本身的內涵 (複雜度與階層性)來分析概念改變的形式，而不應單就本體論的角度觀測之，因此若概念所包含的屬性(如：抽象、動態、微觀...等特質)愈多以及階層性愈高，那麼這樣的觀念就愈不易被改變。

### (三)雙重情境學習模式(DSLM)

在過去的 20~30 年間概念改變的研究中，認知心理學派研究者將焦點放在研究與提

出理論，解釋某些種類的概念比其他種類更難以發生改變的原因；而科學教育學派的研究者則將焦點放在理論的研究與策略的發展，期望促進對於科學概念的了解，進而帶來概念改變(She, 2004a)，但是此二學派的理論與研究並無交集，因此She(2002, 2003, 2004a, 2004b)結合認知心理學派與科學教育學派對於概念改變的看法與優、缺點，提出「雙重情境學習模式」(Dual Situated Learning Model)，企圖促進學生的概念成功發生改變。

『雙重情境學習模式』中的「情境學習」(situated learning) 表示概念改變的過程的情境必須根據科學概念的本質，以及學生對科學概念的信念，並決定哪些基本的心智架構(mental sets)，需要以更科學的觀點去建構概念。因此當我們對科學概念的本質下定義時，將會決定哪些心智架構，需要用更科學的觀點去建構；探索學生對於科學概念的信念，將會使我們對於學生的迷思概念有更深入的了解。而「雙重」(Dual)意指在此模式的許多面向中，都處理了兩種函數，首先，概念改變必須建立於科學本質與學生的信念之上；其二，概念改變的過程必須讓學生已經存在的概念產生不協調(dissonance)，並且提供新的心智架構，讓學生建構更科學的概念，除了可以修正舊的模式之外，還需建構新的；第三，在製造不協調的過程當中，必須激起學生的動機並且挑戰他們所持有的信念；最後，概念改變的過程當中，需要挑戰學生對於科學概念之本體論與認識論的信念。圖 2.1.1 為 She(2002, 2003, 2004a, 2004b)所提出的雙重情境學習模式的機制。

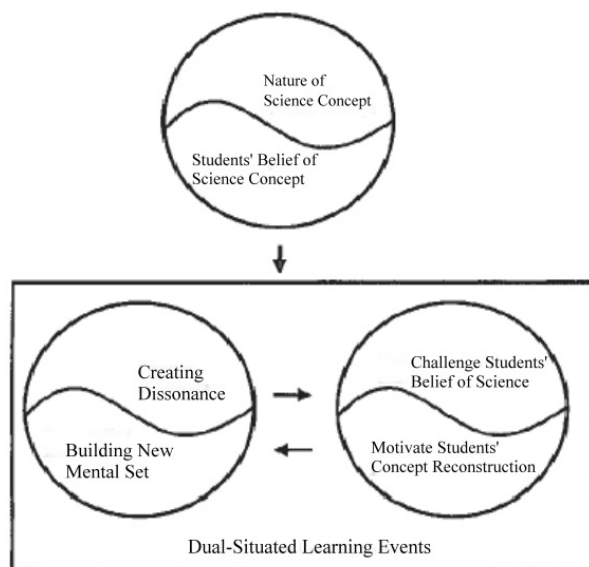


圖 2.1.1 雙重情境學習模式的機制(She, 2004)

DSLML 包括三個主要目的，首先，為促進學生的概念改變，DSLML 強調概念改變的成功與否須根植於科學概念的屬性與階層性，以及學生對於科學概念本質的信念。其二，其學習事件的設計強調不僅需要造成學生原有概念的不平衡，同時提供學生所欠缺

的心智架構，進而修正舊有架構或重新建構新的概念；最後在概念改變過程中，還需要強調要引發學生重新建構概念的動機，以及挑戰其原有科學概念之信念 (She, 2002, 2003, 2004a, 2004b)。

She(2002, 2003, 2004a, 2004b)雙重情境學習模式(Dual-Situated Learning Model)之設計分成六階段，簡述如下：

階段一：分析科學概念屬性。即檢測科學概念的本質與屬性，並能提供建構此科學概念所需的心智架構。

階段二：找出屬於此科學概念常見的另有概念。此階段需偵測學生對此概念的理解並了解學生在概念上所存有的迷思概念。

階段三：分析學生對於建構新的科學概念所缺少的心智架構。藉由前兩階段的資料比較分析，便可找出學生對於建構新的科學概念所缺少的心智架構，以作為設計一連串的 DSLM 情境學習事件的依據。

階段四：設計雙重情境學習事件。此階段運用的原理是先設計一連串讓學生另有概念無法解決的衝突情境事件，而產生不平衡、不滿足的認知狀態。接著找出學生可能提出的想法解答，並設計讓學生能親自體驗、操作、思考驗證其答案正確性的學習情境，試著將學生所缺少的心智架構導入，逐漸讓學生建構較接近科學概念的概念輪廓。

階段五：進行雙重情境學習模式的教學。每一情境皆依據學生常見的迷思概念設計問題並引導學習，接著藉由設計好的活動事件，讓學生從親自體驗、操作、思考中驗證其答案的正確性，試著將學生所缺少的心智架構導入，慢慢讓學生建構出較接近科學概念的概念輪廓。為了解學生在教學活動中概念改變的過程，每次只顯示一個問題，且同樣的問題在事件的開始或結束都會提問一次，學生不得更改先前的回答。同時也可以運用晤談法，讓學生『放聲思考』(將思考過程用言語呈現)以了解學生概念改變的過程。

階段六：挑戰情境學習事件。此階段可以檢驗學生是否真的從教學過程中獲得原來缺少的心智架構，並能運用新的科學概念來解決類似的情境學習事件。

雙重情境學習模式(DSLM)的概念改變策略，揚棄單以本體論作為概念分析的方式，改以概念本身包含的屬性與階層性的觀點切入，分析概念改變的可能性，在概念改變的研究領域當中可以說是一個創新的觀點。

此外，DSLM 更突破了過去認知心理學領域與科學領域的個別限制，成功地應用於學生難以改變的概念，讓 80% 的學生概念改變成功，重新建構科學界所認同的科學概

念。過去研究中認為學生所擁有的概念與所學的概念本體類別不相容時，概念即難以發生改變，但 DSLM 突破此困境，成功的應用於許多學生難以改變的科學概念，讓 70%~95% 的學生達成概念改變，重新建構科學界所認同的科學概念，如浮力(She, 2001)、熱膨脹(She, 2003)、熱傳播(She, 2004a)以及溶解與擴散(She, 2004b)；另外過去的研究也指出若概念本身是微觀的、抽象的、源自於生活經驗的，那麼學生所具有的迷思概念，將不易進行改變，但 She(2002, 2003, 2004a, 2004b)指出除了這些特質之外，更需要考量概念的階層性，概念階層性越高，表示所含的相關基礎概念愈多，概念改變的困難度就會越高，因此需視其概念的階層性與學生所欠缺的心智架構的數目，決定需要多少雙重情境學習事件，才能協助學生建構或重建某科學概念。

最後，雙重情境教學模式，更突破了許多研究者(Vosniadou & Brewer, 1994)所認為概念改變需要漸進、緩慢且長時間才能達成的想法，在 DSLM 的研究結果證明了概念改變不一定需要長時間才能達成。

本研究即採用雙重情境學習模式概念改變教學策略，以分析電學概念本質與學生電學迷思概念本體架構為基礎，在了解學生所缺乏的心智結構後，進行電學的概念改變教學設計，教學過程中必須挑戰學生的科學知識之本體觀(ontological beliefs)信念。其次，設計電學雙重情境學習活動時，必須兼具創造不和諧(creating dissonance)與提供新的心智結構(new mental set)之功能，過程中引發學生的學習動機、興趣、好奇心，並進一步挑戰學生對於科學之信念，進而讓學生的迷思概念發生改變。

### 三、電學迷思概念之研究

綜觀上述文獻，我們可以知道學生的迷思概念是頑固也不易發生改變的，Smith(1987)曾針對學生調查 50 個化學概念的學習困難度，結果發現電池是學生感到最困難的概念之一。在國內外科學教育的研究中，我們可以知道『電學』在物理中，是一個重要的概念，但卻是不容易學跟教的概念之一(葉俊豪, 1994; Garnett & Treagust, 1992a; Viard & Francoise, 2001)；另外電化學是屬於較無法直接觀察的抽象概念(廖怡雯, 1999; Garnett & Treagust, 1992b; Sanger & Greenbowe, 1997)。因此我們在『電學概念』教學上的設計，應該從學生具有哪些迷思概念出發，針對學生具有的迷思概念，進行教學的設計，以下是學生在學習電學概念時，所具有的迷思概念：

#### (一)靜電部分

在電學研究的領域與文獻部分，很少涉及靜電單元，因此在教材設計之前，事先諮詢過一些教學經驗豐富的老師，請他們提供學生在學習此部分時，可能會具有的迷思概

念，簡述如下：

1. 面對庫倫靜電力，學生無法處理兩個以上的變數。
2. 靜電感應時，學生以為正、負電均會移動。
2. 感應起電的過程中，學生無法理解手接觸導體，可能會使電荷流失或增加。

## (二)電壓部分

一般來說，電流是學生處理電路問題之主要概念，大部分學生認為因為有電流，所以電路上才會有電位差，因此電位差對學生來說，只是電流產生之「結果」而不是導致電流「原因」(Cohen et al., 1983)，因此大多數的學生視電池為一供應固定電流之裝備 (Psillos, Koumaras, & Tiberchien, 1988; Licht, 1991)。Psillos 等人(1988)一方面認為學生無法一次處理兩個變數，也就是一個簡單的電路中，當電路斷路的時候，學生雖然可以理解電路上沒有電流，但是無法了解電路還是具有電壓的；陳啟明與陳瓊森(1993)提出高一學生的對於電壓的迷思概念有串聯電路上，任兩點的電壓等於電池提供的電壓。

## (三)電流部分

根據 Osborne(1983)對加拿大 40 位 8-12 歲的學生所做的實驗，歸納出學生對於簡單電路中對電流的模組，包括四種（見圖 2.1.2）：

- (1)單向電流(no current in return path)，即電流從電池的正極流出到達燈泡之後，被燈泡消耗完畢，並沒有電流回到電池的負極，而不僅僅是國中生在學習電學會具有此迷思概念，到了大學之後，雖然學生學習過電學概念，但 Fredette 和 Loggead(1980)的研究發現美國大專學生仍存有此類型迷思概念；
- (2)撞擊電流模式(clashing currents models)，即電流從電池的正、負極流出，到燈泡匯集；
- (3)電流消耗模式(less current in return path)，也就是電流從電池的正極流出後，經過燈泡時會消耗部分的電流，回到電池負極的電流會變小，可能把電流的流動，視為能量的流動，Shipstone(1988)的研究中，也有此相同的發現；而電學的迷思概念中，對於電流的衰減，在許多研究中發現無論何種教學方法，學生對於電流流經燈泡之後會減少的概念仍難以克服(邱美虹&林靜雯, 2002)。
- (4)電流不變模式(equal currents in return path)，此模式為科學的模式，也是正確的電流模式，電流經過燈泡只是消耗能量，並不會變小。

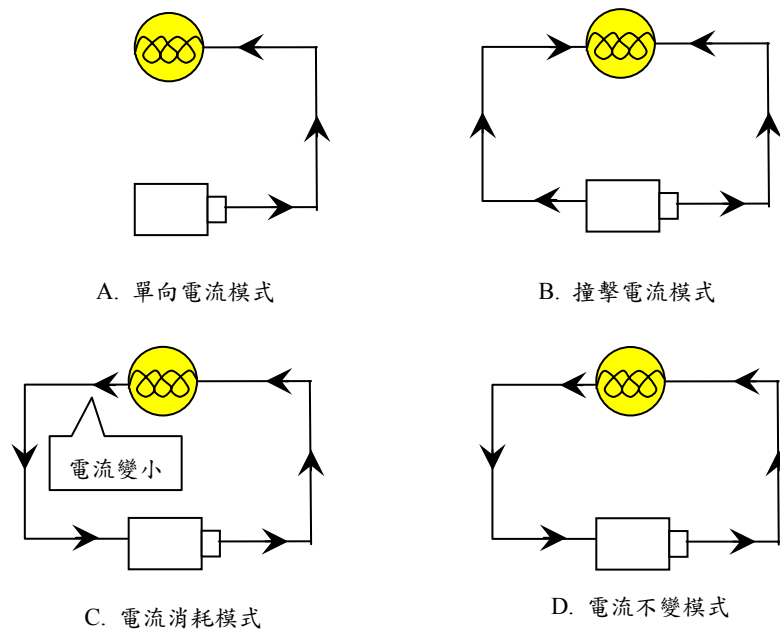


圖 2.1.2 Osborne 的電流模組

而 Licht(1991)根據電學的相關研究之後，歸納學生在電流部分所具有的迷思概念有下列四種：

- (1)電池流出的電流固定：學生認為電池流出的電流是固定的，與電路的連接方式、燈泡的個數無關。
- (2)電路是相互關連且互相影響的：學生認為電路的改變只是局部的(local)、連續的(sequential)，無法考慮全體電路，並認為電流是順流而下的。在局部的部分中，學生無法體認到電路中某部份之改變會影響電路之其他部份，也就是當兩個燈泡並聯時，學生會認為電流被兩個燈泡均分，而無法考慮到當燈泡並聯時，整個電路的電阻會減半；另外，在連續的部分，學生認為加在燈泡前之元件會影響流經燈泡之電流，而加在燈泡後之元件則不會影響流經燈泡之電流(Shipstone, 1984)。
- (3)無法處理相關的概念：學生無法有效的區分出相關連的概念，例如電流、電壓、能量與電力的概念區分。
- (4)對抗電阻想法：學生認為電阻越大，若電流需要通過大電阻，會需要更多的能量，因此電流需要越大，才能順利通過，而 Steinberg(1983)研究指出有部分的學生認為電流流過燈泡時，會摩擦燈泡的鎢絲而使燈泡發光。

若將簡單電路擴充成串聯的電路再加以細分，Osborne(1983)將 B 模式分離出交叉撞擊型(crossing current model)，見圖 2.1.3，此模式中，電流從電池兩端出發，於燈泡匯集



並撞擊，然後在個別流回電池；C 模式亦可再區分為衰減模式(圖 2.1.4)，即電流通過燈泡會被消耗，經過第二個燈泡時，因電流變小，故燈泡變暗了，另外還有共享模式(圖 2.1.5)，電流會被兩個燈泡消耗，因此電流越變越小。

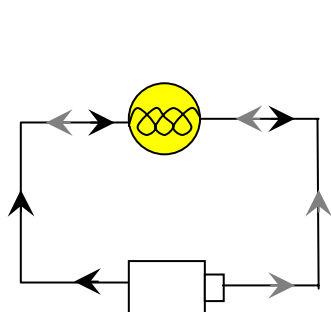


圖2.1.3 交叉撞擊模式

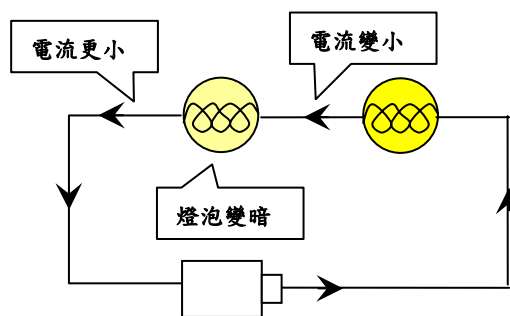


圖2.1.4 衰減模式

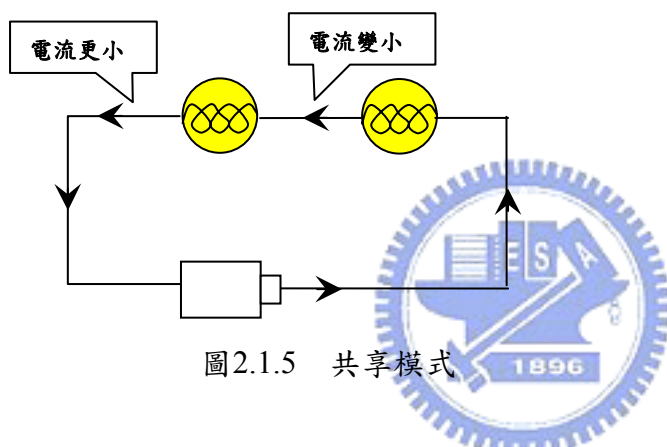


圖2.1.5 共享模式

在並聯的電路中，Magnusson 等人(1997)研究發現串聯與並聯對學生而言，具有不同的知覺，會影響其思考而導致不同模式的發展，根據其研究結果歸納出學生所具有的八種並聯電路的電流模式：1.撞擊模式、2.雙向跳躍模式、3.雙向迂迴模式、4.雙向分支模式、5.跳躍模式(bouncing model)、6.繞圈模式(loop model)、7.迂迴模式(serpentine model)及8.科學模式(圖2.1.6)(Magnusson 等人, 1997)。

在邱美虹與林靜雯(2002)提出，影響學生學習電流心智模式的因素，主要為(1)視電池為一個儲存槽，應該發出固定電流，或者是燈泡應該獲得固定的電流；(2)資源消耗模式；(3)分配電流的觀點；(4)順序推理模式；(5)節點的影響；(6)電路圖的表徵；(7)封閉通路概念。這些因素顯示出學生傾向於將電的世界視為物質世界，並因而形成學習電學之前的假設，這樣的本體預設，造成學生概念難以改變。

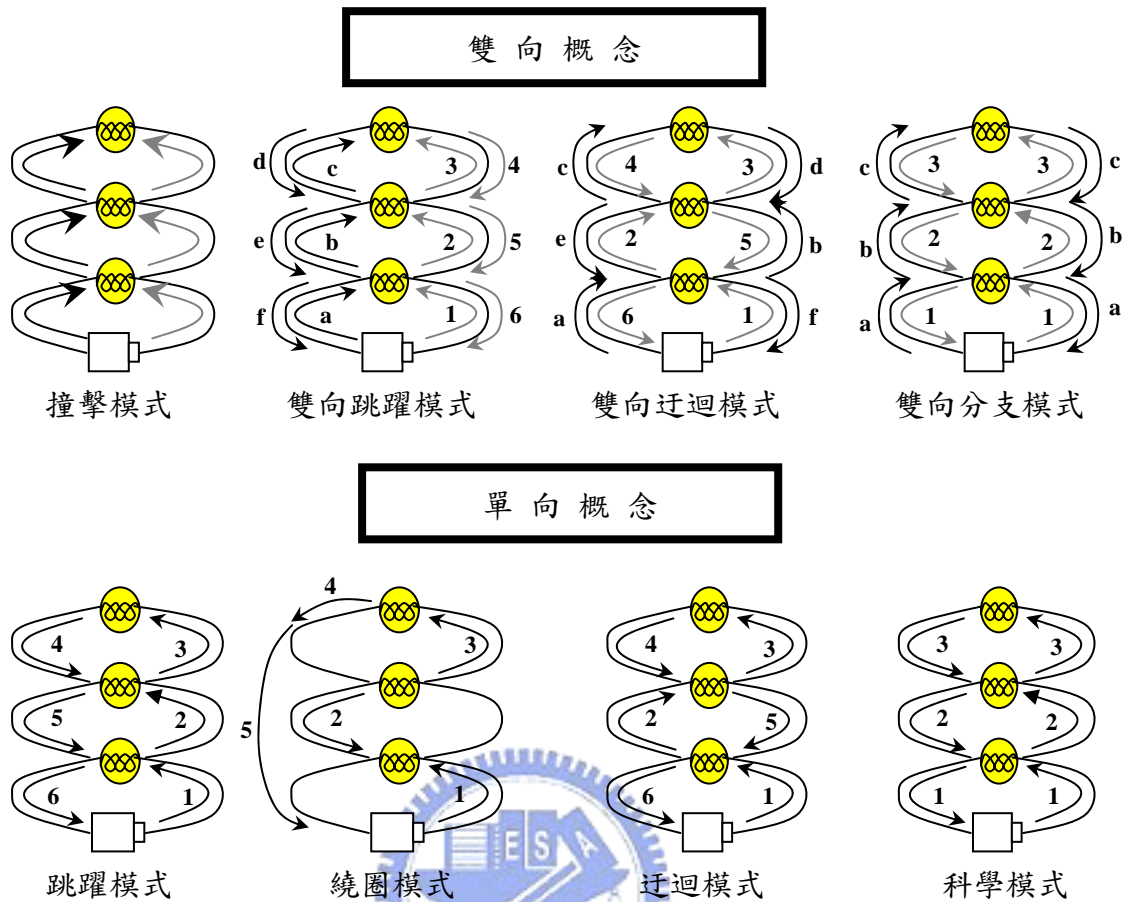


圖2.1.6 八種並聯電路的電流模式(Magnusson et al., 1997)

#### (四)電阻部分

Shipstone (1984)認為兒童對電阻最早的觀念即是一個阻礙電荷的「阻礙物」，這樣的想法容易結合順序推理的模式，使得電流受到電路中相繼元件的影響而遞減；

另外，Liegeois & Mullet(2002)認為學生在處理歐姆定律的時候，需要考慮到下列因素，包括確認兩兩變因的相互關係，如電壓與電流、電阻與電流、電阻與電壓；以及了解電壓固定之下，電流與電阻成反比；最後需要知道，在處理變數時可能會需要考慮到獨立運作。

Viard & Francoise(2001)根據過去的電學研究中，一些學者認為學生在教學前對於電阻概念並未具有先有概念，這個假定是不正確的，有關電阻的日常用語，實際上是造成正式電阻概念理解困難的根源。

#### 四、小結

Ausubel(1968)認為影響學習最重要的一個因素，是學生已經知道什麼，故教學開端，須了解學生在教學之前具備的概念(包括迷思概念)。

根據文獻(Wandersee, 1994; Osbrone et al., 1983; 黃寶鈿, 1999)將迷思概念的成因歸納成『個人經驗』，包括學生的日常生活經驗、感官經驗、認知發展過程等等，與『教學因素』包括老師因素與教科書因素。迷思概念的偵測常用的三種，包括知識構圖(concept map)、兩階段診斷工具(Two-Tire Test)以及訪談(interview)。

學生概念難以改變的主要原因，主要因為概念性質可能是微觀的(invisible or molecular)、抽象的(abstract)、物質的(matter)、過程的(process)與階層性(hierarchical)的，而概念欲發生改變，須讓個體感到不滿意、可理解的、合理的與有利的(Posner, et al., 1982)。

概念要改變必須從概念架構出發，本研究以「認知心理學派」與「科學教育學派」進行概念架構的探討。認知心理學派大多探討概念為何難以改變，從 Carey 輕微與強烈的概念改變(同 Piaget 同化與調適)、Chi(1992, 1994, 1998)從本體論出發，將概念改變分成本體類別內與跨本體類別間的概念改變，Thargard(1992)亦是從本體論出發，從樹的轉換和分枝跳躍來探討概念改變的機制；而科學教育學派，主要是以模式與策略幫助學生概念發生改變，從 Posner et al.(1982)的 CCM 模式、Hewson & Hewson(1983)採用 CCM 與先備知識、Vosniadou & Brewer(1994)從本體論與認識論出發。

而本研究採用 She(2002, 2003, 2004a, 2004b)則融合了認知與科教學派，提出了雙重情境學習模式(DSLM)，不僅從學生的迷思概念出發，更提出概念改變模式，讓大班教學中的學生達到 75%~95%的學生達成概念改變，最後於本節的最後，探討學生在進入教學情境時，在電學單元中所具有的迷思概念。

### 第二節 科學推理與類比推理

除了了解學生如何獲得知識之外，要如何培養學生科學式思考的能力，則是近來科學教育中重要的任務之一。因此除了了解學生的知識架構之外，我們更配合了類比推理的理論架構，來設計學生的學習事件，期望學生透過有系統的學習情境設計，除了可以在概念的學習上更正確，另一方面也增進學生科學推理之能力。

#### 一、推理的定義

一般而言推理(reasoning)包括了運用觀察、分類、操弄具體實物、控制變因、假設與推測的思考過程；就種類來說，推理可以分成歸納推理(inductive reasoning)與演繹推

論推理(deductive reasoning)。

其中歸納推理主要是依據人類的觀察而得到可能的結論，並歸納出一個概括性的原則或原型，再以此原則或原型去解釋或判斷所觀察到的事情，一般來說是不具邏輯性的，例如小孩子看到一些鳥會飛，就得到結論說鳥一定會飛，但某天當小孩看到一些鳥與企鵝的時候，發現企鵝無法飛，就會提出有些鳥例外沒辦法飛。歸納推理常用的方法為因果推論(casual reasoning)與類別推廣(categorical reasoning)，前者是依據手邊的資料與觀察，去得到可能的因果推論；後者分成由上而下(top-down)與由下而上(bottom-up)，其中「由上而下」，是指根據問題的結構特徵作分類，趨近結構特徵與抽取原理原則，且剔除與解答無關的訊息，並在解決問題時，可以根據問題的結構條件進行推衍，最後解答問題；而「由下而上」是指趨近易引起注意的問題之表現特徵，為確實掌握問題的潛在的結構，故當面對問題時，若對問題之分類不盡理想，那麼就容易受到問題的表面特徵相似之干擾(Chi, et al., 1982；Ross & Kennedy, 1990；Suhmacher & Czerwinski, 1992)。

另外演繹推理則是根據一個普遍承認的原則（或定理），去推演特定的事例，且是依據邏輯命題（proposition）而來，進而可以形成計畫、決定假設、假說的過程、形成規則、理論、追求論證與協商、評估數據、決定競爭理論，進而解決問題的過程(Johnson-Laird & Byrne, 1991)。一般來說可以分成條件推理(conditional reasoning)與三段論法推理(syllogistic reasoning)。前者，根據倘若-則(if-then)命題得到結論，例如小丸子用功讀書，則小丸子就會再考試得到高分；後者包括主要命題（大前提）、次要命題(小前提)與結論，可分為線性演繹法(linear syllogism)，例如大象體型比獅子大，獅子體型比貓大，則可以得到結論大象的體型比貓大，另一種為分類演繹法(categorical syllogism)，例如所有老師都是畫家，所有畫家都是運動家，那麼所有老師都是運動家。

其中 Johnson-Laird(1983) 提出心智模式(mental model)為代表，認為邏輯推理係個體透過直接的知覺，或間接的語言理解，依前提的內容，建構類似於真實世界的心理表徵，不需運用邏輯法則，心智模式建構的歷程，亦是訊息處理歷程(Polk & Newell, 1995)，因此兒童需要運用訊息處理能力，如注意、知覺、語意、記憶、比較、序列、搜尋、監控、後設認知(Overton, Byrnes & O'Brien, 1985；Ruffman, 1999；Sternberg, 1980; Wright & Dowker, 2002)，心智模式認為推理歷程分為三階段：(1)理解階段：理解前提的語意與訊息，加以編碼，建構初始模式。(2)發展階段：繼續整合前提，處理隱含、複雜或負荷較大的關係，發展、減縮、延伸或修正模式，此階段可能形成結論。(3)驗證階段：搜尋所有可能的模式，以驗證結論是否錯誤，若發現結論錯誤，可能回到理解或發展階段而重新編碼。其中理解和發展階段是基本的歷程，可交互運作，而驗證階段則為重要的

歷程，兒童可能是後設認知的限制，而較少進行驗證。心智模式適用於三段論邏輯推理和關係邏輯推理(Johnson-Laird, 1983; Johnson-Laird & Byrne, 1991)。近來許多研究認為心智模式比法則取向論點，更適合解釋兒童的推理歷程 (Halford, 1993; English, 1993, 1997, 1998)。

## 二、科學推理

近幾年來，科學教育學家一直致力於培養學生進行科學式思考的能力，但在實際情況中，學生與科學家的思考方式其實存在著許多的差異性。學生在遭遇新訊息時，首先會根據本身具有的先有經驗，來對新訊息進行評價或調整，而如何讓學生以科學方式，進行思考與推理並終至獲取符合科學的結果，一直是科學教育的主要教學目標。相同地，協助學生發展對於科學知識的正確觀點，也成為學校教育在教授科學知識的主要目標 (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002)，其中 Hogan & Maglienti (2001)也認為學生個人知識觀點的架構是科學推理能力中不可缺少的重要因素。

Hogan & Maglienti (2001)整理相關文獻後，提出學生與科學家思考方式有著兩點重要的差異，第一點是學生對於自然現象具有許多與科學解釋不同的另有概念(Alternative conceptions)；第二點是科學家與非科學家建立新知識的推理過程有所不同。雖然科學家和一般人具有相似的思考過程，但比起科學家而言，學生在進行推理的過程中存有更多的缺點，例如無法有系統地產生假設或測試假設、忽略重要的變項，或是僅想獲得最後的結果而非解釋所得到的結果和數據資料，因此學生在缺乏科學知識觀以及不足的推理能力下，導致在推理的過程中產生更多的迷思概念(Magara, 1996)。

在認知觀點方面的研究中，多著重於學生對於理論和證據間的協調一致性、科學推理能力的發展限制因素等。Piaget 的認知發展論中，將兒童的認知發展過程階段化後，提出兒童的認知發展能力會隨著不同的年齡階段而有所限制，這樣的觀點使得許多學者開始爭論初等的科學教育應該著重於具體事物的分類、描述和操作，而非包含假設、變項的控制及推論思考的實驗，也就是說學生對於科學實驗和推理的邏輯能力必須到青少年時期才會具備。

承接了 Piaget 心智架構(mental structure)的想法，Lawson, Adey, Head, & Shanger (1988)曾說明學生另有概念及推理能力之間的關係，另有概念大多來自個人過去的經驗，如何才能夠否決這些另有概念，首先學生必須對科學概念產生覺醒，產生新的假設，接著要對證據和推理覺醒，了解證據如何支持科學概念並與另有概念相衝突，藉由資料收集、實驗、邏輯演繹的推理和辯論方式，對假設進行驗證。當邏輯推理能力增加時，另有概念的數目自然也就降低了。另外 Lawson(1992)提到科學本質與學生推理能力之間

的關聯性，也就是說當考量不同假設性的概念型式時，會呈現出多樣的心智基模能力，如控制變數、相關性、機率等的推理，學生若能培養到高階的科學推理能力，便能輕而易舉的回答推理層級較高的相關問題。

Lawson, Alkhoury, Benford, Clark, & Falconer (2000)的研究中把科學推理分成四個層次，Level 3-描述性層次(descriptive level)，與皮亞傑的具體操作期相似，只能運用描述性的概念；過渡階層(transitional level)，介於 Level 3 與 Level 4 之間；Level 4-進階層次(advanced level)，相似於皮亞傑形式運思期，可運用描述性和假設性的概念，且只能以具體可見物體進行假設；最後，Level 5-更進階層次(more advanced level)，可運用一些理論(theory)的概念進行假設，也就是說此階段的學生具備描述性(descriptive)、假設性(hypothetical)和理論性(theoretical)的概念。

但 Tytler & Peterson(2003)卻認為多數研究結果都低估了青少年的推理能力，其認為多數的學生有足夠的能力進行比在學校所教授的課程中更為高階的科學推理，因此許多研究學者也開始探索其它影響學生科學推理能力發展的因素。

從社會文化的理論觀點而言，不同的學習背景也會影響學生科學推理能力的發展 (Faulkner, Joiner, Littleton, Miell, & Thompson, 2000), Gerber, Cavallo, & Marek(2001)探索非正式的學習環境、科學教學程序和學生科學推理間關係的研究結果中發現，學生具有豐富的非正式學習經驗以及在探索式科學教室環境中學習，對於學生的科學推理能力發展有顯著的助益，在同儕及合作學習的環境中對於孩童推理能力的發展也有所影響。

若在科學課程中適時的引導，可以使兒童有更多的機會操作推理的技巧，對兒童心智的成長當有一定的助益，從 Vosniadou & Brewer(1994)對兒童觀點的地球形狀之後續研究中，歸納出兒童所建構的地球形狀有矩形、圓碟形、扁平 and 球體並存、中空球體、扁平球體和完整的球體等不同的型式，以中空球體模型為例，兒童在形成這個模型的過程中，運用了他們學得的知識(地球是球體)和既有日常生活的經驗(地面是平的)來進行推理，建構地球形狀的模型，在這個過程中，兒童調和兩個衝突的概念，完整的融合入自己概念架構中，使他們所建立模型具有解釋力，解決了概念衝突所造成的不滿足。儘管他們所建立出來的模型不合於現今科學社群所公認的科學概念架構，但是他們在整合概念過程中，已表現出具備了一定的推理能力，是不爭的事實。

從知識的觀點來看，學生個人的知識觀點，也會影響學生的科學推理能力，在 Hogan(2000a)的研究中指出學生個人知識觀點的標準對於學生科學推理有極為重要的影響，他指出學生對於知識的觀點會引導科學推理中的計畫、監控和評估等執行的控制過程。Kuhn(1993)認為個人進行科學推理思考的過程恰似一場理性的辯論，無需像一般對話式的辯論般強烈表達自己的主張，只要依個人原有的信念，從已知的正、反證據中進

行判斷性思考，得到最後結論或做出判斷。

Keys(1995)將科學推理的技巧分成四類共 11 種，包括提出 1.評估科學現象的既有模型：提出預測(posting prediction)、預測的評價(evaluating predictions)、解釋—判斷預測(explaining-justifying predictions)；2.針對科學現象產生新的模型：觀察到事件之評估(evaluation observations)、原型與性質之定義(identifying patterns and properties)、提出結論(drawing conclusion)、模型的形成(formulating models)；3.擴充模型到新的情境上：推斷(inferring)、比較與對照(comparing/contrasting)；以及 4.支持其他形式的推理：討論概念的意義(discussing concept meaning)，以及定義相關的資訊(identifying relevant information)，詳述於下。

#### 1.評估科學現象的既有模型

- (1)提出預測：以個人直覺觀念、先備知識或特定的資料中判斷未來事件可能的結果，在此過程中可以同時考慮多個預測的假設。
- (2)預測的評價：判斷自己或同儕所提出預測之適切性。
- (3)解釋—判斷預測：以個人直覺觀念、先備知識或教科書上的資料，說明並對所提出的預測加以判斷。

#### 2.針對科學現象產生新的模型

- (1)觀察到事件之評估：決定觀察目標的適切性，以及是否可由此觀察推導出結論。
- (2)原型與性質之定義：以模式(pattern)來表達觀察資料，將資料整理成為模式，指出資料中特定目標或符號的共通性。
- (3)提出結論：說明科學事件的結果，並和原先預測的結果互相比較。
- (4)形成模型：針對科學現象使用所有可能的資料來源(包括直覺概念、觀察現象、先備知識及和同儕、教師的討論等)，來建構並形成模型。

#### 3.擴展模型到新的情境

- (1)推論：使用所有可能的來源，將情境與科學現象建立連結。
- (2)比較/對照：運用言語比較兩個物體或現象間的相似或不同之處。

#### 4.支持其他形式的推理

- (1)討論概念的意義：參與討論以建構或澄清科學形式、物體、圖像或現象。
- (2)定義相關的資訊：從教科書、圖表、圖片或之前的作業中，去定位或回顧一些特定的訊息。

Driver 等人(1996)提出知識論推理(Epistemological reasoning)，包括(1)現象依據推理(phenomenon based reasoning)：在此階段解釋與描述是無法區分的，而實驗的目的在於

現象的觀察(look and see)；(2)關係依據推理 (relation based reasoning)：解釋被視為包含觀察間關係的定義，或者是實體假設的認為，又稱模式追溯解釋(pattern seeking explanation)；以及(3)概念依據推理(concept based reasoning)：假設確認，使用證據去支持(hypothesis checking, use evidence to support)。

Hogan, Nastasi, & Pressley(2000)對 12 個八年級學生進行訪談，並將學生回答的內容依科學推理分為六個層級：1.概述(Generativity)：學生以直接的觀察結果或質樸的想法及主張等，較為低階的思考來說明待解答的現象；2.精緻化(Elaboration)：以科學的方式敘述待解答的現象，例如加入測量或估計的方式；3.辯證(Justification)：可分為「證據取向」及「推論取向」兩類，來確認與判斷待解答的現象，其中學生想法若能運用越多的證據及推論來確認判斷，給分越高；4.解釋(Explanation)：學生以作用機制來說明待解答的現象，採用的機制越多，得分越高；5.邏輯演繹(Logical coherence)：學生對現象的論述中包含了判斷或解釋，對這些論述不嚴格要求概念的正確性，主要評斷學生所做的判斷及解釋，是否依照原先的前提和假設進行邏輯演繹而得；6.綜合(Synthesis)：評斷學生是否、如何在對現象的論述中，整合相反的觀點，它足以顯現出學生具有辯證思考等高階思考的能力。

從 Hogan 等人的推理層級與 Driver 等人的認識論角度來看，概述和精緻化的能力相當於現象推理的層級，論證的能力則相當於關係推理的層級，解釋、邏輯演繹與綜合等能力則相當於模型推理的層級。

為了瞭解孩童的科學推理能力及發展過程，Tytler & Peterson (2004)針對國小學童的科學推理能力提出了四個不同的向度：本質的探索(The nature of exploration)、知識處理過程的深度(The depth of processing)、處理競爭知識回應的能力(Responses to competing knowledge claims)以及對處理變數(handling variables)。在 Tytler & Peterson (2004)的研究中對於孩童面對不同的學科任務所做的訪談紀錄，依據其所提出的科學推理能力的架構進行分類，結果顯示出孩童具有不同層次的科學推理能力，而且在面對不同的科學任務時，會展現並使用不同的科學推理能力。他並且進一步地指出孩童的科學推理能力與孩童是否能進行較為高層次的解釋能力間有著緊密的關聯性。

綜觀 Keys、Tytler、Lawson 的推理觀點，其相同之處是在課程設計上需考量到變數之間的關聯性，如本研究中所採用的類比推理的模式即是找尋標的物與類比物的相關程度所進行的教學。而不同之處為 Lawson 提出在推理過程中需有控制變數，而 Keys、Tytler 並不強調需找尋變數，而且變數的個數也並不固定。本研究方向傾向於 Keys(1995)與 Lawson(1992)的推理策略，其中與 Keys(1995)推理觀點相似處為讓學生能『使用於評估先前模型的技能』、『使用於產生新模型的技能』、『使用於延伸模型的技能』等，至於問



題設計的分類，則採用 lawson(1978, 1992)對於問題的分類，有比例思考、可能性思考與定義與控制變數等等。

本研究在教學設計上以 She(2002, 2003, 2004a, 2004b)的雙重情境學習模式為設計主軸，並在教材的設計中採用類比推理與概念改變的理論基礎，在開放式理由的質化研究中(包括訪談理由與網路情境中開放式的理由填答)，均採用修改後的語意流程圖(flow map)進行學生概念與推理過程的整理與分析，並根據修改後 Hogan et al.(2000)的四個推理層級(G、EL、J、EX)，對學生的所應用的推理層級進行質化分析，並於每個推理層級之後，括號表示學生所提供的理由數，以下為推理的四層級之詳細敘述：

- (1)概述(Generativity)：學生僅以現象的觀察敘述或自己猜測的想法或主張等來解釋待解答的現象。
- (2)精緻化(Elaboration)：學生能以科學的用語或操作方法來解釋待解答的現象，例如加入測量或估計的方式。
- (3)辯證(Justifications)：在「證據取向」方面，學生能利用變因之間的關係來解釋現象；在「推論取向」方面，學生能利用簡單的線性因果關係來解釋現象。
- (4)解釋(Explanations)：學生以類似科學模型的作用機制來說明待解答的現象。

測量學生推理能力的量化分析中，一般的科學推理能力測驗則採用了 Lawson(1978, 1987; Lawson, Alkhoury, Benford, Clark, & Falconer, 2000; Baker, & Lawson, 2001)科學推理測驗(Classroom Test of Scientific Reasoning)，共有十二題兩階段測驗，主要測量學生一般的科學推理能力，包括重量守恆(conservation of weight)、體積守恆(conservation of displaced volume)、比例思考(proportional thinking)、進接比例思考(advanced proportional thinking)、定義與控制變數(identification and control of variables)、可能性思考(probabilistic thinking)、進階可能性思考(advance probabilistic thinking)、相關性思考，包括比例與可能性(correlation thinking)、假設演繹思考(hypothetico-deductive thinking)，計分方式需要兩階段均答對才給一分。

就之前的文獻探討中，可以歸納出影響學生推理能力的因素有：1.年齡：Piaget 認為學生在不同的時期(如具體運思期或形式運思期等)，推理能力亦不相同；2.科學本質：不同假設性的概念形式時，會呈現出多樣的心智基模能力(Lawson, 1992)；3.學習背景(Faulkner, et al., 2000; Gerber, et al., 2001)；4.教學中的引導(Vosniadou & Brewer, 1994)；5.學生的知識觀點(Hogan, 2000a)；6.根據不同類型的概念，使用不同的推理能力(Tytler & Peterson, 2004)。因此學生的推理能力，除了一般的科學推理能力之外，還需考慮與學生學習相關主題的概念推理能力，故透過研究團隊的教師群，共同設計電學主題相依兩階

段測驗，其主要目的在於探討學生經過教學之後，是否會因為學生對於內容的了解，而增進了學生對該概念的推理能力。

### 三、類比推理

#### (一)類比

Duit(1991)替類比下了一個明確的定義，「類比」是兩個不同領域的知識系統，藉由彼此間某種關係的相似性，由已知的知識系統，推論到欲知的知識系統，從過程中獲得知識的理解。而 Wibers & Duit(2001)認為類比可以說是在特殊的情境中，類比物(Base)與標的物(target)間的關係，也就是說「類比物」與「標的物」間一些共享的特質，或者是兩者相似的程度。

Dagher (1994)提出類比常被視為是人與人溝通的工具，其目的之一就是用於解說/傳達概念，其應用層面可為政治上的修辭學、宗教上的詮釋、科學的對話等；第二種目的則是用於推理/產生概念，因此類比也可促使新的科學知識產生 (Dreistadt, 1968, 1969)，嚴格的說，類比是一個確認不同概念間相似的過程。

Indurkha (1992)將類比分成簡單和預測性兩種，如 Bohr 即運用太陽系來描述原子的結構，就是利用太陽系與原子結構間形狀的相似性並能區分其相似性或另創新的；而預測性則是以現有的概念去預測新的事物並顯示出相似性，如我們是否可以將開車的經驗去推理開車與駕駛船的相似情形，亦即會開車的人就能駕駛一艘船嗎？總而言之，簡單的類比是將已知的事物之特徵/關係與未知的相互連接，反之，預測性類比則是超越已知與未知事物間的關係，進而產生出新的解決問題的方式(Dagher, 1994)。

一般來說，類比的相似性可以分成「表面性質相似」(surface similarities)與「結構比對」(structure mapping)。表面性質相似，即類比物與標的物的性質或特性上的相似，將類比物的特性，轉移到標的物；另外，結構的比對即是基於對類比物的了解，從類比物去推論或了解未知的標的物，並能夠進一步的去對未知的標的物產生新的想法或觀點。

Gentner 等人(1997)指出，類比是知識改變機制中很重要的一環，經由此方式可以促進個體對新事物的洞察。在自發性類比學習包括以下五個部分(1)類比物系統的存取、(2)執行類比物與標的物的配對、(3)配對的評價、(4)在標的物中儲存推理，以及(5)選取共同性。

類比教學在教師的教學過程中，是最常被使用的教學方法，主要目的在於將抽象的事物，以學生較熟悉或具體化的方式表達。一般而言，類比的使用有兩種目的(1)用於解說/傳達概念(2)用於推理/產生概念的功能。

此外「類比」(analogy)亦能幫助刺激學生概念發生改變，根據學習的建構觀點，知

識是學生而非教師建構的，而 Duit(1991) 指出介於「已知知識」與「欲獲得的知識」之間的相似性(或相關性)是相當重要的，而此種相似性就是類比；Brown 和 Clement (1989) 利用學生直觀的想法，提出一系列建立在前一個類比且經由不斷修飾後的中間類比引導學生自我思考，稱為銜接類比模式(Bridging Analogical Model)； Wong (1993a, b)指出經由學生自己發展創造的類比來改善對大氣壓力現象的解釋，將能引發造成許多的討論與修正所提出的類比/解釋模型；此外 Gentner 等人(1997)提出概念改變中，類比的四個過程(表 2.2.1)，來說明類比有助於改變知識與理論的結構。

表 2.2.1 概念改變中，類比的四個過程

階段一	強調 (highlighting)	人類的表徵基本上是許多龐大豐富且交織在一起的概念所組成的網絡，尤其是初期表徵傾向保守，它保有許多情境學習中的細節，透過類比的方式，可以創造一個可掌控相關資訊的部分集合，使一些位必被注意到的關係之共同性得以彰顯。
階段二	投射 (Projection)	被非所有的推論都是正確的，所以事後對應過程(postmapping processes)是必須的，以確保推論的正確性。
階段三	再表徵 (Re-representation)	對目標物或類比物的表徵的改變是在改進對應的關係，其基本上再修補兩個不配對的關係。
階段四	重建 (Re-structuring)	在一個目標領域中組成元素做一個大尺度的重新組合，以便形成一個新的一致性的解釋，而重組可以是增加或減少因果連結或改變特定的概念。

尚有許多科學教育學者做過運用類比教學促進概念改變的研究 (Brown & Clement, 1989; Brown, 1993; Clement, 1991, 1993)，雖然類比並非建立理論時的輔助，但卻是理論之中重要的部分(Hesse, 1996)，因為許多研究報告指出，類比可以增加學生的理解和解決問題的能力(Vosniadou & Brewer, 1987)，可見類比教學被使用的廣泛性。

但在類比教學中，當學習者過份使用類比，而把不相似之處遷移到新的領域中，或是對類比的詮釋與教科書、教師不同時，就反而容易產生另有概念(Webb, 1985)。故 Harrison & Treagust(1994)強調在使用類比時，教師需要詳細的說明類比物與標的物的相似與不相似，以確保學生與老師對類比詮釋的一致性。Spiro 等人(1989)認為除了告知

類比的限制之外，為了讓類比教學更有效率，可以使用數個類比物來說明一個標的物。

Thagard(1992)提到類比的使用具有危險性；另外，Osborne(1983)中提到，有時候類比可能會不幸的被採用去支持學生的迷思概念，而這些迷思概念經驗的累積而來。例如 Osborne(1983)訪談學生對於電流的概念，學生認為電流就像血液，經過心臟前後，血液的含氧量不同，因此電流也是一樣，經過電燈泡前後電流大小也會不一樣。故類比雖然可以幫助學生學習抽象且困難的概念，但錯誤或不當的使用類比，反而可能造成反效果，因此研究者或教師在使用類比時，必須特別注意其適切性。

## (二)類比推理

Nersessian(1992)認為類比推理(analogical reasoning)是許多科學家在進行科學探索時，最關鍵的啟發步驟，另外類比推理不僅可以引導學生學習，還可以結合邏輯推理，進行問題的解決。

Vosniadou(1989)對類比的推理過程的解釋為：從一個資源(source)到一個標的系統(target system)之結構訊息(structural information)的轉移，此知識的轉移需藉由對應(mapping)或比對(matching)過程去發現兩系統間的相似與相異之相關程度。其中包括領域間的類比(between-domain analogies)以及領域內的類比(within-domain analogies)，分述如下：

- (1)領域間的類比：類比被視為存在於不同的兩種領域(概念、理論、故事等)之間，基本上屬於不同或有很大差異的系統，但彼此卻又有一些相似且能共同解釋的部分。如在以太陽系類比原子是相似處；而將太陽類比原子核、行星類比電子則是相異之處。Wilber 和 Duit (2001)認為在基礎(base)、標的(target)之間的相似性與概念之表面(surface)、深層(deep)特質有關係。
- (2)領域內的類比：類比推理包含的項目屬於相同或至少非常接近的概念領域，例如如何利用一個陶製杯和塑膠杯來推理類比，我們可以從外型、功能..等來判別其相似與相異處。

然而兩者的區分並非為二分法，有學者將兩種推理的區分比喻為字面的(literal)和隱喻的(metaphorical)比較。如 Gentner 認為領域內的類比僅有字面上的相似處，且包含許多太簡單、描述性、無關聯的特性，如“太陽系就像一個原子”為靜止的相似性陳述，故不屬於類比反較偏向隱喻；但 Vosniadou 則認為應重視類比的推理過程，在區分領域間和領域內的類比的特性如相似性時，應包含特定的牽連，如“狗就像貓”若考慮類比的推理過程則無任何特定連結。總而言之，類比推理應為屬於相同基礎範疇中的兩個項目，

並存在包含著可以從一個項目轉移到另一個項目的解釋架構。也有學者認為概念的轉移時常受限於字面相似性，即使用類比可以同時兼顧到結構上和表象(surface)的相似情況(Loewenstein, Thompson & Gentner, 1999)。

Sternberg(1977)以訊息處理理論的觀點，將類比推理思考的歷程分成六個處理成份，依序為：編碼(encoding)、推論(inferring)、比對(mapping)、應用(applied)、辨別(justified)與回應(response)。

Gentner(1989)將類比推理視為比較 base 與 target 的相似性，並提出類比推理的五個步驟，包括：存取(accessing)、比對(mapping)、評價(evaluation)、儲存(storing)與歸納(generalization)，其五個步驟分述如下：

- (1)存取：存取一個類比主要是藉由連結概念表面的特質而幫助學生學習。也有許多研究顯示在類比物與目標物之間連結深層概念的相似性，存取也是有可能發生(Wilber & Duit, 2001)。
- (2)對應：概念化過程，主要是比較命題結構的相似性、從類比物到目標物的次結構轉移過程。也有不少證據顯示即使學生對於命題結構很熟悉，對應也不常發生，Gentner 覺得基本關鍵在於參與對應的過程中，由類比物和目標物所呈現學生的心智模式和言詞(Wilber & Duit, 2001)。
- (3)評量(evaluation)：可運用概念圖、兩階段評量、晤談等評量工具得知學生是否已了解類比物和目標物的相似、相異性及其關連程度。
- (4)儲存(storing)：學生從類比推理的學習過程中，若已自我建構完整的主題概念基模，便可以儲存於大腦的記憶庫。
- (5)歸結(generalization)：在某主題概念所運用的類比物，是否可應用於其他科學概念，探討其相似、相異性之衝突情境。

黃幸美(1995)將類比推理的歷程分成四個程序：1.建構表徵：將來源與標的之間的問題之訊息，建構成心理表徵；2.注意並提取線索：從標的提取線索；3.比對：將來源與標的間可類比的元素與成份做比對；4.學習與應用類比解答。

當學生面臨新問題的時候，常根據個人先前的知識與經驗，分析與比較新、舊問題的情境條件，尋找可以對應到新問題的特徵，然後利用推理的方式，對問題進行推論或假設，最後目的在於解決新的問題，因此當學習者能夠注意與趨近學習材料之內在表徵，建構知識基模，以遷移到類似的問題情境，完成問題的解答，亦為當前教育學者所重視的學習目標(Anderson, Reder, & Simon, 1996)，亦是本研究相當重要設計主軸之一。

#### 四、小結

推理包括歸納推理(根據觀察到的結果,歸納出概括性的原則或原型)與演繹推論推理(根據原則或定律,依據邏輯命題,去推演特定事例),由 Hogan & Maglienti(2001)整理文獻後,提出學生與科學家思考方式的差異後,了解學生在缺乏科學知識關與推理能力不足的狀況下,容易形成迷思概念,進行一步從文獻中歸納出影響學生推理能力的因素有年齡、科學本質、學習背景、教學中的引導、學生的知識觀點、不同類型的概念,使用不同的推理能力。

另外修改 Hogan et al.(2000)對科學推理層級的分類:概述、精緻化、辯證、解釋、邏輯演繹與綜合,取前面四個並再加以細分成概述『G(0)、G(1)、G(2)』、精緻化『EL(1)、EL(2)』、辯證『J(1)、J(2)』與解釋『EX(1)、EX(2)』,進行開放式問答(電學網路雙重情境學習網中的開放式理由與訪談內容)進行學生推理層級的分析,而學生推理能力的量化測驗使用了 Lawson 的教室的科學推理測驗(Classroom Test of Scientific Reasoning)與研究團隊設計的電學主題相依兩階段測驗,主要在探討學生推理能力,是否因學習內容而有所不同。

Duit(1991)將類比視為兩個不同領域的知識系統,藉由彼此間某種關係的相似性,由已知推論到未知的知識系統,在過程中獲得知識的理解,從其相似性(表面性質相似、結構比對)、各家學者的看法(Brown & Clement, 1989; Indurkha, 1992; Dagher, 1994; Genter, et al., 1997),最後再就類比教學的限制進行討論。而類比推理則從定義與教學模式出發(Sternberg, 1977; Vosniadou, 1989; Genter, 1989; 黃美幸, 1995)。

### 第三節 網路科學學習

#### 一、資訊融入教學

WWW(World Wide Web, 網際網路)近年來在各界均蔚為風潮,其在教育與學習上所帶來的影響,甚至被視為如同工業革命和文藝復興對西歐的影響一樣鉅大(Lowther, Jones, & Plants, 2000),因此網路學習在近幾年來,成為許多研究者關注的熱門話題。

在結構上,WWW 具有關聯性(associative)、非線性(nonlinear)、階層性(hierarchical)等不受限制的超連結功能,這些功能和人類記憶的特徵相似,人類記憶處理的語意網路模式(semantic network model)中,也是試著以某種意義讓節點(nodes)間相互連結(link),而概念和概念之間,則是以非線性和階層性的形式來形成類網狀組織(net-like organization),因此具有這些功能特性的網路學習,可以有效的呈現專家的知識結構,

幫助新手學習 (Miller & Miller, 2000)。

在媒體特性上，WWW 的多媒體特性，使得真實世界情境的再現成為可能，因而有助於產生真實的學習情境(Miller & Miller, 2000)。藉由 WWW 多媒體特性來模擬環境，讓真實生活場景藉此得以再次呈現，可彌平教學時理論與實務的落差，並可運用於模擬科學實驗，降低投注於實驗器材的成本與心力(Allen, 1998)。

但是成功的網路學習課程，並非只是上傳一些文件或網頁上的超連結而已，而是在課程內容中設計符合互動性與不同電子媒體所需的影音型態，包括視訊、動畫、音效、音樂、音訊、相片、圖畫、以及超連結或非超連結的網頁，高品質的網路課程設計進而增進學生的使用、動機和互動性，讓學習者在網路學習的課程中，成為真實情境問題設計的解決者，並對自己的學習負責(Berge, Collins, & Dougherty, 2000)。

現今為了因應九年一貫課程與新教學理念所需，有關當局積極宣傳與推廣資訊科技融入教學的教師研習活動，就目前現行網路技術應用在教學上的模式可以分為下列兩種(邱貴發，1998)：1. 同步網路教學(synchronous teaching)，即教師透過網路工具，例如視訊會議、文字工具或白板等來進行授課，這樣的方式僅能打破空間的隔閡，適合作為輔助學習；2. 非同步網路教學(asynchronous teaching)，即學生們的學習活動可能不是在同一個時間內發生，教學者將所要呈現的教學情境事件先置於伺服器上，理論上使用者可以於任何時間與任何地方，透過網路到指定的電腦上讀到、看到或聽到事先設計好的教學情境，這樣的方式可以打破時空隔閡，且給予學習者彈性較大，學習的時間是操控在學習者的手上，是目前比較可行的方式。

但是目前對於「資訊融入教學」的定義與內涵仍是眾說紛紜，而許多研習課程仍只教授電腦與網路軟體技術而已，與「教師能運用資訊科技融入教學活動」的目標有很大的落差(徐新逸和吳佩謹, 2002)。就 Jonassen (1996)以 mindtools 說明教學科技有三層次的應用，分別是「學電腦知識(learning about computer)」、「從電腦學知識(learning from computer)」、「用電腦學知識(learning with computer)」，Jonassen 對電腦三層次的應用，對應到我國資訊教育發展分別是資訊概論(computer literacy)、電腦輔助教學(Computer-Assisted Instruction, CAI)、資訊融入教學(technology implementation)。現今資訊融入教學的方式大致有：電腦簡報的展示、電腦輔助軟體、結合網際網路等(張國恩，1999)。此外，利用電腦多媒體呈現的畫面必能帶給學生更多的感官刺激與震撼，提高學習動機(陳明溥，1991；蔡東鍾，1997)。Moersch (1995)將資訊融入的程度可分為：不使用、知覺、探索、融入、整合、擴充、精緻等。

Slavin(1990)提到有關網路學習環境的優點包括 1.學生可以依照自己的方式及興趣學習；2.透過自我評估、檢視及反省的策略，建立自我學習模式，並建構知識體系。而

Anderson 等人(1997)也提到 WWW 是一種開放的學習環境，重視的是個體的自我控制、擴散式的思考模式、多元觀點及獨立思考，因此網路對於促進個別化學習、自我評估，以及知識的再建構有很大的幫助。故教師可依照課程需要，採取適當等級的網路融入教學，幫助學生的學習，如張俊彥和董佳苕(2000)在教授地球科學課時，運用多媒體 (Multimedia)呈現效果可模擬野外考察的過程，讓學生有身歷其境的感受；She & Fisher(2003)利用 Flash(動畫軟體)和網路呈現理化科的學習，強調運用電腦科技輔助教學可提昇學生更深層的心智能力，並增進互動的學習過程，學生藉由自行統整與建構完整的知識，頗能符合現今教育重視之建構主義學派的主張。

## 二、網路科學學習

現今利用網路學習融入科學概念的教育研究模式，根據本研究的設計，進一步探討以下成以下幾種典型：

### (1)鷹架學習理論

在此理論之下，教師扮演著架設鷹架的角色，協助學生學習，在學習過程中逐漸將學習的責任引導至學生身上，最後的目標是學生能夠自我學習，主動建構完整的知識。而在網路的開放環境中，教師應能透過網路的功能，更輕易的建設有利學生學習的暫時性鷹架，讓學生在網路的環境中更容易有個別化的思考，獨立學習的優點。例如：Linn 等人 (2003)建立一個以網路為基礎的探索科學的學習平台(The Web-based Inquiry Science Environment , WISE)，提供中小學學生有關於調查、辯論、設計等類型的網路科學探索活動，並能藉由閱讀、提示、筆記、問答、視覺化的網路工具及討論等互動式學習，進行科學概念的探究。

### (2)網路融入 PBL(Problem Based Learning)

問題解決是一複雜的心智歷程，許多學者亦曾對其過程步驟各自提出不同的見解(張俊彥、董家苕，2000)。而人類在進行問題解決時，牽涉到相當複雜的心智歷程，Dewey(1910)曾在「How we think」一書中提出問題解決的五大步驟：1.發現問題或困難 2.確定問題的性質 3.提出可能的解決方案 4.選擇合理的解決方案 5.驗證而成立結論。

Rayner、Canham 和 Rayner、Canham (1990)將此歷程運用於電腦，而提出了「確認問題、計畫解決策略、搜集資訊與執行計畫」四階段的電腦輔助教學教材；Chang & Barufaldi(1999)根據 Pizzini 等人在 1989 年所發展的「SSCS—搜尋、解決、創造、分享」問題解決模式，將改良後的之 SSCS 問題解決模式應用於國民中學地球科學課堂的教學之上，並加上電腦輔助教學軟體確實能更有效的增進學生的學習成效。而對於非結構化



的問題，游文楓、佘曉清 (2003)的研究結果顯示網路化問題解決策略確實有助於提昇學生非結構化問題解決的追蹤測驗成績。

### (3)探究式(Inquiry)教學

KIE(Knowledge Integration Environment)為美國加州柏克萊分校於網路上架構的一套完整的探究式物理學習的虛擬教室，可以透過各項輔助工具軟體來支援學習者發現問題，並協助蒐集資料，與科學家線上見面討論，而若與其他課程相配合時，也可以當成實驗室使用，因此，學生在此學習情境下，能夠頗具創意的設計出一個經由自己蒐集、統整、分析資料後的問題解決方案。

### (4)後設認知(metacognition)

後設認知是指學習者對於自我學習的控制、自我知覺與知識」(Baird & Mitchell, 1990)。其中除了包括知識與學習者個人特質外，尚強調了有效的學習策略，以及如何運用知識的重要性。She (2004a)透過網路多媒體的電腦動畫與後設認知策略結合，針對學生難以理解的浮力概念進行研究，結果發現此學習模式確實有助於提昇學生科學概念的認知學習成效。



### 三、小結

在本節中，先根據 WWW 的結構(關連性、非線性與階層性)與媒體(真實情境的模擬)特性上，對於網路學習的影響，在由網路教學注意亦事項(增進學生使用、互動與動機等等)、教學上應用的模式(同步、非同步)，以及電腦融入教學的方式(簡報、輔助軟體、多媒體設計等等)與優點(學生中心、自我掌控、自我反省與獨立思考等等)加以探討。最後根據本研究的設計，就幾種網路科學融入科學概念的教育研究模式進行探討(鷹架、PBL、探究與後設認知)。

### 第三章 研究方法

本研究是運用『網路化雙重情境學習模式』與『類比推理』二大理論為研究主軸，協助國中階段的學生建構「電學」的概念推理能力，並對其迷思概念進行概念修正或重建的學習活動，研究採用準實驗設計的方式進行。

本章以研究對象、研究設計、研究流程、研究工具、教學設計、資料蒐集與分析等六節分別敘述。

#### 第一節 研究對象

本研究是以新竹市某國中三年級的學生為研究對象，以便利取樣的方式，採用六個常態編班班級，共 188 人。本研究將學生分成兩組，實驗組與對照組各三個班級，參與本研究之教師共有三位，均為自然與生活科技教師，任教年資為均為十年以上。

在教學模式方面，實驗組採用網路互動學習模式，在電腦教室利用網路進行線上學習，共 94 人；對照組採用傳統教學模式，在教室中利用講述、討論與分組實驗等方法進行教學，共 94 人。

實驗組與對照組，在本研究進行之前，將九十三學年度上、下學期共四次自然與生活科技定期考試成績，以及科學推理測驗前測成績、電學主題相依前測成績與電學單元成就測驗前測成績等，進行差異性檢定，其數據整理於表 3.1.1。

表 3.1.1 各項成績前測差異檢定摘要表

項目	實驗組 N=94		對照組 N=94		平均差異 (實－對)	t 值
	平均值	標準差	平均值	標準差		
學業成績	77.43	14.72	79.12	16.63	-1.69	-0.75
科學推理	4.23	1.94	3.44	2.3	0.79	2.55*
主題相依推理	9.08	5.81	7.45	5.86	1.63	1.95
單元成就測驗	24.93	6.12	23.22	6.62	1.71	1.87

註：N=194 \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

根據表 3.1.1 中，除了科學推理成績前測中，實驗組與對照組差異達顯著水準( $t = 2.55$ ,  $p = 0.011$ )，實驗組科推推理成績前測高於對照組，除此之外，學業成績、電學主題相依推理測驗前測與電學單元成就測驗前測，實驗組與對照組成績均未達顯著差異。

## 第二節 研究設計

本研究採用準實驗設計法，以六個國中三年級的班級，分別以三個班為實驗組(N=94)，三個班為對照組(N=94)，作為研究對象。研究的自變項包括自然與生活科技學業成績分組、教學模式、科學推理分組等，依變項為電學單元成就測驗(前測、後測與追蹤測)及電學主題相依推理測驗(前測、後測與追蹤測)、電學概念改變歷程測驗(前測與後測)與電學概念訪談(前測、後測與追蹤測訪談)等，研究架構如圖 3.2.1。

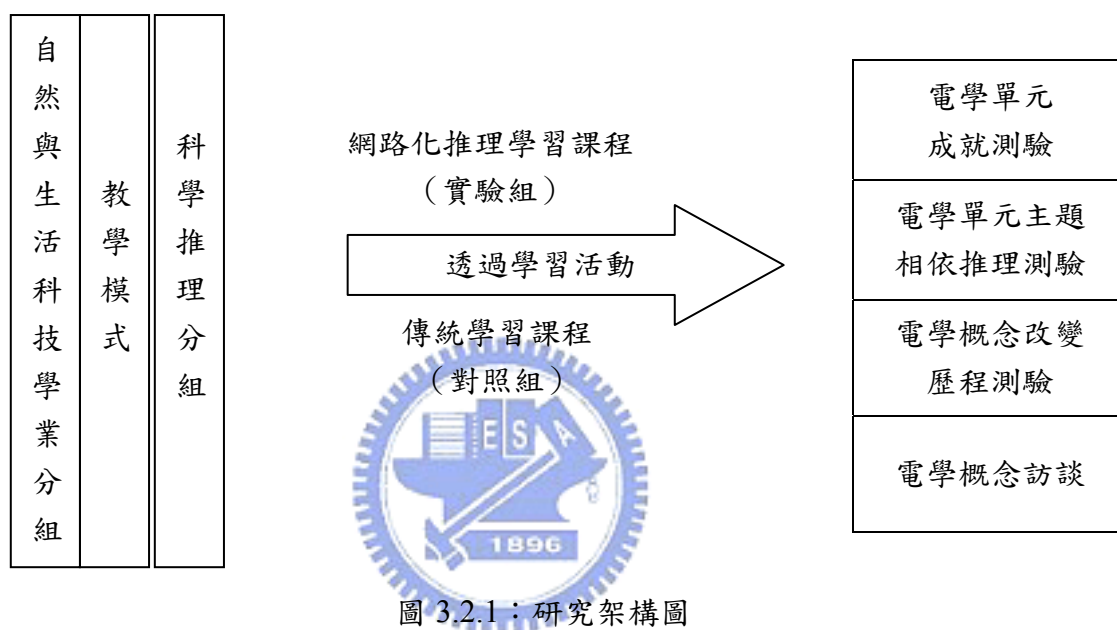


圖 3.2.1：研究架構圖

### 一、自變項

本研究的自變項包括「自然與生活科技學業成就分組」、「科學推理分組」，以及「教學模式分組」，其分組方式詳述如下：

「自然與生活科技學業成就分組」採用九十三學年度下學期，自然與生活科技分數三次段考成績之平均，以中位數為基準，將學生分成高、中、低學業三組；而將「科學推理分組」分成 concrete(具體運思期)與 transition(從具體運思到形式運思的過渡期)兩組，此外不同的「教學模式」也是本研究的自變項之一，實驗組採用網路雙重情境推理學習課程，而對照組則是採用傳統學習課程。本研究各自變項分組的人數統計，如表 3.2.1 所示。

表 3.2.1 各自變項分組人數表

各分組類別變項	實驗組(A、B、C 班)	對照組(D、E、F 班)
教學模式	網路互動學習模式(N=97)	傳統教學模式(N=97)
自然與生活科技成就分組		
高學業組	33 人	38 人
中學業組	34 人	35 人
低學業組	30 人	24 人
科學推理分組		
具體推理組	40 人	35 人
過渡期	57 人	62 人

N=194

## 二、依變項

本研究的依變項為學生的『科學推理能力』、『電學單元學習成效』及『電學主題相依推理能力』。在概念改變的歷程分析方面，實驗組運用類比推理進行網路互動式學習模式，分析學生對電學概念改變歷程測驗之結果，並用晤談進行質性分析，探討學生在網路互動學習模式前、後兩階段概念的轉變。

## 第三節 研究流程

本研究之研究流程規劃成三個階段，依序為「研究準備」、「概念建構與改變教學」以及「資料分析」，其主要工作如圖 3.3.1 所示：

第一階段：研究準備。此階段首重研究主軸之確立，故必先訂定「研究目的與問題」，目的與問題確立之後，即可進入研究準備階段。準備階段包括蒐集相關文獻、教材設計與測驗工具編寫等。此階段最大的特色在於網路學習教材之設計，期望學生可以透過網路進行自我掌控之學習，教材內容之呈現具多元化，內容呈現的方式包括文字、聲音、圖片、影片與動畫，目的在於讓實驗組學生能夠藉由有系統的教學內容設計，於網路上進行電學單元的概念建構與改變學習。

第二階段：概念建構與改變教學。此階段主要是讓學生實際進入電腦教室，進行線上網路之學習，每個主題大約需要兩節課的時間，四個主題總共需要八節課的時間。並

於教學前後，施以科學推理、成就以及電學兩階段測驗，並進行個別訪談。

第三階段：資料分析。本階段主要將研究期間所蒐集到的所有資料進行彙整分析與結論報告。

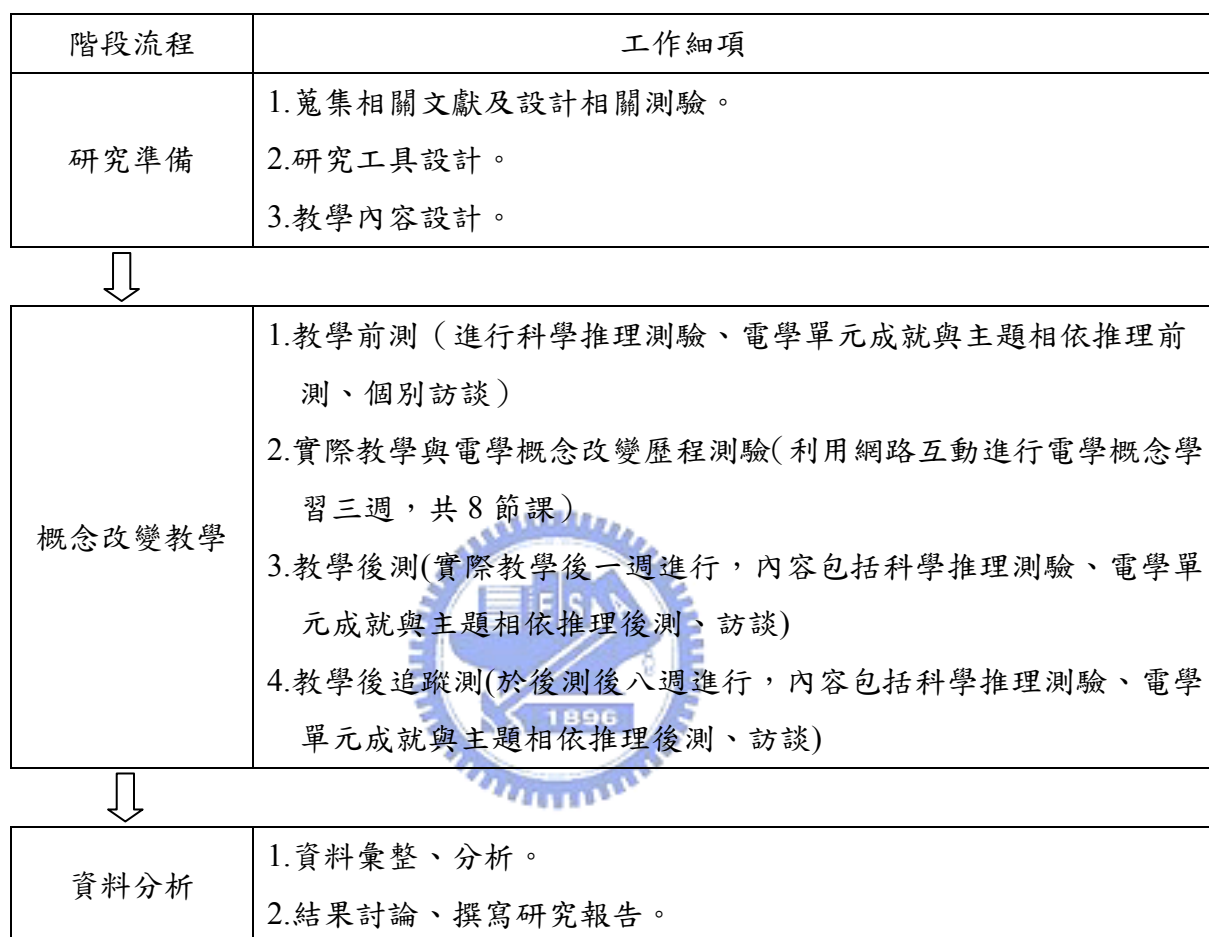


圖 3.3.1：研究流程圖

#### 第四節 研究工具設計

本研究運用的工具有電學單元成就測驗及主題推理測驗、科學推理測驗、電學概念改變歷程測驗，以及個別訪談等方式，以國中電學單元的教材內容為主軸，根據建構主義、科學學習、類比推理等理論進行教學內容的設計。研究工具設計詳述如下：

##### 一、電學單元成就測驗

研究者依據課程內容劃分成四個主題，編製相關的認知測驗，共計六十九題，除了主題二與三，在測驗中加入開放式問答題之外，其餘皆為四選一的選擇題，計分方式以

答對一題給一分，共計六十六分。其後並於九十四學年度上、下兩學期電學單元課程教學前、後施測，以及教學後八週施以追蹤測驗。測驗題目編製，經由四位國中自然與生活科技領域教師與兩位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。且經由施測學校六個班級於教學前、後施測，加以檢驗其再測信度。

在整體試卷信度的分析上，採用 SPSS10.0 版，進行信度的計算，結果所列之 Cronbach's  $\alpha$  值相當於庫李信度(KR 20)所計算出來的係數值，整體試卷前測信度 Cronbach's  $\alpha$  值為 0.66，後測信度 Cronbach's  $\alpha$  值為 0.92，追蹤測驗信度 Cronbach's  $\alpha$  值為 0.95，由此可知此份成就測驗信度達理想範圍。

## 二、電學單元主題相依推理測驗

為了診斷學生是否具備正確並完整的電學相關推理概念，研究者依據電學單元課程內容，編製四個主題的相關測驗題目，每一主題約有 10~15 題不等，共五十一題電學題目，且各試題內容採用兩階段選擇題型式，受測者作答時，必需先選擇第一階段的選項，接著在第二階段進行其理由選項之選擇。本試題計分方式採用兩階段都需答對，才給予 1 分，共計 51 分。此測驗亦在九十四學年度上、下兩學期電學單元課程教學前、後時施測，以及教學後八週施以追蹤測驗。測驗編製經由四位國中自然與生活科技領域教師與一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。經施測學校六個班級於教學前、後施測，以檢驗其再測信度。

在整體試卷信度的分析上，採用 SPSS10.0 版，進行信度的計算，結果所列之 Cronbach's  $\alpha$  值相當於庫李信度(KR 20)所計算出來的係數值，整體試卷前測信度 Cronbach's  $\alpha$  值為 0.78，後測信度 Cronbach's  $\alpha$  值為 0.95，追蹤測驗信度 Cronbach's  $\alpha$  值為 0.96，由此可知此份主題推理測驗信度達頗理想範圍。

## 三、科學推理測驗

研究者採用 Anton E. Lawson 於 1978 年編製、且於 2000 年修訂完成的「Classroom Test of Scientific Reasoning」作為評量施測者的科學推理測驗，內容採選擇題型式並依據六種推理層次：守恒(conservation)概念、比例思考(proportional thinking)、辨識與變數控制(identification and control of variables)、機率思考(probabilistic thinking)、相關性思考(correlative thinking)、假設演繹(hypothetic-deductive)等，科學推理題目共計 24 題，每一題皆包括第一階段答案選項和第二階段理由選項。本測驗的計分方式同樣採取答案、理由兩階段都答對才給予 1 分，總分共 12 分，根據 Lawson(2003)認為測驗分數 0-4 分達『具體運思期』(concrete)推理；而 5-8 分達『過渡期』(transitional)推理；9-12 分達『形式運思期』(formal)推理。經由施測學校六個班級施測於教學前施測，整體試卷前測信

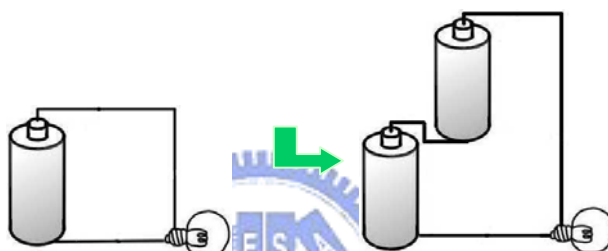
度 alpha 值為 0.75，由此可知此份科學推理測驗信度達理想範圍。

#### 四、電學概念改變歷程測驗-推理歷程

本研究在電學單元中，對於每個主題約設計二到三題的推理題目，讓受測者再進行網路學習時，分別可以在教學事件前、後作答，並於每一題作答時，需先選擇第一層的答案選項並 key-in 其選答之理由；而後於第二層理由選項中選出與自己理由最接近的。本研究期望藉由受測者教學前後的回答，了解學生每個概念建構與改變的歷程，並由兩次答案相異之比較，對其答案改變提出合理的解釋，藉以此方式來觀察學生推理的過程。問題型式舉例如表 3.4.1：

表 3.4.1：電學概念改變歷程測驗例題

2-2-1



左圖的電池改用兩個相同的電池串聯後，燈泡的亮暗會有什麼變化呢？（註：一個電池電壓 1.5 伏特）

你的答案是：

(A)不變 (B)變亮 (C)變暗

你的理由是：\_\_\_\_\_

2-2-2 你的理由與下面哪一個選項較接近？

(A)因為燈泡兩端只能承受 1.5V 的電位差，燈泡亮度不變。

(B)因為燈泡亮度與電池的接法無關。

(C)因為電池串聯，燈泡兩端的電位差會小於 1.5V，燈泡變暗了。

(D)因為電池串聯，燈泡兩端的電位差變為 3V，燈泡變亮了

若前後答案不同

(1)你第一次的答案是：\_\_\_\_\_；你第一次的理由是：\_\_\_\_\_

(2)你第二次的答案是：\_\_\_\_\_；你第二次的理由是：\_\_\_\_\_

你原來和後來的答案不同，你的解釋是\_\_\_\_\_

## 五、個別訪談

本研究除了進行量化之研究之外，更輔以質化資料來檢視電學單元網路教學之成效，為進一步深入了解學生學習電學概念的情形，以及認知結構所呈現的改變，研究者根據文獻探討後，選出國中生在電學單元內，可能會持有的迷思概念，設計相關的概念性問題，其中有 21 個訪談題目(包括靜電 6 題、電壓 6 題、電流 6 題，以及電阻 5 題)，共十一個概念電學主要概念，並於訪談過程中，除了回答問題之答案外，更追問其回答所根據的理由，以期可以對學生概念的建構進行深入的探討。

受訪學生分成對照組與實驗組各三個班，每一班依據學業成就分成高、中、低三組，每一組男、女生各一位，實驗組共 18 位學生，對照組共 17 個學生，總共三十五位同學(其中對照組低學業成就組的學生有一位中輟，資料無法繼續追蹤)，分別於九十四學年度上、下兩學期教學前、後，及於教學後一個月，分別進行四個主題的前測、後測與追蹤訪談，訪談過程中全程錄音，並事後轉錄成逐字稿。

針對訪談逐字稿，對二十一個問題進行的統整與歸納，轉錄成十一個電學概念的語意流程圖，然後再以語意流程圖分析探討學生在教學前、後與追蹤訪談期間，其概念正確數、推理層級與概念改量的差異情形。

在本研究所使用的語意流程圖，主要目的是用以分析訪談內容中，學生的概念正確數、推理層級(G, EL, J, EX)，以及概念改變量，故無法呈現語意流程圖中概念的豐富性，實為本研究之限制。

以下就概念正確數、推理層級(G, EL, J, EX)與與概念改變進行說明：

### 1. 正確概念分數：

為了分析學生回答內容的正確性，回答內容一個正確概念即給一分，兩個正確即給兩分，以此類推，分數越高，表示學生的答案越正確，且相關概念越豐富，例如學生在回答『為何導體可以導電』的問題，若回答『因為有自由移動(1)的電子(1)』，此回答中涵蓋兩個正確的概念，因此學生在此得兩分。

### 2. 運用的推理層級：

推理層級分析的標準則修改 Hogan 等人(2000)對推理型態的層級分類，分成概述(Generativity, G)、Elaboration, EL、判斷(Justification, J)、解釋(Explanation, EX)四級。

(1)概述(Generativity, G)：對自然現象作直觀的描述或以質樸概念來回答。G 又可細分為 G0、G1 和 G2。G0 則表示學生的回答中完全不包含任何和問題相關的論述，或無法分辨其含義，G1 是學生僅運用一個簡單概述，G2 是同時運用了二個以上概述。



例如在『什麼是靜電？』的問題當中，回答的理由與所屬的推理層級：

- a. 不知道、我忘記了。(G0)
- b. 墊板摩擦之後可以吸引頭髮。(G1)
- c. 坐在塑膠椅上、或是電視開關的時候，手去靠近就有吸引的感覺。(G2)

(2)精緻化(Elaboration, EL)：學生能以正確科學術語辭彙、或科學方法如運用測量、估計、數字關係等，對問題相關的現象進行說明。EL可細分為EL1和EL2。EL1是學生僅運用一個精緻化的說明，EL2是運用二個以上精緻化的說明。

例如在『電池如何使燈泡發光』的問題中，回答的理由與所屬的推理層級：

- a. 電池能使燈泡發光，是因為他有能量。(EL1)
- b. 電池有能量，也可以說它有電壓，因此可以使燈泡發光。(EL2)

(3)判斷(Justification, J)：在「證據取向」方面，學生能利用實驗變因和結果之間的關係來說明現象；在「推論取向」方面，學生能利用簡單的線性因果關係演繹推論來解釋現象，分為J1和J2。J1是學生運用了一個判斷的說明，J2是二個以上判斷的說明。

例如在『下列各圖中，何者的燈泡最亮？』問題中，回答的理由與所屬的推理層級：

- a. B燈泡比較亮，是因為電池串聯，能量加倍，因此比只有一個電池的燈泡還要亮。(J1)
- b. B燈泡比較亮，是因為電池串聯，能量加倍，而此電路只有一個燈泡消耗能量，因此能比其他電路圖中的燈泡還要亮。(J2)

(4)解釋(Explanation, EX)：學生以類似科學模型或理化作用機制，做為推理的依據，來說明待解答的現象。分為EX1和EX2，EX1是學生運用了一個解釋來說明，EX2是運用二個以上解釋來說明。

例如在『下列各圖中，何者的燈泡最亮？』問題中，回答的理由與所屬的推理層級：

- a. 燈泡B電流最大，因為電壓變成兩倍，電流就變成兩倍。(EX1)
- b. 燈泡B電流最大，是因為有兩顆電池串聯，電壓變成兩倍，而此電路中只有一個燈泡，因此電阻較兩個燈泡串聯還要小，根據歐姆定律可知電流是燈泡A(電池一顆、燈泡一顆)的兩倍。(EX2)

3.推理層級計分：根據學生在各主題中所使用的推理層級，計算學生在主題一到四中，所獲得的推理分數，如若學生在主題中使用G0兩次，G1一次，G2兩次，則該生在概述(G)的分數為 $0 \times 2 + 1 \times 1 + 2 \times 2 = 5$ ，依此類推可以計算出學生在精緻化(EL)、辯證(J)與解釋(EX)的分數。

4.概念改變量：分析晤談內容時，針對學生在「教學前、後訪談」之間，或「教學後、

追蹤訪談」之間，所具有的相關概念以直線加以連結，並以概念的對錯情形分類為「進步」、「維持正確」、「維持錯誤」、「維持部分正確」和「退步」五種類型加以討論。

其中概念數與概念推理層級概述(G)、精緻化(EL)、辯證(J)與解釋(EX)的評分者間一致性分別為 0.81、0.86、0.84、0.82、0.83。

以下根據學生回答實例，呈現電學訪談語意流程圖分析範例，如圖 3.4.1：

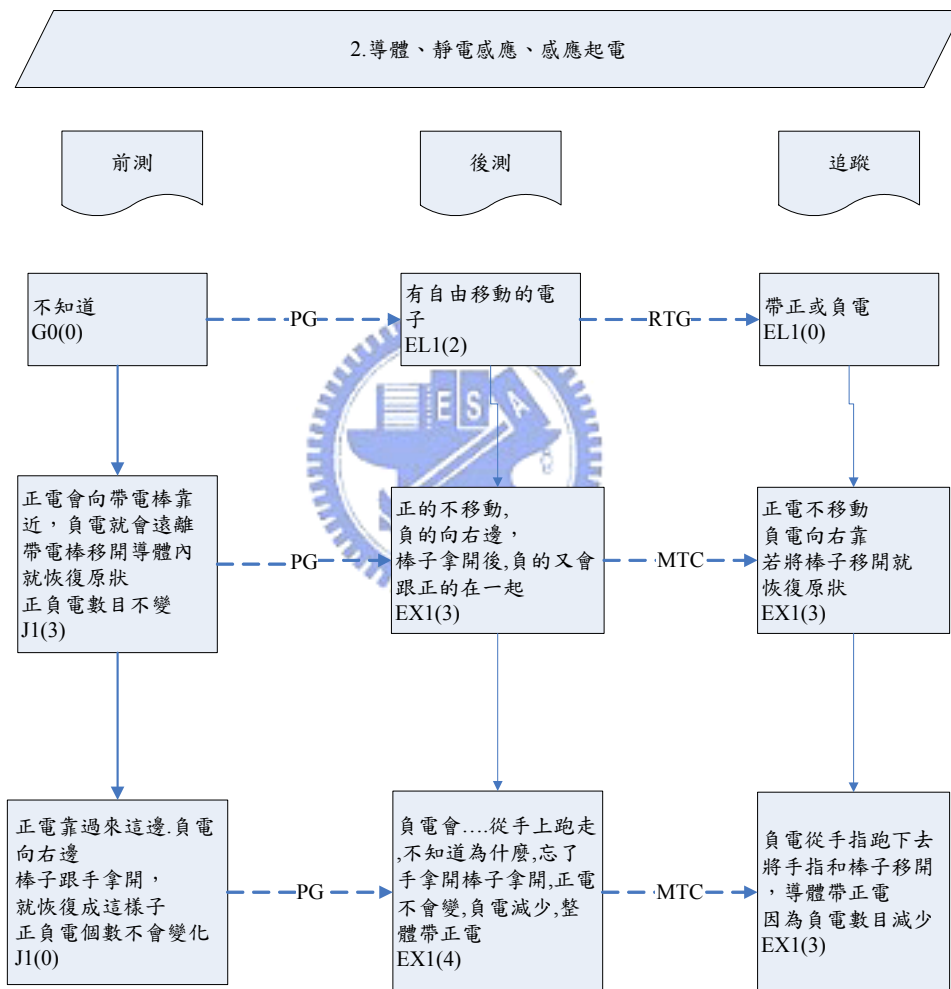


圖 3.4.1 電學訪談語意流程圖分析範例

## 六、電學概念學習網

為了配合網路化互動推理課程與雙重情境之建構式概念改變教學，研究者與電腦網路專業人員共同建製了電學概念學習網，此學習網之設計，以類比推理與雙重情境學習

模式的概念改變教學理論為基礎，運用推理與類比推理設計了一系列的概念診斷問題、學習情境事件及挑戰情境事件等等。學習者在電學概念學習活動進行時，於受試學校之電腦教室，透過網際網路連線至本學習網，進行一系列的概念改變學習活動。

電學概念學習網是建構於“科學概念的建構與重建數位學習研究”的 Web Server 下，Web Server 使用 Apache Server，主要程式是使用 PHP 語言所撰寫的，再配合 MySQL 資料庫作為資料儲存系統。網頁內容的動畫及互動模擬道具等功能是以 Flash MX 2004 所製作而成的。網站系統建製完成後，選擇受試學校的一到兩班國三班級，進行網路學習的預試，目的在於測試遠端連線速度與系統穩定性，並找出相關缺失進行修正。另外網站學習內容之設計，除了研究者根據國中教材及研究核心理論進行編製，再由四位國中理化教師與兩位科學教育專家進行內容流程設計的校對並給予建議，以求教學內容與流程之正確無誤。電學概念學習網各項功能簡介如下：

- 1.申請帳號(管理者權限)：當學習者第一次登入此學習網站時，需先建立使用者帳號，通過註冊之後，下次登入此學習網時，只要輸入帳號與密碼即可，以方便往後的主題學習的事件記錄。
- 2.學習網站登入首頁：學習者通過註冊資格審核，學習者往後透過網際網路連線，進入科學概念的建構與重建數位學習研究網站時，必須點選「會員中心」，然後輸入個人帳號、密碼，才得以登入資料庫系統，利於研究者隨時監測學習者的學習狀況，接著點選物理的電學單元進入學習。
- 3.學習狀況：顯示學習者目前的學習進度，並於學習者回答問題後，關於對、錯給予獎勵或鼓勵的顯示，此動畫設計目的在於提高學生的學習興趣，並激勵其學習鬥志。動畫和聲音的設計，可以讓學習者在完成每各題目之後，可獲得立即的回饋。
- 4.學習事件：當學習者開始進行網路個別學習時，即進入類比推理以及網路化的雙重學習環境中，開始進行一連串的情境學習事件，而學習者必須依照畫面呈現，按部就班依序進行概念學習事件的流程，包括教學前測、情境事件，以及學習後測驗，其中情境事件學習活動，其內容的組成包括靜態的圖片與文字敘述、實際拍攝的教學影片，以及動畫類比模擬比較等。
- 5.修改資料：提供學習者更改資料及修改密碼
- 6.離開系統：點選登出科學概念的建構與重建數位學習研究網站時，學習者也就離開電學概念學習系統。

## 第五節 教學設計

研究者採用余曉清(She, 2002, 2003, 2004a,2004b)發展出的雙重情境學習模式(Dual situated learning model, DSLM)設計網路化雙重情境學習模式「電學」單元的教學活動。各階段工作流程敘述如下，其實施的流程如圖 3.5.1：

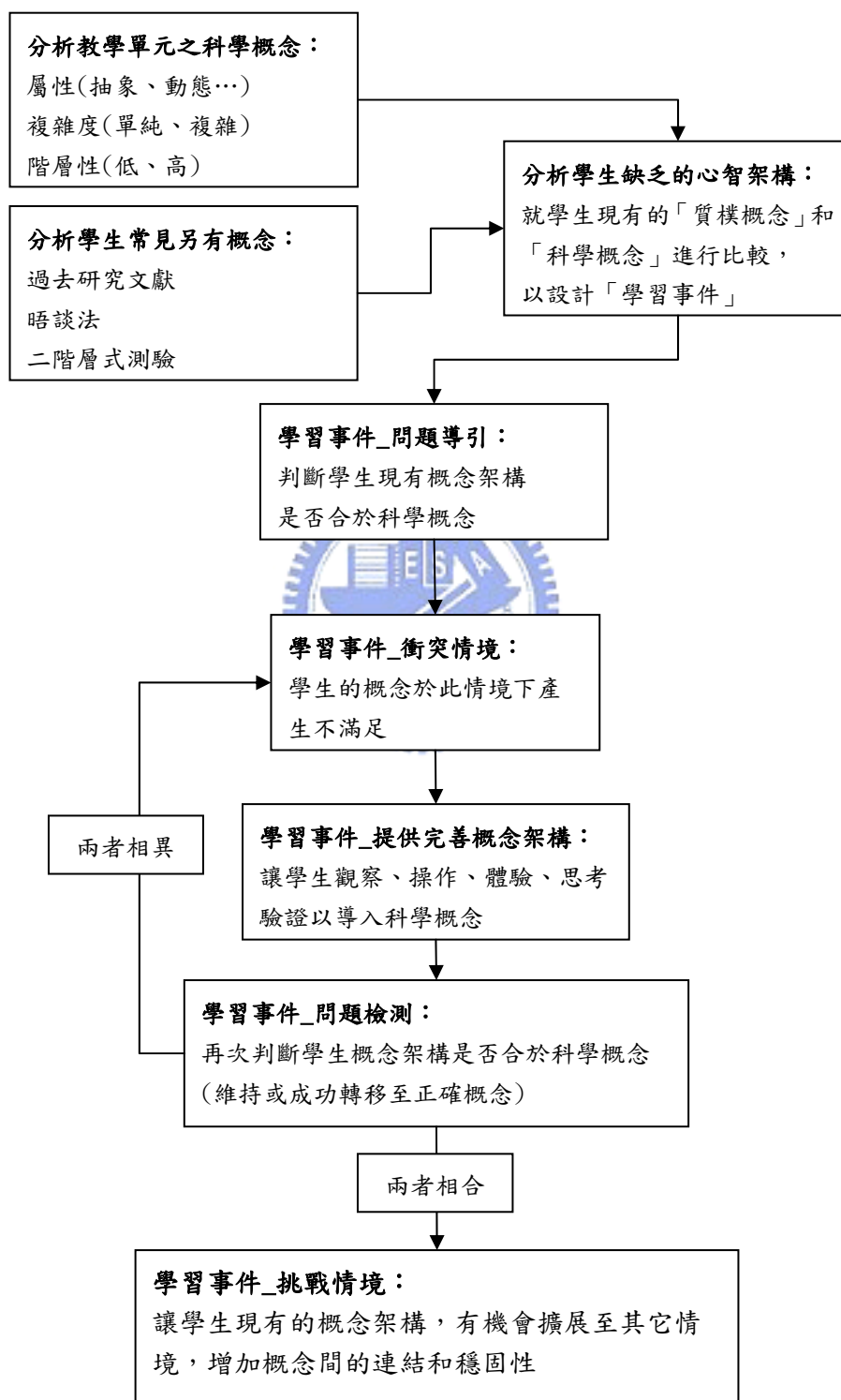


圖 3.5.1 DSLM 實施流程圖

階段一：『分析科學概念屬性』，針對康軒版九十三學年度下學期，自然與生活科技第六冊第一章電學的課程內容中，若要讓學生建構完整的電學概念的情況下，學生需擁有哪些心智架構，詳述於表 3.5.1。

表 3.5.1 學習電學單元，學生所應具備的心智架構

主題一 靜電
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 摩擦起電(微觀、過程)</li> <li>2. 庫倫靜電力(物質、微觀、過程、抽象)</li> <li>3. 靜電感應(微觀、過程)</li> <li>4. 感應起電(微觀、過程、階層)</li> </ol>
主題二 電壓
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 基本電路，包括電流與電子流概念(抽象、微觀、物質、過程)</li> <li>2. 電壓大小與燈泡亮度的關係(抽象)</li> <li>3. 電池串並聯與電壓大小的關係(抽象、階層)</li> <li>4. 燈泡串並聯與電壓大小的關係(抽象、階層)</li> </ol>
主題三 電流
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電流通過導線之概念(抽象、微觀、過程)</li> <li>2. 電流與電子流的區別(抽象、微觀、過程)</li> <li>3. 直流電路概念(包括電池串並聯、燈泡串並聯與電流大小的關係)(抽象、微觀、過程、階層)</li> </ol>
主題四 電阻
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電阻成因微觀概念(微觀、過程)</li> <li>2. 歐姆定律(抽象、階層)</li> <li>3. 燈泡串、並聯對電阻大小的影響(微觀、階層)</li> </ol>

在此階段所分析的心智架構中，有些心智架構對學生來說是抽象的(Abstract)、微觀(invisible or molecular)、物質(matter)、過程(process)的與階層(hierachical)，因此在教學過程中，常因為這些心智架構所具備的特質，讓學生在學習的過程中，形成迷思概念，進而造成概念學習上的困難，因此在階段二將會針對學生在學習此單元，可能具有的迷思概念進行整理與分析。

階段二：『找出屬於此科學概念常見的另有概念』，根據研究者教學經驗、資深教師訪談

及國內、外文獻研究分析，找出學生學習電學容易持有的先有與迷思概念，詳述於表 3.5.2，表中若無特殊註解，表示為訪談資深教師後，所整理出學生的迷思概念。

表 3.5.2 學生學習電學所具有的迷思概念一覽表

主題一 靜電
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電路概念無法與靜電學產生連結：例如電壓、電流無法與電荷、靜電力與電位差等概念相連結(Steinberg, 1983；Psillos, et al., 1987)。</li> <li>2. 自由電子概念：認為導體內正、負電荷均可自由移動。</li> </ol>
主題二 電壓
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電壓是電流的結果：認為電路中有電流，才会有電壓(Cohen, et al., 1983)。</li> <li>2. 電壓恆等：電路上任兩點的電壓與電池提供的電壓相同(陳啟明、陳瓊森, 1993)。</li> <li>3. 無法處理兩個變數：學生無法了解電路上沒電流，可是卻還具備電壓的概念(Psillos, et al., 1988)。</li> </ol>
主題三 電流
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 單極模式：不具封閉迴路的概念，認為電路元件是一個儲電槽，因此電流從電池一端經電線到燈泡底部即可讓燈泡發光(Osborne, 1983)。</li> <li>2. 電流消耗：電流在電路中，經過燈泡、電阻等元件會被部分消耗，或者是全部消耗(Osborne, 1983)。</li> <li>3. 衝擊模式：電流從電池的兩端出發，流到燈泡後讓燈泡發光，此時兩端電流通過燈泡，可能完全被消耗、部分被消耗或者是沒有消耗，然後各自回到電池(Osborne, 1983；Magusson, et al., 1997)。</li> <li>4. 摩擦模式：認為電流流經燈泡，因為摩擦燈泡的鎢絲而後造成燈泡發光(Steinberg, 1983)。</li> <li>5. 順序推理：認為電流是從電池的一端慢慢流出，然後漫流整個電路 (Shipstone, 1984；Licht, 1991)。</li> <li>6. 電流平均分配：電路中的電子元件會平均分配電流(Shipstone, 1984)。</li> <li>7. 電池提供定值電流：不論電路的電阻如何變化，電池提供的電流大小相同(Psillos, Koumaras, &amp; Tiberchien, 1988；Licht, 1991)。</li> <li>8. 認為電流流動，就是能量的流動(Osborne, 1983)。</li> <li>9. 導線消耗：認為導線越長，電流會在導線上慢慢被消耗，因此導線越長，電流越小(Licht, 1991)。</li> </ol>

主題四 電阻
1.局部推理：電路中局部的元件發生改變(例如：燈泡的串、並聯)，學生僅能根據局部做推理，無法考慮到電路整體所受的影響(例如：燈泡並聯，電阻變小，總電流變大) (Shipstone, 1984)。
2.受阻模式：認為電阻會阻礙電流流動，並讓部分的電流無法通過(Shipstone, 1984)。
3.對抗模式：認為電阻越大，電流通過時需要更多的能量，因此電流會變大(Licht, 1991)。
4.無法處理兩個以上的變數：在歐姆定律的處理上，無法考量兩個或兩個以上的變數(Liegeois & Mullet, 2002)。

階段三：『分析學生對於建構新的科學概念所缺少的心智架構』，比較科學概念屬性與學生的另有概念，我們可以發現學生缺乏的心智架構，詳述於表 3.5.3。

表 3.5.3 學生在電學概念中所缺乏的心智架構

主題一 靜電	
1. 自由電子概念	
2. 庫倫靜電力兩個變數的處理	
3. 接地概念	
主題二 電壓	
1. 燈泡如何發光	
2. 電池串、並聯時，電壓大小	
3. 燈泡串、並聯，燈泡電壓大小	
主題三 電流	
1. 導線中電流的微觀概念	
2. 電流與電子流的不同	
3. 電流與電壓之關係	
4. 單一迴路中，電流大小相同	
5. 電池串、並聯對電流大小的影響	
6. 燈泡串、並聯對電流大小的影響	
主題四 電阻	
1. 電阻成因的微觀想法。	
2. 影響電阻大小因素之微觀想法。	

3. 歐姆定律兩個以上變數的處理。
4. 燈泡串、並聯對電路上總電阻的影響。

階段四：設計網路化雙重情境學習事件：依據學生對於建構新的科學概念所缺少的心智架構，研究者所設計的一連串情境主題事件依序，詳述於表 3.5.4：

表 3.5.4 電學情境主題事件表

主題一 靜電
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 介紹摩擦起電概念(1.1)</li> <li>2. 影響庫倫靜電力的因素(1.2)</li> <li>3. 介紹靜電感應(1.2)</li> <li>4. 介紹感應起電(1.2, 1.3)</li> </ol>
主題二 電壓
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用水位差類比電位差(2.1)</li> <li>2. 抽水機造成的水位差類比電池串、並聯的電壓(電位差)(2.2)</li> <li>3. 水車獲得的水位差類比燈泡串、並聯的電壓(電位差)(2.3)</li> </ol>
主題三 電流
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 介紹導線內電子流動的微觀概念(3.1、3.2)</li> <li>2. 水位差與水車轉動速度之關係，類比電壓與電流關係連結教學(3.3)</li> <li>3. 抽水機串、並聯水流速度類比電池串、並聯電流大小(3.5)</li> <li>4. 水車串、並聯水流速度類比燈泡串、並聯電流大小(3.6)</li> </ol>
主題四 電阻
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電阻微觀概念(4.1)</li> <li>2. 影響電阻值大小之因素(4.1、4.2)</li> <li>3. 利用海綿類比電阻，測量通過海綿前後水流速度，來類比通過燈泡前後電流相同之概念(3.4)。</li> <li>4. 歐姆定律的推理教學(4.3)</li> <li>4. 燈泡串、並聯，電壓、電流與電阻概念總整理(4.3、4.4)</li> </ol>

註：(1.1)表示此雙重情境事件之設計是根據學生在表 3.5.1 中主題一靜電中，第一個缺乏的心智概念。



因為學生學習電學單元所需要的心智架構具有抽象、微觀、物質、過程與階層性的特性，本階段將根據這些特性，進行教學情境的設計，例如電子流(不可見的、微觀的)與電流(抽象)，此時需要使用到 Flash 動畫，將微觀與抽象的概念具體化，幫助學生概念上的學習。

在電壓與電流的學習主題當中，因為概念的抽象、微觀與過程特性，因此在此二主題中大量使用類比推理，期望協助學生建構更完整的電學概念，如電壓大小與燈泡亮度的關係具有抽象的特性，因此在情境的設計上，除了使用類比物 flash 動畫與實際實驗影片之外，更於影片後使用 flash 動畫說明待學概念與類比物之間的連結，如圖 3.4.3，加強學生對於此抽象概念的了解。

Target (主概念)	Analogy(比喻)
電池串聯 	抽水機串聯 
燈泡(1)變亮 (2)變暗 	水車(1)轉動變快 (2)轉動變慢 

圖 3.5.2 電池串聯與燈泡亮度類比概念連結圖

而電壓對電流大小的影響，其概念亦具有抽象、微觀與過程的概念特性，故在電流主題的學習中，亦使用大量的類比推理，利用「水流速度」類比「電流大小」，協助學生電流概念之學習，如電池並聯對電流大小的影響，其概念類比連結圖，如圖 4.5.3 所示。



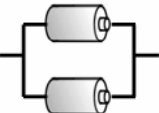
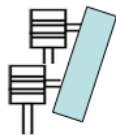
Target (主概念)	Analogy(比喻)
通過燈泡電流 (1)變大 (2)變小 	水流速度 (1)變快 (2)變慢 
電池並聯 	抽水機並聯 

圖 3.5.3 電池並聯與電流大小類比概念連結圖

同樣的，在電阻主題中，其概念仍是具有微觀與過程的特性，因此在電阻主題的學習上，同樣也是設計了類比推理，利用「海綿」類比「燈泡電阻」，協助學生瞭解電阻對電流大小之影響，例如電路中有無阻礙(電阻)，對電流大小之影響，其概念類比連結圖，如圖 3.5.4 所示。





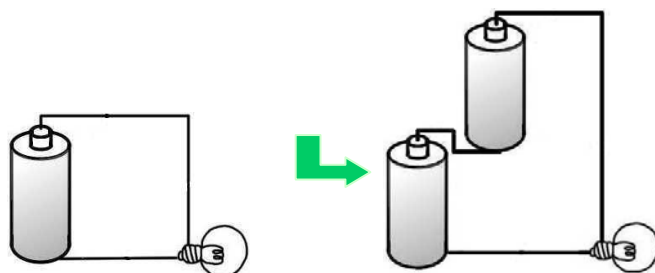
Target (主概念)	Analogy (比喻)
 燈泡電阻	 海綿
電池 	抽水機 
導線	水管
電流變小	水流變慢

圖 3.5.4 燈泡電阻與電流大小類比概念連結圖

此外若概念具有階層性，例如直流電路中電池串、並聯與電流大小的關係，需要學生具有「電池串、並聯與電壓的關係」、「電壓與電流的關係」、以及「單一迴路上，每一點的電流大小相等」等概念後，才能進行此概念的學習，因此屬於較高的概念階層，此時除了類比物的 flash 動畫與實驗影片外，更需循序漸進的呈現相關且階層較低的觀念，之後待階層較低的觀念學習完畢，再進行此概念之學習。

階段五：『進行網路化雙重情境學習模式的教學』，研究者以問題引導、實物影像、實物影片、模擬實驗、概念探究等活動事件交替進行，此階段的每一情境主題事件多以問題引導（依據學生常見的迷思所設計）進行類比推理，而問題的設計根據 Lawson Classroom Test of Formal Reasoning (Lawson, 1978)的推理模式將全部問題分類，如表 3.5.5 的範例：

表 3.5.5：電學單元類比推理問題設計～比例思考(proportional thinking)



2-1 左圖的電池改用兩個相同的電池串聯後，燈泡的亮暗會有什麼變化呢？（註：一個電池電壓 1.5 伏特）

你的答案是：\_\_\_\_\_

(A)不變 (B)變亮 (C)變暗

你的理由是：\_\_\_\_\_

2-2 你的理由與下列哪一個選項較接近？

- (A)因為燈泡兩端只能承受 1.5V 的電位差，燈泡亮度不變。
- (B)因為燈泡亮度與電池的接法無關。
- (C)因為電池串聯，燈泡兩端的電位差會小於 1.5V，燈泡變暗了。
- (D)因為電池串聯，燈泡兩端的電位差變為 3V，燈泡變亮了。

提出引導問題引起學生的注意，讓學生對自己的概念進行詮釋，再在經由研究者設計的實物圖片、實驗影片、FLASH 動畫與概念探究等學習活動事件，除了引發學生認知的不平衡之外，學生亦可藉由以上種種的學習活動事件，進行概念的探究與思考，並推理出合理的答案與理由，此時導入了學生缺少的心智架構，學生可以透過學習事件的安排，自行建構出較接近科學觀點的概念。

為了解學生在教學活動中概念改變的過程，在學習過程中的每一個概念，相同的引導問題，在情境事件開始與結束時都會詢問學生的答案與理由，為了讓學生無法更改先前的答案，網頁經過特殊的設計，並於教學事件之後再依據學生兩次回答的一致性與否，讓學生對自我概念的改變提出解釋，研究者期望從學生回答中，觀察學生想法改變的情形。

階段六：挑戰情境學習事件：完成所有情境事件教學後，便進入挑戰情境學習事件，目的是讓學生挑戰相關情境，以檢測學生的概念是否真的改變並可應用在其他情境之下。這些挑戰問題設計於每一主題的主要概念教學後，設計的主要目的是讓學生藉由挑戰相關情境，進一步檢測學生的概念是否真的經由此學習情境而改變，並於學生完成挑戰題之後，給予正確的解答，

## 第六節 資料蒐集與分析

研究期間所蒐集的資料，包括電學單元成就測驗成績、電學單元主題相依推理測驗成績、科學推理測驗前測成績及電學單元概念改變歷程測驗(包括理由推理、挑戰問題、類題)等。

四個學習主題施測完畢之後，隨即對蒐集到的資料進行整理與分析，其中多種測驗資料的數據分析，主要是以 SPSS 10.0 套裝軟體進行統計分析。另外診斷電學概念的概念改變歷程測驗，是由研究者逐一分析受測者所選擇的選項及開放式問題的答案，整理出受測者所表達的概念，並進行分類彙整及統計分析探討。

1. 電學單元成就測驗：以電學單元成就前測成績為共變項，比較教學模式(電學網路雙重情境教學的實驗組，以及傳統教學的對照組)、科學推理成績前測(推理能力為具體推理與過渡期)與自然與生活科技學業成績(高、中、低)在後測成績有何差異。
2. 電學單元主題推理測驗：以電學單元為主題之相依推理前測成績為共變項，比較教學模式(實驗組、對照組)、科學推理成績前測(具體推理與過渡期)與自然與生活科技學業成績(高、中、低)在後測成績上有何差異。
3. 電學概念改變歷程測驗：學生進行網路互動式學習教材時，在類比教學活動前後，探測學生電學概念與推理層級改變的結果，並進行概念與推理層級的質性分析與量化統計，以瞭解教學事件前後，學生概念與推理層級之改變。
4. 電學概念轉變訪談：在於每次個別訪談時，先以錄音的方式，儲存每位學生的晤談內容，於事後再轉譯成文字，以利於質化分析的進行，藉此深入了解學生在學習電學概念上認知轉變，並運用概念流程圖，依序呈現出學生歷經教學事件前後之訪談(包括教學前、後與追蹤)的正確概念數、概念推理層級與概念改變量等。

## 第四章 研究結果與討論

### 第一節 網路化教學推理學習及概念改變成效分析

為了比較網路化雙重情境推理學習模式和傳統教學模式對學生推理學習及概念改變的成效，研究者先將實驗組及對照組學生，依照九十三學年度第一學期三次定期考與第二學期第一次定期考，自然與生活科技成績四次平均，以全體成績中位數，將學業成績分為高學業組、中學業組與低學業組。再以科學推理測驗前測成績，將實驗組及對照組依 Lawson(2002)對分數的定義再加以細分成具體運思期(0~4 分)、過渡期(5~8 分)，以及形式運思推理(9-12 分)，但因科學推理成績在形式運思期(formal)僅 2 人，因此將科學推理成績分成具體運思期(concrete)、過渡期(transitional)兩個組別，形式運思期則歸於過渡期。現將測驗結果的分析整理如下：

#### 一、教學前後電學學習成效分析

根據研究問題與假設一「不同教學模式(實驗組、對照組)、學業成就(高、中、低)與科學推理能力(過渡期、具體運思期)」對於學習者在電學單元的學習成就有何差異？」進行分析與討論，以下呈現敘述性與推論性統計之分析結果。

#### (一)電學單元成就測驗之敘述性統計分析

##### 1.教學模式、自然與生活科技學業成就分組對電學成就前測、後測與追蹤測之描述統計

將實驗組與對照組的電學主題成就測驗成績(前測、後測與追蹤測)，依照自然與生活科技學業成就分組(高、中與低學業組)，進行敘述性統計，其結果整理如表 4.1.1：

表 4.1.1 「不同教學模式」與「不同學業成就」對於成就測驗之敘述性統計

	人數 N	成就前測		成就後測		成就追蹤		平均差 (後-前)	平均差 (追-前)	
		mean	SD	mean	SD	mean	SD			
實驗組	高學業	33	27.94	5.72	45.91	8.06	44.88	11.99	17.97	16.94
	中學業	34	23.85	5.69	40.15	7.52	36.41	14.00	16.30	12.56
	低學業	30	22.83	5.97	33.33	12.08	31.70	15.66	10.50	8.87
	實驗全組	97	24.93	6.14	40.00	10.54	37.84	14.79	15.07	12.91
對照組	高學業	38	26.00	7.72	40.66	13.11	37.26	15.35	14.66	11.26
	中學業	35	22.71	5.27	28.00	10.64	27.66	11.04	5.29	4.95
	低學業	24	19.54	4.30	24.21	9.42	17.62	4.47	4.67	-1.92
	對照全組	97	23.22	6.62	32.02	13.35	28.94	14.10	8.80	5.72

註：N=194

從學業分組的角度來看，根據表 4.1.4 在電學主題成就測驗前測中，實驗組全組成績平均( $M_{前}=24.93$ )略勝對照組( $M_{前}=23.22$ )，但經過網路雙重情境學習後，在後測與追蹤測成績中，實驗( $M_{後}=40.00$ ,  $M_{追}=37.84$ )與對照組( $M_{後}=32.02$ ,  $M_{追}=28.94$ )的差異增大。

其次，在電學主題成就測驗平均差中，實驗組中不管是高( $M_{後-前}=17.97$ ,  $M_{追-前}=16.94$ )、中( $M_{後-前}=16.30$ ,  $M_{追-前}=12.56$ )、低( $M_{後-前}=10.50$ ,  $M_{追-前}=8.87$ )學業組，相對於對照組，在後測與追蹤測均有大幅度的進步，而對照組中，除了高學業組( $M_{後-前}=14.66$ ,  $M_{追-前}=11.26$ )進步較多之外，中( $M_{後-前}=5.29$ ,  $M_{追-前}=4.95$ )、低( $M_{後-前}=4.67$ ,  $M_{追-前}=-1.92$ )學業組進步則有限，低學業組甚至在追蹤測的表現，比前測的表現差。

## 2.教學模式與科學推理能力分組的後測與追蹤測之敘述性統計

將實驗組與對照組的主題成就測驗成績(前測、後測與追蹤測)，依照科學推理能力分組(過渡推理期與具體推理)，進行敘述性統計，其結果整理如表 4.1.2：

表 4.1.2 「不同教學模式」與「不同科學推理能力」電學單元成就測驗之敘述性統計

	人數 N	成就前測		成就後測		成就追蹤		平均差 (後-前)	平均差 (追-前)
		mean	SD	mean	SD	mean	SD		
實 過渡期	40	27.08	6.30	44.20	8.49	42.68	14.43	17.12	15.60
驗 具體推理	57	23.42	5.60	37.05	10.89	34.44	14.20	13.63	11.02
組 實驗全組	97	24.93	6.14	40.00	10.54	37.84	14.79	15.07	12.91
對 過渡期	35	25.66	7.73	37.46	14.49	36.46	14.84	11.80	10.80
照 具體推理	62	21.84	6.19	28.95	11.70	24.69	11.80	7.11	2.85
組 對照全組	97	23.22	6.62	32.02	13.35	28.94	14.10	8.80	5.72

註：N=194 過渡推理期：科學推理能力介於具體運思推理期與形式運思推理期之間

從推理能力分組的角度來看，根據表 4.1.2 在電學主題成就測驗前測中，實驗組中過渡推理組( $M_{前}=27.08$ )、具體推理組( $M_{前}=23.42$ )與全組( $M_{前}=24.93$ )，平均成績均略高於對照組的過渡推理組( $M_{前}=25.66$ )、具體推理組( $M_{前}=21.84$ )與全組( $M_{前}=23.22$ )，經過電學網路雙重情境教學後，發現電學主題成就後測與追蹤測之成績，實驗組之過渡推理( $M_{後}=44.20$ ,  $M_{追}=42.68$ )、具體推理( $M_{後}=37.05$ ,  $M_{追}=34.44$ )與全組( $M_{後}=40.00$ ,  $M_{追}=37.84$ )之平均成績與對照組過渡期( $M_{後}=37.46$ ,  $M_{追}=36.46$ )、具體推理期( $M_{後}=28.95$ ,  $M_{追}=24.69$ )與全組( $M_{後}=32.02$ ,  $M_{追}=28.94$ )的成績差異變大

而就成就測驗平均差中而言，不管是後-前或追-前平均差，實驗組( $M_{後-前}=15.07$ ,  $M_{追-前}=12.91$ )

追-前=12.91)與對照組( $M_{後-前}=8.80$ ,  $M_{追-前}=5.72$ )的成就測驗成績均進步，但實驗組經過電學網路雙重情境教學之後，進步幅度比對照組大，且在追蹤測驗當中，還是領先對照組，表示教學成效也較對照組持久。

## (二)教學模式、學業成就與科學推理能力分組對於電學主題學習成就影響之推論統計

將「教學模式」、「科學推理能力」與「自然與生活科技學業成就」等三變項，進行三因子多變量共變數分析(Three Factional MANOVA with Covariates)。資料分析時以「教學模式」、「科學推理能力分組」、「學業分組」為自變項，「電學主題成就前測成績」為共變量，「電學主題成就後測成績」與「電學主題成就追蹤測成績」為依變項，其結果如表 4.1.3，同時對於成就測驗中，將三個自變項於成就後測與成就追蹤測成績之調整後平均數，列於表 4.1.4 中。

表 4.1.3 教學模式、科學推理分組與學業成績分組變項對於電學學習成就之三因子多變量共變數分析

依變項：電學主題學習成就後測與追蹤測成績

變異來源	Wilk's $\Lambda$	df1	df2	F 檢定
共變量(成就前測)	0.85	2	180	16.18 <sup>***</sup>
教學模式(實驗、對照)	0.94	2	180	4.90 <sup>**</sup>
推理分組(過渡、具體運思)	0.98	2	180	1.44
學業分組(高、中、低)	0.90	4	360	4.90 <sup>**</sup>

註：<sup>\*</sup> $p < 0.05$ , <sup>\*\*</sup> $p < 0.01$ , <sup>\*\*\*</sup> $p < 0.001$ ；學業分組：學業成績分組,推理分組：科學推理分組；

df1：假設自由度, df2：誤差自由度

表 4.1.4 教學模式、科學推理、學業成績分組變項對於學習成就之調整平均數

依變項	成就後測				成就追蹤測				
	mean <sub>adj</sub>	S.E.	平均差	標準誤	mean <sub>adj</sub>	S.E.	平均差	標準誤	
教學 模式	實驗組	40.15	1.09	6.32	2.13	37.71	1.41	8.69	2.75
	對照組	33.83	1.82			29.02	2.35		
推理 分組	過渡期	38.69	1.92	3.41	2.14	35.17	2.48	3.61	2.76
	具體運思期	35.28	0.92			31.56	1.19		
學業 分組	高分組	41.70	1.21	6.42(a)	1.74(a)	39.09	1.57	5.55(a)	2.25(a)
	中分組	35.28	1.23	7.72(b)	2.96(b)	33.54	1.59	11.62(b)	3.82(b)
	低分組	33.98	2.69	1.30(c)	2.95(c)	27.47	3.47	6.07(c)	3.81(c)

註：共變量評估「成就前測成績」=24.07；a:高-中 b:高-低 c: 中-低

從表 4.1.3 中顯示，在電學成就後測與追蹤測中，「教學模式」(Wilk's  $\Lambda=0.94, p=.002$ ) 與「學業分組」(Wilk's  $\Lambda=0.90, p=.001$ )對電學成就後測與追蹤測之成績影響效果達到顯著差異，而教學模式、科學推理分組與學業分組間並無交互作用存在，故進行主要效果分析，所得結果整理如表 4.1.5。

表 4.1.5 教學模式、學業成績分組對學習成就之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilk's $\Lambda$	單變量		事後比較
		後測	追蹤	
教學模式	0.94*	17.65***	14.56***	後：實>對 追：實>對
學業分組	0.90**	12.28***	9.80***	後：高>中，高>低 追：高>中>低

1.F 值：\* $p<0.05$ ,\*\* $p<0.01$ ,\*\*\* $p<0.001$

2.教學模式(實=實驗組、對=對照組)

學業分組=學業成績分組(高=高學業組、中=中學業組、低=低學業組)

根據表 4.1.5，依照「教學模式」與「學業分組」分別進行進行單因子共變數(One-Factor ANCOVA)分析，顯示教學模式在成就測驗之後測( $F=17.65, p=.000$ )與追蹤測( $F=14.56, p=.000$ )均達顯著性差異，經過事後比較後，電學主題成就後測與追蹤測成績，實驗組均優於對照組；而學業分組之成就後測( $F=12.28, p=.000$ )與追蹤測( $F=9.80, p=.000$ )也達顯著性差異，且經事後比較，電學主題成就測驗後測成績，高學業組分別高於中學業與低學業組，而在追蹤測驗成績，則是高學業優於中學業，中學業優於低學業。

根據以上的敘述性與描述性統計結果，支持研究假說 1-1 與 1-2，不同教學模式、自然與生活科技學業分組模式，對於學生在電學單元的學習成就(後測、追蹤測)達顯著性差異。

## 二、教學前後「電學」單元主題相依推理能力分析：

根據研究問題與假設二「不同教學模式(實驗組、對照組)、學業成就(高、中、低)與科學推理能力(過度期、具體運思期)」對於學習者在電學單元的主题相依推理能力有何差異？」進行回答，以下呈現敘述性與推論性統計之分析結果。

### (一)電學單元主題相依推理測驗之敘述性統計分析

1.教學模式、自然生活科技學業成就分組對電學主題相依推理前測、後測與追蹤測之敘



述性統計，將實驗組與對照組的電學主題相依推理測驗成績(前測、後測與追蹤測)，依照自然與生活科技學業成就分組(高學業組、中學業組與低學業組)，進行敘述性統計，其結果整理如表 4.1.6：

表 4.1.6「不同教學模式」與「不同學業成就」對於電學主題相依推理測驗之敘述性統計

	人數	主題相依推理 前測		主題相依推理 後測		主題相依推理 追蹤		平均差 (後-前)	平均差 (追-前)	
		N	mean	SD	mean	SD	mean			SD
實驗組	高學業	33	10.09	5.90	28.24	8.48	22.79	13.63	18.15	12.70
	中學業	34	9.44	5.80	20.59	7.92	17.03	13.10	11.15	7.59
	低學業	30	7.57	5.60	17.10	10.91	14.30	13.19	9.53	6.73
	實驗全組	97	9.08	5.81	22.11	10.15	18.14	13.63	13.03	9.06
對照組	高學業	38	9.45	7.69	21.76	13.77	18.76	14.64	12.31	9.31
	中學業	35	6.74	4.33	12.17	10.22	11.00	10.71	5.43	4.26
	低學業	24	5.33	2.85	5.92	5.33	4.63	3.37	0.59	-0.70
	對照全組	97	7.45	5.86	14.38	12.57	12.46	12.56	6.93	5.01

註：N=194

從學業分組的角度來看，根據表 4.1.6，電學主題相依推理測驗前測平均成績，實驗組( $M_{前}=9.08$ )略高於對照組( $M_{前}=7.45$ )，經過電學網路雙重情境教學之後，實驗組全組的後測與追蹤測的平均成績( $M_{後}=22.11$ ， $M_{追}=18.14$ )，均高於對照組全組( $M_{後}=14.38$ ， $M_{追}=12.46$ )，且差異拉大。

其次，根據電學主題相依推理測驗後-前與追-前平均中，電學主題相依測驗之後-前平均差中，實驗組高( $M_{後-前}=18.15$ )、中( $M_{後-前}=11.15$ )、低( $M_{後-前}=9.53$ )與對照組的高( $M_{後-前}=12.31$ )、中( $M_{後-前}=5.43$ )、低( $M_{後-前}=0.59$ )學業組平均成績均進步，但是整體而言，實驗組的高、中、低學業組進步幅度較大，而對照組的高、中學業組有進步，但幅度不如實驗組來的大，且對照組的低學業組幾乎沒進步；而在追-前的平均差中，實驗組的高( $M_{追-前}=12.70$ )、中( $M_{追-前}=7.59$ )、低( $M_{追-前}=6.73$ )學業分組也是較前測進步，而對照組中，高( $M_{追-前}=9.31$ )、中( $M_{追-前}=4.26$ )學業分組，也是有進步，但是相較於實驗組，進步幅度較小，且對照組的低學業組( $M_{追-前}=-0.70$ )，甚至在追蹤測當中，表現比前測還要差。

## 2.教學模式、科學推理能力分組對電學主題相依推理前測、後測與追蹤測之敘述性統計

將實驗組與對照組的電學單元主題相依推理(前測、後測與追蹤測)，依照科學推理能力分組(過渡推理期與具體推理期)，進行敘述性統計，其結果整理如表 4.1.7：

表 4.1.7「不同教學模式」與「不同科學推理能力」電學主題相依推理測驗之敘述性統計

	人數 N	主題相依推理 前測		主題相依推理 後測		主題相依推理 追蹤		平均差 (後-前)	平均差 (追-前)
		mean	SD	mean	SD	mean	SD		
實 驗 組									
過 渡 期	40	10.60	7.19	26.30	9.35	22.68	14.32	15.70	12.08
具 體 推 理	57	8.02	4.37	19.18	9.73	14.96	12.28	11.16	6.94
對 照 組									
實 驗 全 組	97	9.08	5.81	22.11	10.15	18.14	13.63	13.03	9.06
過 渡 期	35	9.89	7.42	20.29	13.46	18.74	14.48	10.40	8.85
具 體 推 理	62	6.08	4.24	11.05	10.80	8.92	9.80	4.97	2.84
對 照 全 組	97	7.45	5.86	14.38	12.57	12.46	12.56	6.93	5.01

註：N=194 過渡推理期：科學推理能力介於具體運思推理期與形式運思推理期之間

從表 4.1.7 中，實驗組的過渡推理組( $M_{前}=10.60$ )與具體推理組( $M_{前}=8.02$ )的成績，與對照組(過渡推理組  $M_{前}=9.89$ ，具體推理組  $M_{前}=6.08$ )的差異不大，但經過電學網路雙重情境教學之後，實驗組的過渡推理組( $M_{後}=26.30$ ， $M_{追}=22.68$ )與具體推理組( $M_{後}=19.18$ ， $M_{追}=14.96$ )在後測與追蹤測驗的平均均優於對照組(過渡推理： $M_{後}=20.29$ ， $M_{追}=18.74$ ，具體推理： $M_{後}=11.05$ ， $M_{追}=8.92$ )，且差異拉大。

而在電學主題相依推理測驗成績後-前與追-前之平均差中，無論實驗組(過渡推理  $M_{後-前}=15.70$ ， $M_{追-前}=12.08$ ；具體推理  $M_{後-前}=11.16$ ， $M_{追-前}=6.94$ )或對照組(過渡推理  $M_{後-前}=10.40$ ， $M_{追-前}=8.85$ ；具體推理  $M_{後-前}=4.97$ ， $M_{追-前}=2.84$ )的具體推理與過渡推理組，其平均成績是進步的，但比較起來，實驗組的具體推理組與過渡推理組進步幅度較大。

根據表 4.1.6 與表 4.1.7 的結果顯示，不管是學業分組還是科學能力分組，實驗組的學生，經過電學網路雙重情境教學之後，學生的電學主題相依推理能力有進步且教學成效也較持久。

## (二)教學模式、學業成就與科學推理分組，對電學主題相依推理能力影響之推論統計

將「教學模式」、「科學推理能力」與「自然與生活科技學業成就」等三變項，進行三因子多變量共變數分析(Three Factional MANOVA with Covariates)。資料分析時以「教學模式」、「科學推理能力分組」、「學業分組」為自變項，「電學主題相依推理前測成績」為共變量，「電學主題相依推理後測成績」與「電學主題相依推理追蹤測成績」為依變項，其結果如表 4.1.8，同時對於成就測驗中，將三個自變項於主題相依推理後測與主題相依推理追蹤測成績之調整後平均數，表列於表 4.1.9 之中。

表 4.1.8 教學模式、科學推理分組與學業成績分組變項對於電學主題相依推理能力之三  
因子多變量共變數分析

依變項：電學主題相依推理測驗後測與追蹤測成績

變異來源	Wilk's $\Lambda$	df1	df2	F 檢定
共變量(主題相依前測)	0.73	2	180	33.26***
教學模式(實驗、對照)	0.96	2	180	4.01*
推理分組(過渡、具體運思)	0.97	2	180	3.06*
學業分組(高、中、低)	0.89	4	360	5.18***

1. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ ；學業分組：學業成績分組,推理分組：科學推理分組；

2.dfl：假設自由度, df2：誤差自由度

表 4.1.9 教學模式、科學推理、學業成績分組變項對於電學主題相依推理能力之調整平  
均數

依變項	主題相依推理後測				主題相依推理追蹤測			
	mean <sub>adj</sub>	S.E.	平均差	標準誤	mean <sub>adj</sub>	S.E.	平均差	標準誤
教學 實驗組	22.29	1.03	5.71	2.02	18.00	1.21	3.95	2.37
模式 對照組	16.59	1.73			14.05	2.04		
推理 過渡期	21.85	1.80	4.82	2.00	18.04	2.13	4.02	0.09
分組 具體運思期	17.03	0.87			14.02	1.02		
學業 高分組	23.82	1.12	7.22(a)	1.61(a)	19.14	1.32	4.18(a)	1.89(a)
分組 中分組	16.60	1.16	5.93(b)	2.79(b)	14.94	1.36	5.14(b)	3.29(b)
分組 低分組	17.90	2.54	-1.30(c)	2.79(c)	14.00	3.00	0.95(c)	3.29(c)

註：共變量評估「主題相依推理前測成績」=8.27；a:高-中 b:高-低 c: 中-低

從表 4.1.8 中顯示，在電學主題相依推理後測與追蹤測中，「教學模式」(Wilk's  $\Lambda=0.96$ ,  $p=.02$ )、「推理分組」(Wilk's  $\Lambda=0.97$ ,  $p=.049$ )與「學業分組」(Wilk's  $\Lambda=0.89$ ,  $p=.000$ )對電學主題相依推理後測與追蹤測之成績影響效果達到顯著差異，而教學模式、科學推理分組與學業分組間並無交互作用存在，故進行主要效果分析，所得結果整理如表 4.1.10。

根據表 4.1.10，依照「教學模式」、「推理能力分組」與「學業分組」分別進行進行單因子共變數(One-Factor ANCOVA)分析，顯示教學模式在電學主題相依推理之後測( $F=18.09$ ,  $p=.000$ )與追蹤測( $F=5.32$ ,  $p=.022$ )均達顯著性差異，經過事後比較後，電學主題相依推理後測與追蹤測成績，實驗組均優於對照組；學業分組之電學主題相依推理後測( $F=16.90$ ,  $p=.000$ )與追蹤測( $F=6.54$ ,  $p=.002$ )也達顯著性差異，經事後比較，電學主題相依推理測驗後測與追蹤測成績中，高學業組分別高於中學業與低學業組；而推理分組在電學主題相依推理之後測( $F=13.24$ ,  $p=.000$ )與追蹤測( $F=10.00$ ,  $p=.002$ )均達顯著性差異，經

事後比較後，電學主題相依推理後測與追蹤測成績，過度推理期均優於具體運思推理期。

表 4.1.10 教學模式、學業成就與科學推理分組對電學主題相依推理測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilk's $\Lambda$	單變量		事後比較
		後測	追蹤	
教學模式	0.96*	18.09***	5.32*	後：實>對 追：實>對
學業分組	0.97*	16.90***	6.54**	後：高>中>低 追：高>中>低
推理分組	0.89***	13.24***	10.00**	後：過>具 追：過>具

1. F 值： $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ,  $p < 0.001$

2. 教學模式(實=實驗組、對=對照組)；學業分組=學業成績分組(高=高學業組、中=中學業組、低=低學業組)；推理分組=科推學理分組(過=過渡期、具=具體運思期)

根據以上的敘述性與描述性統計結果，支持研究假說 2-1、2-2 與 2-3，不同教學模式、自然與生活科技學業分組模式，對於學生在電學主題相依推理能力(後測、追蹤測)達顯著性差異。

### 三、各測驗之間的相關與迴歸分析

#### (一)七個測驗間的相關

將本研究採用的科學推理前測、電學成就測驗與電學主題相依推理測驗之前、後與追蹤測，等七個測驗之間的相關係數整理如表表 4.1.11：

表 4.1.11 科學推理前測、電學成就測驗與電學主題相依推理測驗之前、後與追蹤測之間的相關係數表

	成就 前測	成就 後測	成就 追蹤測	主題相 依前測	主題相 依後測	主題相依 追蹤測	科學推 理前測
成就前測	1***	0.51***	0.473***	0.586***	0.412***	0.402***	0.355***
成就後測		1***	0.686***	0.469***	0.832***	0.609***	0.450***
成就追蹤測			1***	0.459***	0.702***	0.837***	0.414***
主題相依前測				1***	0.493***	0.558***	0.344***
主題相依後測					1***	0.686***	0.435***
主題相依追蹤測						1***	0.366***
科學推理前測							1***

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

從表 4.1.11 可知，這七個測驗(科學推理前測、電學單元成就與電學主題相依推理測驗的前、後、追蹤測)的皮爾森相關均達顯著，且  $p$  值都在 0.001 以下，由此可知這七個測驗之間屬於高度相關。

## (二)電學成就後測、電學主題相依推理後測的逐步迴歸

1.以電學成就前測、電學主題相依推理前測與科學推理前測為預測變項，進行成就後測的逐步迴歸，其摘要表整理如表 4.1.12：

表 4.1.12 成就後測的逐步迴歸的摘要表

預測變數：成就後測

選入變數	$R^2$	調整後 $R^2$	$R^2$ 改變	F 改變	Beta 分配	t
成就前測			0.251	63.30 <sup>***</sup>	0.283	3.85 <sup>***</sup>
科學推理前測	0.361	0.351	0.084	23.90 <sup>***</sup>	0.279	4.40 <sup>***</sup>
主題相依推理前測			0.026	7.65 <sup>**</sup>	0.203	2.77 <sup>**</sup>

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

根據逐步迴歸統計之後，第一個預測成就後測的最佳預測變項為成就前測，且其獨立可以解釋成就後測 25.1%的變異量( $F=63.30$ ,  $p=.000$ )，而第二被選入的預測變項是科學推理前測，該變項單獨可以解釋成就後測 8.4%的變異量，F 改變量為 23.90( $p=.000$ )，最後被選入的是主題相依推理前測，該變項單獨可以解釋成就後測 2.6%的變異量，F 改變量為 7.65( $p=.006$ )，故此模式中電學成就前測、科學推理前測與主題相依推理前測三個預測變項，總計可以解釋電學成就後測 36.1%的變異量，調整後亦有 35.1%，以 F 考驗結果，此一解釋仍具有統計意義( $F=35.29$ ,  $p=.000$ )。

就逐步分析的係數估計發現，電學成就前測的 Beta 值為 0.283，t 值為 3.85( $p=.000$ )，而科學推理前測的 Beta 值為 0.279，( $t=4.40$ ,  $p=.000$ )，電學主題相依推理前測的 Beta 值為 0.203( $t=2.77$ ,  $p=.006$ )。

2.以電學成就前測、科學推理前測與電學主題相依推理前測為預測變項，進行電學主題相依推理後測的逐步迴歸，其摘要表整理如表 4.1.13：

表 4.1.13 電學主題相依推理後測的逐步迴歸的摘要表

預測變數：主題相依推理後測

選入變數	R <sup>2</sup>	調整後 R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> 改變	F 改變	Beta 分配	t
主題相依推理前測	0.319	0.312	0.238	59.09 <sup>***</sup>	0.384	5.99 <sup>***</sup>
科學推理前測			0.081	22.30 <sup>***</sup>	0.303	4.72 <sup>***</sup>

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

根據逐步迴歸統計之後，第一個預測電學主題相依推理後測的最佳預測變項為電學主題相依推理前測，電學主題相依推理前測獨立可以解釋電學主題相依推理後測的 23.8% 變異量 ( $F=59.09$ ,  $p=.000$ )，而第二被選入的預測變項是科學推理前測，該變項單獨可以解釋電學主題相依推理後測 8.1% 的變異量，F 改變量為 22.30 ( $p=.000$ )，符合被選入的標準，因此共有電學主題相依推理前測與科學推理前測兩個預測變項，總計可以解釋電學主題相依推理後測 31.9% 的變異量，調整後亦有 31.2%，以 F 考驗結果，此一解釋仍具有統計意義 ( $F=44.02$ ,  $p=.000$ )。

就逐步分析的係數估計發現，電學主題相依推理前測的 Beta 值為 0.384，t 值為 5.99 ( $p=.000$ )，科學推理前測的 Beta 值為 0.303，( $t=4.72$ ,  $p=.000$ )。

根據表 4.1.12 與 4.1.13，由迴歸的分析中發現，科學推理前測對「電學單元成就後測」與「電學單元主題相依推理後測」有解釋能力，因此顯示科學的推理能力除了能夠協助學生增進電學主題相關的推理能力之外，對於其電學概念的建構也有一定的幫助。

#### 四、小結

本節由兩個測驗來分析學生在教學前後概念建構與改變、電學科學推理能力改變的情形。在單元學習成就中，學生經過電學網路化雙重情境教學之後，其電學學習成就均大幅進步，表現均優於傳統教學的學生，學習成效也較為持久。而學業成就高、中、低的學生群，經過電學網路化雙重情境教學後，在電學成就測驗中，都有平均十分以上的大幅進步，且根據追蹤測驗數據整理，亦發現其學習成效也比傳統教學的學生持久。另外，不同科學推理能力的學生，在經過電學網路雙重情境教學後，在電學的學習成就不管是具體推理或過度推理均有進步，且都優於傳統教學模式的學生，只是差異未達顯著，其原因可能是電學單元屬於國三下的學習單元，此階段的學生正面臨學測的壓力，經過大大小小的考試後，對電學測驗題目可說是非常熟悉，因此對於相似於學校考試的成就測驗較為熟悉，因此在作答部分可能無須推理，只需憑藉以往測驗的記憶或者是公式，就能正確回答，因此成就測驗可能無法正確測量出學生推理能力的進步。

電學主題相依推理測驗代表兩各項度的學習，一為單元相關的概念學習，再者為電學科學推理能力的學習。經過電學網路雙重情境教學之後，學生的概念學習與電學主題相依推理能力均明顯進步，優於傳統教學模式的學生，且成效也較為持久，而不同學業成就(高、中、低)的學生群在經過電學網路化雙重情境教學，亦有明顯進步，且學習成就也較維持久，反觀傳統教學模式教學下的學生，經過教學雖然有進步，但進步幅度有限，且根據資料分析中發現，低分群學生除了進步不大之外，且其學習成效也無法持久，甚至時間越久表現越差，此結果顯示傳統教學模式之下，對於學生電學概念學習與電學科學推理能力的幫助不大。另外，不同科學推理能力的學生，經過網路雙重情境教學之後，推理層次越高的學生，進步越大，且均優於傳統教學模式下的學生，表示電學網路化雙重情境，除了可以協助學生電學相關知識的成長，也能協助電學推理能力的發展。



## 第二節 電學概念訪談分析

本節是針對研究問題三「由三次晤談(教學前、後與追蹤)中分析學生在融入科學推理理論的網路化雙重情境學習模式及傳統教學模式前、後，其概念改變率、概念數增加及運用推理層級：概述(G)、精緻化(EL)、辯證(J)與解釋(EX)的改變歷程為何？」，以下依序呈現學生在訪談問題中，概念正確數、推理層級與概念改變量的敘述性與推論性統計的分析結果。如果學生提出的論述中同時包含了不同層級的推理論述，則以提出論述中所達到最高的層級為主要推理層級。推理層級的分析以交叉表為工具，另外進行卡方獨立性考驗。

### 一、電學前測、後測與追蹤測訪談之正確概念分數分析

根據研究問題與假設 3-1「不同的教學模式(實驗組、對照組)對學生概念正確數(教學後晤談、追蹤晤談)達顯著差異」進行分析與討論，以下呈現敘述統計(表 4.2.1)與推論統計(表 4.2.2)之分析結果。

在表 4.2.1 中，經過網路化雙重情境教學後的學生，在後測訪談與追蹤訪談中，概念正確分數均有進步，且後前與追前概念正確分數差均為正值，表示教學後，學生另有概念數目減少，且經過一段時間之後，概念仍大多維持正確，表示在網路雙重情境教學下，對學生另有概念的改變有助益。

而追前的正確分數差雖比後前差小，但兩者差距不大，顯示學生在一段時間之後，雖有概念上的衰退，但衰退不大，表示其教學效果較為持久，反觀傳統教學模式下的學生，在後測訪談的概念正確分數雖有進步，但幅度大多不如網路雙重情境教學的學生，甚至有些問題的正確概念分數比教學前的訪談還要差，可見其教學成效與持久度較差。

由於研究環境的限制，接受晤談的實驗組和對照組的學生各為 18 與 17 人，在樣本數較小的情況下，教學模式因子對各分析項目(概念正確分數以及學生運用的各推理層級數)的影響不容易顯現，根據表 4.2.2 中，問題六(Wilk's  $\Lambda=0.791, p=0.026$ )與問題十(Wilk's  $\Lambda=0.655, p=0.001$ )達顯著性差異，但 partial  $\eta^2$  值實際顯著效果，十一個電學概念中，有三題達高度的效果量(effect size)，其餘均達中、低度的效果量。再經事後比較，後測訪談十一個概念分析中，有七個達實際顯著效果，其中有五個正確概念分數，實驗組優於對照組，另外兩個則是對照組優於實驗組，但在追蹤訪談的正確概念分數分析中，有九個概念達實際顯著效果，且全部都是實驗組優於對照組。

因此可知經過網路雙重情境教學的學生，其概念學習的效果與持久度，較傳統教學的學生佳，且教學成效也較為持久。



表 4.2.1 正確概念分數描述統計

	人數	前測		後測		追蹤測		後一前	追一前
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean <sub>diff</sub>	Mean <sub>diff</sub>
概念 1：靜電概念									
實驗組	18	18.00	2.06	1.11	3.17	1.04	3.39	1.85	1.11
對照組	17	17.00	1.94	1.30	3.82	1.33	2.94	1.20	1.88
概念 2：導體、靜電感應與感應起電									
實驗組	18	18.00	1.61	1.14	6.22	3.06	5.33	3.22	4.61
對照組	17	17.00	2.24	1.25	5.71	2.76	5.24	2.51	3.47
概念 3：通路、斷路與短路概念									
實驗組	18	18.00	3.67	1.94	3.94	1.66	3.94	1.66	0.27
對照組	17	17.00	3.71	1.72	3.82	1.55	3.59	1.50	0.11
概念 4：電壓與能量的概念									
實驗組	18	18.00	1.61	1.09	4.50	2.12	4.72	2.30	2.89
對照組	17	17.00	2.18	1.24	4.29	1.65	4.12	2.34	2.11
概念 5：電池與燈泡之數目、接法對燈泡亮度的影響									
實驗組	18	18.00	0.22	0.65	2.56	1.82	3.06	1.73	2.34
對照組	17	17.00	0.53	1.74	1.53	1.70	2.29	2.20	1.00
概念 6：導線的微觀概念									
實驗組	18	18.00	0.78	0.73	4.56	2.53	3.83	3.00	3.78
對照組	17	17.00	0.71	1.05	2.41	1.73	2.47	1.84	1.70
概念 7：電流與電子流的微觀概念									
實驗組	18	18.00	1.50	1.34	1.78	0.73	2.22	1.17	0.28
對照組	17	17.00	1.47	1.23	1.24	0.90	1.71	1.49	-0.23
概念 8：電池與燈泡之數目、接法對電流大小的影響									
實驗組	18	18.00	0.56	0.92	2.33	1.88	1.72	1.87	1.77
對照組	17	17.00	0.18	0.73	1.06	1.39	1.47	1.97	0.88
概念 9：同一迴路中，燈泡對電流大小的影響									
實驗組	18	18.00	1.17	1.42	1.94	1.63	1.94	1.86	0.77
對照組	17	17.00	1.59	1.06	1.65	1.58	1.76	1.99	0.06
概念 10：電阻對電流大小的影響									
實驗組	18	18.00	1.22	0.94	2.67	1.50	4.83	2.20	1.45
對照組	17	17.00	1.59	1.06	4.29	2.05	4.65	2.69	2.70

(接續下頁)

	人數	前測		後測		追蹤測		後-前	追-前
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean <sub>diff</sub>	Mean <sub>diff</sub>
概念 11：燈泡串、並聯對電路總電阻的影響									
實驗組	18	18.00	0.83	0.99	1.39	1.29	2.39	2.28	0.56
對照組	17	17.00	1.35	1.00	3.06	1.43	1.71	1.96	1.71

註：前後差＝後測平均值－前測平均值；前追差＝追蹤測平均值－前測平均值。

表 4.2.2 正確概念分數單因子多變量共變數分析(MACOVA)

Wilk'Λ	Partial η <sup>2</sup>	Effect size	F 值				事後比較
			Post-test	Effect size	Retention-test	Effect size	
概念 1：靜電概念							
0.862	0.138	L	2.914	M	0.639	S	P: C>E R: E>C
概念 2：導體、靜電感應與感應起電							
0.984	0.016	S	0.477	S	0.449	S	P: E>C R: E>C
概念 3：通路、斷路與短路概念							
0.984	0.016	S	0.086		0.514	S	R: E>C
概念 4：電壓與能量的概念							
0.981	0.019	S	0.302		0.606	S	R: E>C
概念 5：電池與燈泡之數目、接法對燈泡亮度的影響							
0.900	0.100	M	3.552	M	1.409	S	P: E>C R: E>C
概念 6：導線的微觀概念							
0.791*	0.209	L	8.341**	L	2.472	M	P: E>C R: E>C
概念 7：電流與電子流的微觀概念							
0.883	0.117	M	3.915	M	1.482	S	P: E>C
概念 8：電池與燈泡之數目、接法對電流大小的影響							
0.871	0.129	M	4.561*	M	0.071		P: E>C

(接續下頁)

Wilk'Λ	Partial η <sup>2</sup>	Effect size	F 值			事後比較
			Post-test	Effect size	Retention-test	
概念 9：同一迴路中，燈泡對電流大小的影響						
0.977	0.023	S	0.439	S	0.268	R: E>C
概念 10：電阻對電流大小的影響						
0.975	0.025	S	0.273		0.807	S R: E>C
概念 11：燈泡串、並聯對電路總電阻的影響						
0.655 <sup>***</sup>	0.345	L	10.623 <sup>**</sup>	L	0.972	S P: C<E R: E>C

註: 1. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

2. S 表示  $.0099 < \text{Partial } \eta^2 < .0588$ , effect size= small ; M 表示  $.0588 < \text{Partial } \eta^2 < .1379$ , effect size= medium ; L 表示  $\text{Partial } \eta^2 < .1379$ , effect size= large ;

3. P=後側 ; R=追蹤測 ; E=實驗組 ; C=對照組。

## 二、電學概念前、後與追蹤訪談之推理層級分析

根據研究問題與假設 3-2「不同的教學模式(實驗組、對照組)對學生運用推理層級改變(G、EL、J、EX)，教學後晤談、追蹤晤談均達顯著差異」進行分析與討論，以下呈現敘述統計(表 4.2.3)與推論統計(表 4.2.4)之分析結果。

根據表 4.2.3 中，根據推理層級的平均差發現，實驗組經過網路雙重情境教學後，其所使用概述與精緻化推理層級慢慢減少，而辯證與解釋推理層級慢慢增加，但對照組的學生，大多維持採用概述與精緻化推理能力，反而較少使用辯證與解釋推理層級。

而表 4.2.4 中，因為樣本數少的限制之下，僅有概念 2 的 EL(Wilk's  $\Lambda = 0.408$ ,  $p = 0.000$ ) 與 J(Wilk's  $\Lambda = 0.501$ ,  $p = 0.000$ )、概念 5 的 EL(Wilk's  $\Lambda = 0.807$ ,  $p = 0.036$ )、概念 10 的 J(Wilk's  $\Lambda = 0.708$ ,  $p = 0.005$ )，以及概念 11 的 G(Wilk's  $\Lambda = 0.772$ ,  $p = 0.018$ ) 與 J(Wilk's  $\Lambda = 0.600$ ,  $p = 0.000$ ) 達顯著性差異，但各概念的 partial  $\eta^2$  值中，均達到中、高效果量(effect size)。且根據事後比較，後測與追蹤測訪談中達顯著差異的概念中，其推理層級屬於精緻化(EL)、辯證(J)與解釋(EX)的概念題總數，大多是實驗組優於對照組較多，但在概述(G)的推理層級中，卻是對照組優於實驗組的概念題總數較多。

這表示經過電學雙重情境教學的學生，在回答電學問題時，從原來採用較低階的推理層級，逐漸轉而採用中、高階推理層級，反觀傳統教學模式下的學生，仍大多採用低階推理層級概述(G)來回答電學訪談問題。

表4.2.3 科學推理層級描述統計

		前測		後測		追蹤測		後一前	追一前
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean <sub>diff</sub>	Mean <sub>diff</sub>
概念 1：靜電概念									
實驗組	G	1.00	0.84	0.56	0.70	0.28	0.46	-0.44	-0.72
	EL	0.50	0.62	0.44	0.51	0.67	0.59	-0.06	0.17
	J	0.56	0.51	1.22	0.55	1.06	0.87	0.66	0.5
	EX	0.06	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	-0.06
對照組	G	1.12	0.70	0.35	0.61	0.41	0.62	-0.77	-0.71
	EL	0.47	0.51	0.65	0.86	0.94	0.75	0.18	0.47
	J	0.71	0.69	1.12	0.49	0.76	0.56	0.41	0.05
	EX	0.00	0.00	0.06	0.24	0.00	0.00	0.06	0
概念 2：導體、靜電感應與感應起電									
實驗組	G	0.33	0.77	0.00	0.00	0.22	0.65	-0.33	-0.11
	EL	0.39	0.61	0.06	0.24	0.94	0.54	-0.33	0.55
	J	1.11	0.76	0.00	0.00	1.06	1.21	-1.11	-0.05
	EX	0.11	0.32	1.17	0.86	1.17	1.15	1.06	1.06
對照組	G	0.53	0.80	0.00	0.00	0.12	0.33	-0.53	-0.41
	EL	0.82	0.64	1.00	0.50	1.06	0.43	0.18	0.24
	J	1.35	0.79	1.18	0.88	1.47	1.07	-0.17	0.12
	EX	0.12	0.33	1.00	0.79	0.71	0.85	0.88	0.59
概念 3：通路、斷路與短路概念									
實驗組	G	2.00	1.57	2.00	2.00	1.39	1.61	0	-0.61
	EL	1.11	1.02	1.22	1.17	1.28	0.96	0.11	0.17
	J	0.22	0.55	0.17	0.51	0.56	0.62	-0.05	0.34
	EX	0.06	0.24	0.06	0.24	0.00	0.00	0	-0.06
對照組	G	2.29	1.83	2.06	1.48	1.53	1.28	-0.23	-0.76
	EL	0.94	1.03	0.82	0.73	1.00	0.87	-0.12	0.06
	J	0.24	0.44	0.47	0.62	0.59	0.71	0.23	0.35
	EX	0.06	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	-0.06
概念 4：電壓與能量的概念									
實驗組	G	0.72	0.57	0.61	0.70	0.39	0.85	-0.11	-0.33
	EL	1.17	0.71	1.50	0.51	2.00	0.84	0.33	0.83
	J	0.11	0.32	0.72	0.67	0.17	0.38	0.61	0.06
	EX	0.00	0.00	0.11	0.32	0.50	0.51	0.11	0.5
對照組	G	0.82	0.81	1.06	0.83	0.59	1.06	0.24	-0.23
	EL	1.76	1.15	1.18	0.73	2.00	1.00	-0.58	0.24
	J	0.18	0.53	0.71	0.69	0.24	0.56	0.53	0.06
	EX	0.00	0.00	0.06	0.24	0.24	0.44	0.06	0.24

(接續下頁)

		前測		後測		追蹤測		後—前	追—前
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean <sub>diff</sub>	Mean <sub>diff</sub>
概念 5：電池與燈泡之數目、接法對燈泡亮度的影響									
實驗組	G	1.72	0.96	0.67	0.97	0.44	0.92	-1.05	-1.28
	EL	0.28	0.57	1.39	0.78	1.56	0.98	1.11	1.28
	J	0.00	0.00	0.06	0.24	0.17	0.51	0.06	0.17
	EX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
對照組	G	1.59	0.94	1.24	0.90	1.00	1.06	-0.35	-0.59
	EL	0.76	0.83	0.82	0.81	0.88	0.86	0.06	0.12
	J	0.06	0.24	0.00	0.00	0.24	0.56	-0.06	0.18
	EX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
概念 6：導線的微觀概念									
實驗組	G	0.39	0.61	0.17	0.38	0.33	0.69	-0.22	-0.06
	EL	1.50	0.92	1.28	0.83	1.33	1.03	-0.22	-0.17
	J	0.00	0.00	0.17	0.38	0.39	0.61	0.17	0.39
	EX	0.00	0.00	0.11	0.32	0.06	0.24	0.11	0.06
對照組	G	1.29	0.85	0.65	0.79	0.29	0.59	-0.64	-1
	EL	0.82	1.07	1.47	1.01	1.35	0.79	0.65	0.53
	J	0.06	0.24	0.00	0.00	0.24	0.44	-0.06	0.18
	EX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
概念 7：電流與電子流的微觀概念									
實驗組	G	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.24	0	0.06
	EL	0.44	0.51	0.28	0.46	0.06	0.24	-0.16	-0.38
	J	0.44	0.51	0.67	0.49	0.67	0.49	0.23	0.23
	EX	0.06	0.24	0.06	0.24	0.22	0.43	0	0.16
對照組	G	0.00	0.00	0.12	0.33	0.24	0.66	0.12	0.24
	EL	0.53	0.62	0.29	0.47	0.06	0.24	-0.24	-0.47
	J	0.41	0.51	0.65	0.61	0.47	0.51	0.24	0.06
	EX	0.06	0.24	0.00	0.00	0.18	0.39	-0.06	0.12
概念 8：電池與燈泡之數目、接法對電流大小的影響									
實驗組	G	1.22	0.73	0.50	0.71	0.72	0.89	-0.72	-0.5
	EL	0.61	0.70	1.11	0.83	0.94	0.94	0.5	0.33
	J	0.11	0.32	0.28	0.57	0.11	0.32	0.17	0
	EX	0.00	0.00	0.11	0.32	0.17	0.51	0.11	0.17
對照組	G	1.53	1.18	0.53	0.72	0.47	0.72	-1	-1.06
	EL	0.59	0.62	1.06	1.14	0.65	0.79	0.47	0.06
	J	0.24	0.44	0.35	0.49	0.71	0.85	0.11	0.47
	EX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.33	0	0.12

(接續下頁)

		前測		後測		追蹤測		後—前	追—前
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean <sub>diff</sub>	Mean <sub>diff</sub>
概念 9：同一迴路中，燈泡對電流大小的影響									
實驗組	G	0.67	0.69	0.33	0.59	0.22	0.55	-0.34	-0.45
	EL	0.94	0.80	1.06	0.80	1.00	0.77	0.12	0.06
	J	0.22	0.43	0.39	0.50	0.39	0.50	0.17	0.17
	EX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.24	0	0.06
對照組	G	0.47	0.72	0.18	0.39	0.29	0.59	-0.29	-0.18
	EL	1.29	0.77	1.18	0.81	0.59	0.71	-0.11	-0.7
	J	0.18	0.39	0.12	0.33	0.18	0.39	-0.06	0
	EX	0.00	0.00	0.06	0.24	0.12	0.49	0.06	0.12
概念 10：電阻對電流大小的影響									
實驗組	G	0.44	0.62	0.39	0.50	0.33	0.49	-0.05	-0.11
	EL	1.17	0.62	1.11	0.76	1.00	0.84	-0.06	-0.17
	J	0.33	0.49	0.56	0.78	0.44	0.51	0.23	0.11
	EX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
對照組	G	0.35	0.49	0.29	0.47	0.18	0.53	-0.06	-0.17
	EL	0.94	0.66	0.76	0.83	0.88	0.93	-0.18	-0.06
	J	0.65	0.70	0.00	0.00	0.71	0.69	-0.65	0.06
	EX	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
概念 11：燈泡串、並聯對電路總電阻的影響									
實驗組	G	1.44	0.98	0.50	0.79	0.44	0.06	-0.94	-1
	EL	0.50	0.99	1.11	0.90	-0.05	0.00	0.61	-0.55
	J	0.39	0.61	0.72	0.75	-0.50	0.67	0.33	-0.89
	EX	0.00	0.00	0.11	0.47	0.28	0.11	0.11	0.28
對照組	G	1.12	0.86	1.24	1.20	-0.12	-0.65	0.12	-1.24
	EL	0.53	0.62	0.53	0.72	0.83	0.06	0	0.3
	J	1.12	0.60	0.47	0.51	0.00	-0.65	-0.65	-1.12
	EX	0.06	0.24	0.06	0.24	0.18	0.06	0	0.12

註：1. G 為概述，EL 為精緻化，J 為辯證，EX 為解釋。

#### 4.2.4 科學推理單因子多變量共變數分析(MACOVA)

	Wilk'Λ	Partial $\eta^2$	Effect Size	F 值				事後比較
				後測	Effect Size	追蹤測	Effect Size	
概念 1：靜電概念								
G	0.930	0.070	M	1.181	S	0.678	S	P : E>C R : C>E
EL	0.955	0.045	S	0.752	S	1.388	S	P : C>E R : C>E
J	0.945	0.046	S	0.468	S	1.449	S	P : E>C R : E>C
EX	0.970	0.030	S	1.000	S			P : C>E
概念 2：導體、靜電感應與感應起電								
G	0.971	0.029	S			0.949	S	R : E>C
EL	0.408 <sup>***</sup>	0.592	L	46.056 <sup>*</sup> **	L	0.525	S	P : C>E R : C>E
J	0.501 <sup>***</sup>	0.499	L	0.722	S	31.080 <sup>*</sup> **	L	P : C>E R : C>E
EX	0.947	0.053	S	0.352	S	1.766	S	P : C>E R : E>C
概念 3：通路、斷路與短路概念								
G	0.999	0.001		0.017		0.000		
EL	0.956	0.044	S	1.167	S	0.546	S	P : E>C R : E>C
J	0.924	0.076	M	2.401	M	0.022		P : C>E
EX	0.943	0.057	S	1.941	S			P : E>C
概念 4：電壓與能量的概念								
G	0.915	0.085	M	2.724	M	0.237		P : C>E
EL	0.945	0.055	S	1.847	S	0.015		P : E>C
J	0.992	0.008		0.129		0.018		

(接續下頁)

	Wilk'Λ	Partial η <sup>2</sup>	Effect Size	F 值			事後比較	
				後測	Effect Size	追蹤測		
概念 4：電壓與能量的概念								
EX	0.925	0.075	M	0.290		2.647	M	R : E>C
概念 5：電池與燈泡之數目、接法對燈泡亮度的影響								
G	0.900	0.100	M	3.148	M	2.616	M	P : C>E R : C>E
EL	0.807***	0.193	L	6.082*	L	6.109*	L	P : E>C R : E>C
J	0.957	0.043	S	0.886	S	0.198		P : E>C
概念 6：導線的微觀概念								
G	0.905	0.095	M	2.597	M	0.148		P : C>E
EL	0.987	0.013	S	0.072		0.415	S	R : C>E
J	0.914	0.086	M	3.012	M	0.564	S	P : E>C R : E>C
EX	0.943	0.057	S	2.004	S	0.943	S	P : E>C R : E>C
概念 7：電流與電子流的微觀概念								
G	0.894	0.106	M	2.263	M	1.165	S	P : C>E R : C>E
EL	0.999	0.001		0.009		0.019		
J	0.954	0.046	S	0.010		1.344	S	R : E>C
EX	0.943	0.057	S	0.114		1.941	S	R : E>C
概念 8：電池與燈泡之數目、接法對電流大小的影響								
G	0.922	0.078	M	0.012		2.608	M	R : E>C
EL	0.967	0.033	S	0.022		0.986	S	R : E>C
J	0.826	0.174	L	0.069		6.449*	L	R : C>E

(接續下頁)



	Wilk'Λ	Partial η <sup>2</sup>	Effect Size	Univariate F			事後比較	
				後測	Effect Size	追蹤測		
概念 8：電池與燈泡之數目、接法對電流大小的影響								
EX	0.937	0.063	M	2.004	S	0.111	P：E>C	
概念 9：同一迴路中，燈泡對電流大小的影響								
G	0.973	0.027	S	0.625	S	0.060	P：E>C	
EL	0.892	0.108	M	0.088		3.544	M	R：E>C
J	0.846	0.154	L	4.258*	M	1.775	S	P：E>C R：E>C
EX	0.961	0.039	S	1.061	S	0.236		P：C>E
概念 10：電阻對電流大小的影響								
G	0.973	0.027	S	0.260		0.880	S	R：C>E
EL	0.950	0.050	S	1.649	S	0.030		P：E>C
J	0.708**	0.292	L	7.474*	L	1.073	S	P：E>C R：C>E
概念 11：燈泡串、並聯對電路總電阻的影響								
G	0.772*	0.228	L	1.873	S	4.189*	M	P：E>C R：C>E
EL	0.909	0.091	M	0.001		3.186	M	R：C>E
J	0.600***	0.400	L	11.951**	L	1.088	S	P：C>E R：E>C
EX	0.965	0.035	S	1.061	S	0.167		P：C>E

註：1. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.005$ , \*\*\* $p < 0.001$

2.S 表示  $.0099 < \text{Partial } \eta^2 < .0588$ , effect size= small；M 表示  $.0588 < \text{Partial } \eta^2 < .1379$ , effect size= medium；L 表示  $\text{Partial } \eta^2 < .1379$ , effect size= large。

3. G 為概述，EL 為精緻化，J 為辯證，EX 為解釋；P 為後側，R 為追蹤測；E 為實驗組，C 為對照組。

### 三、電學概念前測、後測與追蹤測訪談之概念改變分析

根據研究問題與假設 3-3「不同的教學模式(實驗組、對照組)對學生概念改變成功(教學前到教學後晤談、教學後晤談到追蹤晤談)達顯著差異。」進行分析與討論，從表 4.2.5 中 t 檢定的結果中，以 Cohen's d 值做為顯著效果大小的指標，大多數的電學概念在教學前後或教學後追之間的分析結果達顯著效果，且大多達中、高效果量(effect size)，再

將達顯著效果題目之概念改變進行事後檢定。

根據事後檢定中發現，不管教學前後訪談，或是教學後追訪談中，電學概念屬於進步(PG)的，實驗組表現優於對照組的電學概念題數較多(教學前後 6 個，教學後追 4 個)，表現較對照組差的較少(教學前後 2 題，教學後追 1 題)；而概念維持正確(MTC)，雖然在教學前後訪談，實驗組表現優於對照組的概念題數只有 3 個，表現較對照組差的卻有 4 個，但於教學後追訪談中，分析結果與教學前後訪談相反，且差距拉開，實驗組表現優於對照組的概念題數有 5 個，表現較對照組差的僅有 2 個。

另外電學概念屬於維持錯誤(MTIC)的，不管在教學前後與後追訪談分析中，對照組維持錯誤的題數(前後 4 個，後追 5 個)，都比實驗組(前後 3 個，後追 1 個)多，且在後追訪談中，把差距拉的更大；而電學概念屬於退步(RTG)的，在教學前後訪談中，差距最大，對照組表現優於實驗組的有 6 個，而實驗組退步達顯著的僅有 1 個，而在後追訪談中，實驗與對照的表現不分軒輊，各有 3 個概念屬於退步(RTG)。

根據此分析結果可知，屬於概念進步或維持的，表現較佳的大多為透過電學網路雙重情境教學的學生，而屬於概念錯誤(MTIC)或退步(RTG)的，卻是傳統教學模式下的學生較多，表示學生經過網路雙重情境教學之後，學生的電學概念較多發生改變或維持，較少發生概念退步(RTG)，表示其學習效果也較為持久，且明顯優於傳統情境教學下的學生。



表 4.2.5 概念改變描述統計與獨立樣本T檢定摘要表

	前測到後測							後測到追蹤測						
	實驗組		對照組		t	Cohen'd	Effect size	實驗組		對照組		t	Cohen'd	Effect size
	Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
概念1：靜電概念														
PG	0.33	0.49	0.71	0.69				0.39	0.61	0.24	0.44	0.86	0.28	S
MTC	0.00	0.00	0.12	0.33	-1.50	-0.51	M	0.06	0.24	0.12	0.33	-0.64	-0.21	S
MTPC	1.22	0.81	0.88	0.86	1.21	0.41	S	1.17	0.71	1.24	0.75	-0.28	-0.10	
MTIC	0.22	0.55	0.12	0.33	0.69	0.22	S	0.06	0.24	0.12	0.33	-0.64	-0.21	S
RTG	0.22	0.43	0.18	0.39	0.33	0.10		0.33	0.49	0.29	0.47	0.24	0.08	
概念2：導體、靜電感應與感應起電														
PG	1.83	1.20	1.53	1.12	0.77	0.26	S	0.11	0.32	0.29	0.59	-1.50	-0.38	S
MTC	0.06	0.24	0.12	0.33	-0.64	-0.21	S	1.39	1.33	1.12	1.17	0.64	0.22	S
MTPC	0.44	0.62	0.71	0.77	-1.10	-0.39	S	0.56	0.62	0.65	0.61	-0.44	-0.15	
MTIC	0.67	0.84	0.59	0.62	0.32	0.11		0.44	0.70	0.47	0.62	-0.12	-0.05	
RTG	0.00	0.00	0.06	0.24	-1.03	-0.35	S	0.50	0.51	0.47	0.72	0.14	0.05	
概念3：通路、斷路與短路概念														
PG	0.61	0.61	0.47	0.80	0.58	0.20		0.61	0.85	0.65	0.70	-0.14	-0.05	
MTC	0.56	0.70	0.47	0.72	0.35	0.13		0.83	0.99	0.76	0.97	0.21	0.07	
MTPC	1.06	0.94	1.18	0.88	-0.39	-0.13		0.72	0.83	0.59	0.62	0.55	0.18	
MTIC	0.28	0.46	0.53	0.62	-1.36	-0.46	S	0.44	0.51	0.47	0.80	-0.14	-0.04	
RTG	0.44	0.70	0.35	0.49	0.48	0.15		0.39	0.70	0.53	0.62	-0.63	-0.21	S

(接續下頁)

	前測到後測							後測到追蹤測						
	實驗組		對照組		t	Cohen'd	Effect size	實驗組		對照組		t	Cohen'd	Effect size
	Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
概念4：電壓與能量的概念														
PG	1.61	0.92	1.24	0.97	1.18	0.39	S	0.56	0.70	0.59	0.80	-0.13	-0.04	
MTC	0.28	0.46	0.35	0.49	-0.47	-0.15		1.33	1.03	0.88	1.11	1.24	0.42	S
MTPC	0.72	0.75	0.76	0.83	-0.16	-0.05		0.44	0.62	0.59	0.80	-0.60	-0.21	S
MTIC	0.39	0.50	0.29	0.47	0.58	0.21	S	0.33	0.59	0.24	0.44	0.56	0.17	
RTG	0.00	0.00	0.35	0.61	-2.47*	-0.81	L	0.33	0.49	0.71	0.59	-2.04*	-0.70	M
概念5：電池與燈泡之數目、接法對燈泡亮度的影響														
PG	1.11	0.83	0.59	0.80	1.90	0.64	M	0.39	0.70	0.29	0.59	0.44	0.15	
MTC	0.11	0.32	0.12	0.33	-0.06	-0.03		1.00	0.84	0.71	0.77	1.08	0.36	S
MTPC	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.06	0.24	-1.03	-0.35	S
MTIC	0.78	0.88	1.24	0.83	-1.58	-0.54	M	0.39	0.78	0.94	0.97	-1.87	-0.62	M
RTG	0.00	0.00	0.06	0.24	-1.03	-0.35	S	0.22	0.55	0.00	0.00	1.67	0.57	M
概念6：導線的微觀概念														
PG	0.94	0.54	1.06	0.83	-0.49	-0.17		0.61	0.61	0.47	0.62	0.67	0.23	S
MTC	0.06	0.24	0.00	0.00	0.97	0.35	S	0.22	0.55	0.24	0.44	-0.08	-0.04	
MTPC	0.39	0.61	0.24	0.44	0.86	0.28	S	0.56	0.70	0.53	0.62	0.12	0.05	
MTIC	0.39	0.50	0.59	0.80	-0.89	-0.30	S	0.22	0.43	0.35	0.61	-0.73	-0.25	S
RTG	0.22	0.43	0.12	0.33	0.81	0.26	S	0.39	0.61	0.41	0.71	-0.10	-0.03	

(接續下頁)

	前測到後測							後測到追蹤測						
	實驗組		對照組		t	Cohen'd	Effect size	實驗組		對照組		t	Cohen'd	Effect size
	Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
概念7：電流與電子流的微觀概念														
PG	0.33	0.49	0.12	0.33	1.53	0.50	S	0.22	0.43	0.18	0.39	0.33	0.10	
MTC	0.06	0.24	0.00	0.00	0.97	0.35	S	0.06	0.24	0.00	0.00	0.97	0.35	S
MTPC	0.56	0.51	0.53	0.51	1.50	0.06		0.61	0.50	0.47	0.51	0.82	0.28	S
MTIC	0.06	0.24	0.06	0.24	-0.04	0.00		0.00	0.00	0.24	0.44	-2.29*	-0.77	M
RTG	0.00	0.00	0.29	0.47	-2.66*	-0.87	L	0.11	0.32	0.12	0.33	-0.06	-0.03	
PG	0.89	0.83	0.53	0.72	1.37	0.46	S	0.22	0.55	0.29	0.59	-0.37	-0.12	
概念8：電池與燈泡之數目、接法對電流大小的影響														
MTC	0.17	0.38	0.06	0.24	0.99	0.35	S	0.56	0.70	0.29	0.59	1.19	0.42	S
MTPC	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	
MTIC	0.89	0.76	1.41	0.71	-2.10*	-0.71	M	0.72	0.83	1.12	0.86	-1.39	-0.47	S
RTG	0.06	0.24	0.00	0.00	0.97	0.35	S	0.50	0.79	0.29	0.69	0.83	0.28	S
概念9：同一迴路中，燈泡對電流大小的影響														
PG	0.72	0.67	0.59	0.62	0.62	0.20		0.50	0.79	0.47	0.62	0.12	0.04	
MTC	0.22	0.43	0.35	0.49	-0.84	-0.28	S	0.33	0.59	0.29	0.47	-1.03	0.07	
MTPC	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0		0.00	0.00	0.06	0.24	-0.33	-0.35	S
MTIC	0.72	0.83	0.71	0.69	0.06	0.01		0.56	0.78	0.65	0.86	-0.33	-0.11	
RTG	0.33	0.49	0.35	0.49	-0.12	-0.04		0.61	0.78	0.53	0.72	0.32	0.11	

(接續下頁)

	前測到後測						後測到追蹤測							
	實驗組		對照組		t	Cohen'd	Effect size	實驗組		對照組		t	Cohen'd	Effect size
	Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
<b>概念10：電阻對電流大小的影響</b>														
PG	0.94	0.64	0.41	0.71	2.32*	0.78	M	0.61	0.61	0.47	0.72	0.62	0.21	S
MTC	0.11	0.32	0.29	0.47	-1.35	-0.45	S	0.50	0.62	0.41	0.51	0.46	0.16	
MTPC	0.33	0.59	0.47	0.62	-0.67	-0.23	S	0.22	0.43	0.24	0.44	-0.09	-0.05	
MTIC	0.39	0.50	0.47	0.62	-0.43	-0.14		0.17	0.38	0.65	0.79	-2.32*	-0.77	M
RTG	0.22	0.55	0.35	0.49	-0.74	-0.25	S	0.50	0.51	0.24	0.44	1.64	0.55	M
<b>概念11：燈泡串、並聯對電路總電阻的影響</b>														
PG	0.67	0.84	1.47	0.80	-2.90**	-0.98	L	0.94	1.06	0.24	0.44	2.57*	0.86	L
MTC	0.17	0.38	0.18	0.39	-0.08	-0.03		0.28	0.57	0.53	0.80	-1.07	-0.36	S
MTPC	0.28	0.57	0.24	0.44	0.25	0.08		0.11	0.32	0.24	0.44	-0.96	-0.34	S
MTIC	1.50	0.99	0.65	0.70	2.96**	0.99	L	1.33	0.97	0.94	0.83	1.28	0.43	S
RTG	0.39	0.78	0.47	0.72	-0.32	-0.11		0.33	0.59	1.06	0.75	-3.19**	-1.08	L

註：1. \* $p < .05$ , \*\* $p < .005$ , \*\*\* $p < .001$

2. Cohen's d 值中， S 表示  $0.2 < \text{Cohen's } d < 0.5$ , effect size=small；M 表示  $0.5 < \text{Cohen's } d < 0.8$ , effect size=medium；L 表示  $\text{Cohen's } d > 0.8$ , effect size=large。

3. PG 表示進步；MTC 表示維持正確；MTPC 表示維持部分正確；MTIC 表示維持錯誤；RTG 表示退步。

#### 四、總結

本節以晤談的方式，分析並比較實驗組和對照組在「電學」單元的概念學習以及推理層級的改變情形。以 MANCOVA 分析概念正確分數和推理層級，並以 partial  $\eta^2$  值做為實際顯著效果大小的指標。

根據表 4.2.6 partial  $\eta^2$  值達顯著題數之事後比較顯示，在後測訪談達顯著的概念有七個，在追蹤訪談達顯著的有九個，而這些後測、追蹤測達顯著的概念題數當中，又以實驗組表現優於對照組的題數要來得多，由此可知經過網路雙重情境教學之後的學生，其概念正確數勝過傳統教學模式下的學生，且一段時間之後，正確概念的持久度也勝過傳統教學模式下的學生。

表 4.2.6 後測與追蹤測訪談正確概念分數 Partial  $\eta^2$  值達顯著之題數

事後檢定	後測訪談	追蹤訪談
	正確概念分數	正確概念分數
實驗>對照	5	9
對照>實驗	2	0

針對後測與追蹤測訪談之科學推理層級 Partial  $\eta^2$  值達顯著之題數，在進行事後比較，將結果統整於表 4.2.7 中，在後測訪談與追蹤訪談當中，在屬於低階推理層次的概述(G)中，其達顯著的概念題數顯示，對照組表現較實驗組好的概念總數較多，而屬於高階推理層次的辯證(J)與解釋(EX)中，其達顯著的概念題數顯示，實驗組表現校對照組好的概念總數較多，由此可知學生經過網路雙重情境教學之後，其使用的推理層級從原有屬於低階推理層次的概述(G)，逐漸轉換成使用高階推理層次的辯證(J)與解釋(EX)。

表 4.2.7 後測與追蹤測訪談科學推理層級各分項 Partial  $\eta^2$  值達顯著之題數

事後檢定	後測訪談				追蹤訪談			
	G	EL	J	EX	G	EL	J	EX
實驗>對照	3	4	5	4	3	5	5	4
對照>實驗	4	2	3	3	4	3	3	0

註：G 為概述，EL 為精緻化，J 為辯證，EX 為解釋

在概念改變的分析方面，使用 t 檢定進行的分析統計，並以 Cohen's d 值做為顯著效果大小的指標，結果整理如表 4.3.8，根據表顯示實驗組在屬於概念「進步(PG)」和「維持正確(MTC)」的類別中，均優於對照組，而屬於概念維持錯誤(MTIC)或退步(RTG)的類別中則較少。

表 4.2.8 晤談結果中概念改變分析各分項 Cohen's d 值達顯著之題數

事後檢定	教學前→教學後晤談					教學後→追蹤晤談				
	PG	MTC	MTPC	MTIC	RTG	PG	MTC	MTPC	MTIC	RTG
實驗>對照	6	3	2	3	1	4	5	1	1	3
對照>實驗	2	4	2	4	6	1	2	5	5	3

註：1.PG 表示進步；MTC 表示維持正確；MTPC 表示維持部分正確；MTIC 表示維持錯誤；RTG 表示退步。

根據研究假設三「由三次晤談(教學前、後與追蹤)中分析學生在融入科學推理理論的網路化雙重情境學習模式及傳統教學模式前、後，其概念改變率、概念數增加及運用推理層級(G,EL, J, EX, 詳見名詞釋義)改變歷程為何？」中，由晤談分析得到的結果顯示，經過電學網路雙重情境學習的課程後，學生不論在概念的建構、學習效果的保留和推理層級的提昇，均明顯優於以一般傳統教學模式下進行學習的學生，由此可知電學網路雙重情境的教學模式，對學生的概念重建以及推理能力的提昇的確有顯著的影響。





### 第三節 網路互動式學習歷程分析

本節是針對研究問題四「融入科學推理理論的網路化雙重情境學習模式下，學生的電學概念與科學推理層級改變為何？」進行討論與分析，主要在討論與分析學生在電學雙重情境學習網之教學前後，其學習歷程中概念改變情形，以及進行電學概念推理時，其回答的科學概念所運用之推理層級之改變。

#### 一、教學前後網路開放式理由的歸納與分析

此部分的分析，主要是依據學生從主題一到主題四的網路互動學習事件前後，回答概念問題所使用的科學概念，進行歸納與描述性統計，主要目的在於觀察學生於教學前後所具有的電學概念改變的情形。

#### 二、教學前後網路開放式理由的推理層級分析

此部分的分析，主要是依序探討學生從主題一到主題四的網路互動式學習事件前後，回答概念問題所運用推理層級的歷程，以網路互動式學習事件的前後，針對學生對問題作答所根據的科學概念部分，作為本節分析的內容。

- 分析推理層級的標準，則是修改 Hogan 等人(2000)對推理型態的層級分類，分成
- (1)概述(Generativity, G)：對自然現象作直觀的描述或以質樸概念來回答，細分為 G0、G1 和 G2；
  - (2)精緻化(Elaboration, EL)：學生能以正確科學術語辭彙、或科學方法如運用測量、估計、數字關係等，對問題相關的現象進行說明；細分為 EL1 和 EL2；
  - (3)辯證(Justification, J)：在「證據取向」方面，學生能利用實驗變因和結果之間的關係來說明現象；在「推論取向」方面，學生能利用簡單的線性因果關係演繹推論來解釋現象，可分為 J1 和 J2；
  - (4)解釋(Explanation, EX)：學生以類似科學模型或理化作用機制，做為推理的依據，來說明待解答的現象，可分為 EX1 和 EX2。(詳細的內容，見第三章第四節研究工具設計之個別訪談說明)。

如果學生提出的論述中同時包含了不同層級的推理論述，則以提出論述中所達到最高的層級為分析的推理層級，而推理層級的分析以交叉表為工具，在另外進行卡方獨立性考驗以及效果量之計算。

### 三、電學網路雙重情境學習歷程分析

#### 主題一 靜電

##### 事件 1-1 庫倫靜電力與電荷乘積成正比的概念與推理層級分析：

###### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 1-1「靜電所帶的電量大小，對庫倫靜電力的影響？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.1：

表 4.3.1 事件 1-1 科學概念敘述性統計

1-1 靜電所帶的電量大小，對庫倫靜電力的影響？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	28	26.42	21	19.81
一、直觀的觀察或想法				
1.左邊電量 2Q 右邊電量 3Q	5	4.72	9	8.49
2.將左右電量簡單處理(相加、相減、相除)	14	13.21	13	12.26
3.距離維持不變	2	1.89	2	1.89
二、比率控制				
1.電量的比例為 4:6=2:3(簡單比例)	2	1.89	0	0
2.依電荷對靜電力的比率來增加，如 1Q 對應 2F，所以 3Q 對應 6F。	34	32.08	17	16.04
三、變數的控制				
1.帶電量越大，靜電力越大*	4	3.77	0	0
2.距離不變，帶電量越大，靜電力越大**	4	3.77	3	2.83
3.靜電力與帶電量乘積成正比***	10	9.43	39	36.79
四、其他				
1.用科學名詞簡單帶過，如庫倫靜電力，靜電等	3	2.83	2	1.89
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

從表 4.3.1 中，學生經過網路雙重情境教學之後，其所擁有的科學概念「電荷對靜電力的比率控制」從原有的 32.08%下降到 16.04%，而正確概念「靜電力與帶電量的乘積成正比」從原有的 9.43%大幅度的增加到 36.79%，可見學生在經過網路雙重情境教學之後，概念明顯的發生改變，但本教學事件之中，學生需要觀測到兩邊電量的變化，且從圖中找出是兩邊電量乘積對靜電力的影響，就如同 Liegeois & Mullet(2002)研究中提

到，學生較無法處理兩個以上的變數，故本學習事件對於國中學生而言是有些許的困難。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件1-1「靜電所帶的電量大小，對庫倫靜電力的影響？」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表4.3.2，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=136.52, p=0.000, \omega=1.13$ )。

表 4.3.2 主題一事件 1-1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	J1	EX1		
G0	9	4			1		14	
G1	1	17	3		18		39	
EL1	1	4	5	1	3	1	15	
J1	2	2			27	3	34	
EX1						4	4	
總和	13	27	8	1	49	8	106	136.52*** 1.13***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ , \*\*\*  $p<0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega$ =small；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega$ =medium；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega$ =large

由於庫倫靜電力的計算屬於抽象符號的運算，日常生活中不易使用，且在本教學事件當中，學生除了需要觀察到兩端的電荷的帶電量對靜電力之影響，還需知道是電荷乘積與靜電力成正比，故前測有53位學生採用概述(G)，但經過電學網路雙重情境教學之後，可以發現運用概述(G)的推理方式的學生人數降低(40人)，而使用辯證(J)的人數增加，從教學前的34人變成教學後的49人。

## 事件 1-2 庫倫靜電力與距離平方成反比的概念與推理層級分析：

### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 1-2「靜電的距離大小，對庫倫靜電力的影響？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.3：

表 4.3.3 事件 1-2 科學概念敘述性統計

1-2 靜電的距離大小，對庫倫靜電力的影響？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	27	25.47	25	23.58

(接續下頁)

1-2 靜電的距離大小，對庫倫靜電力的影響？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
一、直觀的觀察或想法				
1.電量相同，距離不同*	6	5.66	2	1.89
2.利用距離進行相加、相減或相乘	4	3.77	2	1.89
二、比率問題				
1.距離反比	11	10.38	17	16.04
2.用圖的倍率來推論( $2r \rightarrow 1/4F$ , $3r \rightarrow 1/9F$ )**	13	12.26	8	7.55
三、變數的控制				
1.電量不變，距離變大，力量變小*	9	8.49	6	5.66
2.與距離平方成反比***	36	33.96	46	43.40
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

根據表 4.3.3 中，在教學事件 1-2 之前，有 9.43% 的人使用直觀的觀察或想法，但教學後剩下 3.78%，而觀察到靜電力與距離成反比的，從 10.38% 升高到 16.04%，表示學生已經知道距離越大，靜電力就越小，而正確的概念『靜電力與電荷距離平方成反比』從教學前的 33.96% 增加為 43.40%。

另外，本題中所闡述的是距離平方反比的概念，屬於單變數的控制，而我們也從表中的科學概念分析歸類中，觀察到「用圖的倍率」來進行推理者，教學前即有 12.26%，而『靜電力與電荷距離平方成反比』來進行推理者，也高達 33.96%，由此可知學生在單變數的控制上，已經具有一些理解，學生已能從中找尋規則，進行概念的推理，因此相對於教學事件 1-1 的低答對率，本概念在教學前之概念正確率偏高。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件 1-2 「靜電的距離大小，對庫倫靜電力的影響？」，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.4，其統計結果顯示卡方檢定達顯著水準 ( $\chi^2=219.51$ ,  $p=0.000$ ,  $\omega=1.44$ )。

庫倫靜電力的計算屬於抽象符號的運算，但本題的設計需要具備單變數控制的能力，故學生較易觀察出邏輯推理的規律，本概念前測之中，採用概述(G)有 32 人，但經過電學網路雙重情境教學之後，運用概述(G)的推理方式的學生人數稍微下降(29 人)，而使用辯證(J)推理層級的人數增加(從 57 人增為 64 人)。

表 4.3.4 主題一事件 1-2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	J1	EX1	EX2			
G0	14	2		3			19		
G1		9	1	3			13		
EL1	1	1	5	5			12		
J1		2	2	51	2		57		
EX1				1	2		3		
EX2				1		1	2		
總和	15	14	8	64	4	1	106	219.51***	1.44***

1.  $\chi^2$  值： \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值： \* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ； \*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ； \*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

### 事件 1-3 1 莫耳的電子電量概念與推理層級分析：

#### (一) 教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 1-3 「1 莫耳的電子帶電量為多少？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.5：

表 4.3.5 事件 1-3 科學概念敘述性統計

1-3 1 莫耳的電子帶電量為多少？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1. 不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	38	35.85	20	18.87
一、直觀的觀察或想法				
1.1 庫侖=1 電子，1 莫耳=1 個電子	2	1.89	0	0
2. 相乘或相除(沒有再詳細說明)	12	11.32	16	15.09
三、變數的控制				
1. 乘以一莫耳**	2	1.89	3	2.83
三、變數的控制				
2. 1 個電子的帶電量×1 莫耳的粒子數***	27	25.47	31	29.25
3. $6.24 \times 10^{18} \times 6 \times 10^{23}$ ，或是 $1.6 \times 10^{-19} \times 6.24 \times 10^{18}$	6	5.66	5	4.72
4. 1mole 粒子數× $1.6 \times 10^{-19} \times 6.24 \times 10^{18}$	5	4.72	2	1.89
5. mole/庫侖	2	1.89	3	2.83

(接續下頁)

1-3 1 莫耳的電子帶電量為多少？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
四、其他				
1.用科學名詞含糊帶過，並沒有詳加說明，如 1mole=6×10 <sup>23</sup> ，或是亞佛加厥常數是大約值*	7	6.60	14	13.21
2.看影片、flash、或剛剛網頁中的說明	5	4.72	12	11.32
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在本概念中，經過網路雙重情境教學之後，學生在「不知道，非相關」理由從 35.85% 降到 18.87%，而正確概念『1 個電子的帶電量×1 莫耳的粒子數』由原來的 25.47% 升高到 29.25%，變化不大，其主要原因在於國二即學過 1 莫耳的粒子數目為  $6 \times 10^{23}$  個，因此學生只要根據題目所示「1 個電子的帶電量為  $1.6 \times 10^{-19}$  庫侖」，即可計算出 1 莫耳的電子電量，因此不難瞭解為何學生在前測答對率偏高的原因。

較為特別的是，在「用科學名詞含糊帶過，並沒有詳加說明，如 1mole=6×10<sup>23</sup>，或是亞佛加厥常數是大約值」有大幅度的增加，由原來的 6.60% 增加為 13.21%，從學生回答的科學概念中，不難發現到網路雙重情境的教學事件對學生的影響，在本教學事件當中，教學的 Flash 中提到 1 莫耳的電子電量「正確值」應為 96500 庫侖，而根據「1 個電子電量  $1.6 \times 10^{-19}$  庫侖× $6 \times 10^{23}$  個」，答案應是 96000 庫侖，造成誤差的主要原因在於亞佛加厥常數不是國中教材內所說的整數，也就是  $6 \times 10^{23}$ ，故計算後與實際值會有些許的誤差，這對國中學生來說，對其既有概念造成很大的衝擊，因此容易讓學生留下深刻的印象，所以經過教學事件之後，可以發現學生回答教學問題的科學概念當中，有 13.21% 試圖想要用教學事件內容來回答，但可能因其具有的科學概念的不完整，故無法詳細的解說，甚至另外有 11.32% 的學生回答問題所根據的理由為「看影片知道的」，因此 1 莫耳的粒子數  $6 \times 10^{23}$  是大約估計值，對學生的學習造成深刻的影響。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件 1-3 「1 莫耳的電子帶電量為多少？」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.6，根據其統計結果顯示卡方檢定達顯著水準 ( $\chi^2=105.57, p=0.000, \omega=1.00$ )。

由於 1 莫耳的電子帶電量之計算，學生需運用 1 莫耳為  $6 \times 10^{23}$  個粒子的先備知識，然後再根據教學內容所教授的 1 個電子的電量為  $1.6 \times 10^{-19}$  庫侖，最後根據數學指數律進行運算，並非一眼即能看出答案，故前測有一半學生採用概述(G)有 42 人，甚至有 19 個人使

用G0，也就是使用與問題無關的理由進行回答，例如不知道或直覺，但經過電學網路雙重情境教學之後，發現運用概述(G)的推理方式的學生人數降為34人，而使用辯證(J)的人數從56增加為61人。

表 4.3.6 主題一事件 1-3 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	J1	總和		
G0	8	4	2	5	19		
G1		17	3	3	23		
EL1	1	2	4	1	8		
J1	1	1	2	52	56		
總和	10	24	11	61	106	105.57***	1.00***

1.  $\chi^2$  值：\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

2.  $\omega$  值：\*表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega$ =small；\*\*表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega$ =medium；\*\*\*表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega$ =large

#### 事件 1-4 靜電感應的概念與推理層級分析：

##### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 1-4「帶負電的帶電棒靠近導體，導體內有何變化？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.7：

表 4.3.7 事件 1-4 科學概念敘述性統計

1-4 帶負電的帶電棒靠近導體，導體內有何變化？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	15	14.15	14	13.21
一、直觀的觀察或想法				
1.棒子帶負電，有電荷	3	2.83	2	1.89
2.相吸引或相排斥	8	7.55	4	3.77
3.質子與金屬棒產生作用	1	0.94	0	0
二、使用科學定律推論				
1.電子被排斥，質子不帶電，不被排斥。	2	1.89	0	0
2.同性相斥，異性相吸**	56	52.83	34	32.08
3.異性相斥，同性相吸	4	3.77	2	1.89
4.電子可以自由移動，質子無法自由移動**	7	6.60	14	13.21
5.同性相斥，且電子可以自由移動，但質子無法自由移動***	6	5.66	28	26.42

(接續下頁)

1-4 帶負電的帶電棒靠近導體，導體內有何變化？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
三、其他				
1.用科學名詞含糊帶過，並未多加解釋。如因為靜電感應，或者是原子結構等。	3	2.83	1	0.94
2.老師有教，Flash、影片有教	1	0.94	7	6.60
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

靜電感應的概念中，學生需要具備「同性電荷相斥，異性電荷相吸」，以及「電子可以自由移動，但質子無法」的國二原子概念，而從表 4.3.7 中，可以發現在教學事件之前，大多數的學生只具有「同性電荷相斥，異性電荷相吸」之概念，而教學事件之後，此概念從原有的 52.83% 下降到 32.08%，而具有正確概念，也就是同時具備兩個概念的，從原有的 5.66% 增加到 26.42%，由此可知，透過教學事件 1-4 靜電感應的 flash 動畫說明，讓學生對於「電子可自由移動，質子不動」的抽象概念具體化，故其成效反應在教學事件之後，甚至讓此概念的採用百分比從原有的 6.60% 增加到 13.21%。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件 1-4 「帶負電的帶電棒靠近導體，導體內有何變化？」的靜電感應概念中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.8。

表 4.3.8 主題一事件 1-4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	J1	J2			
G0	5			1	2		8		
G1		13	2		1		16		
G2					1		1		
EL1		3	24	2	15	1	45		
EL2	1		1	12	10		24		
J1	1		1		9	1	12		
總和	7	16	28	15	38	2	106	162.66***	1.24***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準 ( $\chi^2 = 162.66$ ,  $p = 0.000$ ,  $\omega = 1.24$ )，靜電感應的概念，具有微觀且過程的概念屬性，因此在教學事件當中，採用 flash 動畫來進行說明，較



能針對此概念屬性，進行具體解說，因此在教學事件之前，採用低階推理層級概述(G)的學生有25人，而經過電學網路雙重情境教學之後，發現運用概述(G)的推理方式的學生人數變化不大，仍有23人，反而是使用高階推理層級辯證(J)的人數大幅度的增加，從原有的12人增加為40人。

由此可知，透過動畫的播放，可以協助學生建構具有抽象與過程特性的靜電感應概念，且其推理層級也能從低階逐漸轉向高階。

### 事件 1-5 感應起電推理概念分析與推理層級分析：

#### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 1-5「在靜電感應的過程中，接地對導體的影響？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.9：

表 4.3.9 事件 1-5 科學概念敘述性統計

1-5 在靜電感應的過程中，接地對導體的影響？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	25	23.58	24	22.64
一、直觀的觀察或想法				
1.互相吸引或互相排斥	1	0.94	2	1.89
2.負電流入手中	2	1.89	1	0.94
3.負電荷會經由手流入導體**	5	4.72	12	11.32
二、使用科學定律推論				
1.手帶負電，人是導體，手吸引電，手會導電。	21	19.81	8	7.55
2.異性相吸，同性相斥*	25	23.58	13	12.26
3.質子不會動，電子可以自由移動*	17	16.04	8	7.55
4.同性相斥，電子可以移動**	2	1.89	7	6.60
5.異性相吸，電子由手流入導體***	3	2.83	25	23.58
三、其他				
1.用科學名詞含糊帶過，並未多加解釋。如因為感應起電，或者是接地等。	4	3.77	1	0.94
2.老師有教，Flash、影片有教	1	0.94	5	4.72
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在本教學事件的概念中，學生需先具備教學事件 1-4 中所教授的「靜電感應」之概

念，而後再結合「接地」的概念，其中接地的概念屬性為微觀、過程與階層，故本教學事件的設計當中，亦配合 flash 動畫之解說，並接續安排在教學事件 1-4 之後，期望學生經此教學流程之後，能正確回答教學事件 1-5 所問的問題。

而根據表 4.3.9 中，我們可以發現在教學之前，學生採用的理由大多為「不知道」(23.58%)，或者是具有不完整概念的「手或人是導體」(19.81%)、「質子不會動，電子可以自由移動」(16.04%)，以及「異性相吸，同性相斥」(23.58%)，但在經過教學事件之後，採用『異性相吸，電子由手流入導體』的正確接地概念之百分比，從原有的 2.83% 大幅度增加到 23.58%，而前述不完整概念的採用百分比也均有大幅度的下降，故可知本教學事件之設計，對於協助學生建構完整且正確的「接地」概念，有明顯的效果。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件1-5「感應起電」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.10，其統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=110.39, p=0.000, \omega=1.00$ )。

表 4.3.10 主題一事件 1-5 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	J1	J2			
G0	15	1					21		
G1	1	6	4		5		16		
EL1	2	3	23	4	13		45		
EL2			2	3	2		7		
J1	1		1		14	1	17		
總和	19	10	30	7	39	1	106	110.39***	1.00***

1.  $\chi^2$  值：\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

2.  $\omega$  值：\*表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega$ =small；\*\*表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega$ =medium；\*\*\*表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega$ =large

感應起電的學習事件中，除了接續之前『靜電感應』的概念，還需再加入接地的觀念。而於前測採用概述(G)的學生有37人，運用『靜電感應』概念，推理層級屬於精緻化(EL)的人數最多，有52人，但經過電學網路雙重情境教學之後，可以發現運用概述(G)的推理方式的學生人數降低(29人)，而使用屬於高階推理層級辯證(J)的人數大幅度增加，從教學前的17人變成教學後的40人，表示透過動畫的協助教學，可以讓學生克服概念的微觀與過程特性，在教學事件之後，能夠獲得完整且正確的科學概念。

### (三)小結

根據教學事件 1-1 到 1-5 的科學概念敘述統計表中，將所有的概念加以歸納整理，如表 4.3.11，在表中我們可以發現，經過網路雙重情境教學之後，教學前學生採用的非相關理由與錯誤概念，在教學後其百分比都有降低的趨勢，而屬於電學的正確科學概念，在教學後都有明顯的增加，因此由此可知，本教學事件的設計對學生靜電概念的建構，有其助益。

表 4.3.11 教學事件 1-1 到 1-5 學生採用之科學概念統整表

教學事件	非相關理由		錯誤概念		部分正確		正確概念	
	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)
1.帶電量對靜電力的影響	26.42	19.81	54.73	36.68	9.42	6.72	9.43	36.79
2.距離對靜電力的影響	25.47	23.58	14.15	17.93	26.42	15.09	33.96	43.40
3.1 莫耳電子電量是多少?	35.85	18.87	25.48	24.53	13.20	27.35	25.47	29.25
4.靜電感應	14.15	13.21	20.75	15.09	59.44	45.28	5.66	26.42
5.感應起電	23.58	22.64	27.35	16.04	46.24	37.74	2.83	23.58

就主題一靜電主題的五個教學事件中，共有 530 次的推理，針對其前後理由所使用的推理層級進行統整，其推理層級總整理如表 4.3.12：

表 4.3.12 主題一所有教學事件概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

教學前	教學後									$\chi^2$	$\omega$	
	G0	G1	EL1	EL2	J1	J2	EX1	EX2	總和			
G0	51	11	2	1	16					81		
G1	2	62	13		30					107		
G2					1					1		
EL1	5	13	61	7	37	1	1			125		
EL2	1		3	15	12					31		
J1	5	5	6		153	2	5			176		
EX1					1		6			7		
EX2					1			1		2		
總和	64	91	85	23	251	3	12	1	530	1187.27***	1.50***	

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

根據表 4.3.12 的統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=1187.27, p=0.000, \omega=1.50$ )，而從表中我們可以發現在教學前，在所有教學事件中使用概述(G)的次數有 189 次(35.7%)，而經過電學網路雙重情境教學之後，使用概述(G)的次數下降為 155 次(29.2%)，且使用較高推理層級的次數增加，其中使用辯證(J)推理層級的次數增加最多，從 176 次

(33.2%)增加到 254 次(47.9%)，而使用解釋(EX)推理層級的次數，也從 9 次(1.6%)增加到 13 次(2.5%)。

根據主題一事件 1-1 到事件 1-5 的科學概念分析的敘述統計中，我們可以觀察到學生在經過各教學事件之後，其所採用的科學概念，從非相關理由與質樸概念等，逐漸轉為較為正確且完整的科學概念。

其主要的原因在於學生在電學網路雙重情境的學習中，所有有關靜電概念的教學事件之設計，包括問題、動畫、影片等，其主要目的均在於協助學生獲取正確的知識，故能讓學生從前測問題所採用的直觀或質樸理由，屬於低階推理層級的概述(G)，逐漸達成概念改變，也就是轉換成較為正確且完整的科學概念，其屬於較高階推理層次的辯證(J)與解釋(EX)，也就是說透過網路雙重情境的學習事件之設計，對學生概念的建構與推理能力有明顯的助益。



## 主題二 電壓

### 事件 2-1 電池提供能量，電子攜帶能量，燈泡消耗能量概念與推理層級分析：

#### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 2-1「電池如何使燈泡發光？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.13：

表 4.3.13 事件 2-1 科學概念敘述性統計

2-1 電池怎樣讓燈泡發光？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	14	13.21	7	6.60
一、直觀的觀察或想法				
1.有電池	2	1.89	1	0.94
2.電池有電*	35	33.02	14	13.21
3.開關沒有關上	0	0	2	1.89
4.電路是通路	3	2.83	2	1.89
二、電子微觀的概念				
1.燈因為電荷通過而發光	2	1.89	5	4.72
2.有(自由)電子流動而使燈泡發光**	5	4.72	2	1.89
三、能量概念				
1.電池有能量***	2	1.89	12	11.32
2.電流產生能量	3	2.83	0	0
3.電壓產生能量	9	8.49	22	20.75
4.能量的傳遞、轉換，例如：電荷或電子可以傳遞能量、電能轉換成光能，或燈泡消耗能量等等**	1	0.94	0	0
四、電壓、電流的概念				
1.電池提供電壓，電池提供電位差***	4	3.77	19	17.92
2.電池有電流、電流流過燈泡**	16	15.09	13	12.26
五、其他				
1.化學物質反應，電池內含有帶電物質。	5	4.72	4	3.77
2.有正、負電荷的關係	3	2.83	1	0.94
3.小學學過，以前學過。	2	1.89	0	0
4.看影片知道的	0	0	2	1.89
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在教學事件 2-1 的設計中，主要是希望學生於教學後，具備「電池具有電壓」、「電池具有電位差」之概念，甚至是「電池具有能量」、「電池驅動電子流動」等高階概念，故在教學事件的設計上，採用類比推理，藉由抽水機將水抽往高處，再經由高處流下的水來推動水車，以抽水機類比電池，水車類比燈泡，期望將電壓與能量的抽象概念，藉由日常生活中可見的巨觀現象，協助學生概念的建立。

教學事件之前，大多數的學生採用「電池有電」的質樸概念(33.02%)，而令人驚訝的是有 15.09%的學生在教學前，已經具有電流的概念，可見學生在進行網路雙重情境之前，已經對此概念稍有瞭解，其主要的的原因可能是因為升學主義導向，學生參與課後補習，故進入網路雙重情境學習之前，可能先學習過此概念了。

而在教學事件之後，採用「電池有電」質樸概念的人數大大的降低了(13.21%)，而正確概念「電池具有能量」獲得大大的提升，從原有 1.89%增加到 11.32%，而「電池提供電位差」亦是如此，從原有的 3.77%上升到 17.92%，因此我們可以知道，在本教學事件的類比物設計上，對於學生概念的學習有非常大的幫助。

另外，值得探討的是，在經過網路雙重情境教學之後，學生產生另有概念「電壓產生能量」，從原有的 8.49%上升到 20.75%，推測其主要原因在於類比物與標的物的對照，讓學生產生了誤解，因為抽水機將水抽往高處，會使水的位能增加，在經過類比教學之後，學生學會「電池就像抽水機」的類比概念，但卻認為「電池的電壓可以產生能量」，故本題在往後的修正上，會再增加「水位高度差」類比為「電位差」，也就是「電壓」，如此一來，學生就能夠瞭解因為水位的高度差，才會造成水管中水的流動，在類比推理到電學的科學概念當中，就能知道因為電池具能量，才能產生電位差，也就是電壓，驅使導線內的電子流動。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件2-1「電池如何使燈泡發光？」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表4.3.14。其統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=69.28, p=0.000, \omega=0.81$ )。

在學習事件2-1之前，有絕大部分的學生在教學事件前的理由為「不完全正確」的精緻化(EL)推理，如因為『電池有電』，但經過教學之後，學生回答了理由大多改成屬於較為「正確」的精緻化(EL)推理，如因為『電池能夠提供能量』，甚至還有學生能夠使用辯證(J)推理層級來說明，如『因為電池有能量，可以提供電位差』或是『電位差驅使導線內的電子攜帶能量流動，經過燈泡，攜帶的能量轉換成光與熱』。

因為教學事件中類比物的設計，讓教學前使用低階推理概述(G)的20位學生，於教學事件之後降低到12位，而推理層級屬於高階的辯證(J)，亦能於教學後有明顯提升，從

原來的2人變成16人。

表 4.3.14 主題二事件 2-1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	J1	J2			
G0	3	2	2				7		
G1	1	4	7		1		13		
EL1		2	67	1	10	2	82		
EL2			1		1		2		
J1					2		2		
總和	4	8	77	1	14	2	106	69.28***	0.81***

1.  $\chi^2$  值： \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

2.  $\omega$  值： \*表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega$ =small； \*\*表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega$ =medium； \*\*\*表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega$ =large

### 事件 2-2 電池串聯，燈泡亮度變化的概念與推理層級分析：

#### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 2-2「電池串聯，燈泡亮度的變化？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.15：

表 4.3.15 事件 2-2 科學概念敘述性統計

2-2 電池串聯，燈泡亮度的變化？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等	4	3.77	4	3.77
一、直觀的觀察或想法				
1.電池變多，電池變成 2 個，多 1 個電池	6	5.66	2	1.89
2.與電路有關的理由，如兩個電池都在同一條電線上	5	4.72	1	0.94
3.電池都是 1.5V	4	3.77	0	0
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.電量變大，電池所提供的電量變多，電量變成兩倍*	20	18.87	13	12.26

(接續下頁)

2-2 電池串聯，燈泡亮度的變化？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
三、串聯後，電壓與電流的變化				
1.電壓變大、電位差變大，或電壓增強 <sup>***</sup>	32	30.19	52	49.06
2.電流增加，電流變大 <sup>***</sup>	4	3.77	3	2.83
3.電池串聯，電壓變成兩倍 <sup>***</sup>	11	10.38	18	16.98
4.能量變多，電流加倍 <sup>***</sup>	11	10.38	5	4.72
四、其他				
1.不斷的傳電	1	0.94	1	0.94
2.用『電池串聯』帶過，並沒有詳加解釋。	7	6.60	7	6.60
3.電池並聯，電壓變大	1	0.94	0	0
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在此電池串聯的概念中，主要是在教授電池串聯，「能量加倍」或「電壓加倍」，因此燈泡的亮度變亮了，而本教學事件的設計，也是採用類比推理，將抽水機串聯類比為電池串聯，水車轉動快慢類比為燈泡亮暗，藉由兩台抽水機可將水抽到更高位置，故高處的水流下時，水車轉動速度變快，學生即可類比到電池串聯之後，燈泡的亮度變亮了。

在表 4.3.15 中，我們觀察到在教學事件之前，有 18.87% 的學生採用質樸概念來進行理由的回答，即「電量變大」，但令人驚訝的是已經有 30.19% 的學生具有「電壓變大、變強」的概念，由此可知，學生在進行本教學事件之前，可能於事先已先接觸過電池串聯對電壓影響之概念，故在教學前此概念才會有這麼高的百分比，其原因有可能是學生參與課後補習，已先行學過此概念，故才能於教學事件前，採用正確概念來進行解釋。但在教學事件之後，「電壓變大、變強」的概念百分比亦有增加，升高為 49.06%。另外，甚至有 16.98% 的學生，能夠更明確的指出，「電壓變為原來的兩倍」的高階變數控制推理，因此我們能夠從數據當中得知，本教學事件的設計，對於學生「電池串聯，電壓加倍」的概念學習，是有明顯的幫助。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習答事件 2-2「電池串聯，燈泡亮度變化」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.16。其統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=90.64, p=0.000, \omega=0.92$ )。



表 4.3.16 主題二事件 2-2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	J1	J2			
G0	1		1				2		
G1		3	5	2	3		13		
G2			1				1		
EL1	1	2	58	4	5		70		
EL2			1	1	1		3		
J1		1	2		13	1	17		
總和	2	6	68	7	22	1	106	90.64***	0.92***

1.  $\chi^2$  值： \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值： \* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ； \*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ； \*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

在學習事件之前，我們可以發現採用概述(G)的人數明顯偏低，其原因可能是學生在國小電學已經學習過，且學生大多都有實際實驗操作過，另外電池串聯的概念，在學生的生活經驗中出現頻率很高，如電器用品、玩具等的電池裝置方法，故學前學生所採用的科學概念大多屬於精緻化(EL)，如電量增加、電壓變大等。

在理由的推理層級分析中，教學前有16人使用概述(G)的直觀理由，如這個電路當中有兩顆電池，而有73人使用科學名詞，推理層級屬於精緻化(EL)進行解釋，如「串聯」或「電」這個科學名詞進行解釋，但在教學事件之後，使用概述(G)的學生人數降低為8人，而精緻化(EL)的學生人數變化不大，增加為75人，但採用辯證(J)的學生人數略微增加，從17人到23人

### 事件 2-3 電池並聯，燈泡亮度變化的概念分析與推理層級分析：

#### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 2-3 「電池並聯，燈泡亮度的變化？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.17：

表 4.3.17 事件 2-3 科學概念敘述性統計

2-3 電池並聯，燈泡亮度的變化？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	6	5.66	4	3.77
一、直觀的觀察或想法				
1.電路接法的理由，例如電路沒接好、電池這樣接不對，這樣接會短路等等。	1	0.94	3	2.83

(接續下頁)

2-3 電池並聯，燈泡亮度的變化？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.電量大，電量增大	4	3.77	1	0.94
2.電量不變，電沒有增加*	2	1.89	6	5.66
三、並聯後，電壓與電流的變化				
1.電壓減半	2	1.89	0	0
2.電壓變大	13	12.26	2	1.89
3.電位差不變***	51	48.11	73	68.87
4.電流加倍	2	1.89	0	0
5.電流相同，電流不變***	2	1.89	2	1.89
四、能量的關係				
1.能量變多	2	1.89	1	0.94
2.能量變小	1	0.94	1	0.94
3.能量相同***	6	5.66	1	0.94
五、其他				
1.提高電阻	1	0.94	1	0.94
2.沒有串聯的亮	1	0.94	0	0
3.使用的時間比較久	1	0.94	0	0
4.電池具有電位差	1	0.94	2	1.89
5.以「電池並聯」帶過，並沒有詳加解釋	10	9.43	7	6.60
6.看影片知道的	0	0	2	1.89
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在教學事件 2-3 中，學生需要具備「電池並聯，電壓不變」的概念，才能瞭解在電池並聯的前提下，燈泡亮度不變，故本教學事件的設計，仍是採用類比推理，將抽水機並聯類比為電池並聯，將水車轉動快慢類比為燈泡亮暗，故影片與動畫中，利用兩台抽水機並聯後將水抽至高處，其高度與一台抽水機相同，因此同高度的水流下來，對水車的轉速沒有影響，藉此具體的觀察，再加上主概念與類比的連結對照表，協助學生類比推理到兩顆電池並聯，燈泡獲得的電位差與一顆電池的燈泡相同，故燈泡亮度才會不變。

在表 4.3.17 當中，我們可以發現在教學事件之前，已經有 48.11% 的學生具有此概念，可見學生在進行本教學事件之前，可能於事先已先接觸過電池並聯對電壓影響之概

念，故在教學前此概念才會有這麼高的百分比，而教學事件之後，此使用此概念的百分比亦大大提升到 68.87%，由此可知此教學事件的設計，對學生「電池並聯，電壓加倍」的概念學習，有一定的助益。

而值得注意的是在教學前有 12.26% 的學生認為「電池並聯，電壓會變大」，其可能原因是因為學生於教學前，無法分辨串聯、並聯的不同，因此只能根據最簡單的兩顆電池，來進行電壓的推理，但經過教學事件之後，採用此理由的百分比大大降低至 1.89%，由此可知，本教學事件所採用的類比推理對學生的概念學習與釐清，有很大的幫助。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件2-3「電池並聯，燈泡亮度變化？」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表4.3.18，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=84.86, p=0.000, \omega=0.89$ )。

表 4.3.18 主題二事件 2-3 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	J1			
G0	2		2			4		
G1		2	5		1	8		
EL1	1	2	64		5	72		
EL2			1			1		
J1		3	4	1	13	21		
總和	3	7	76	1	19	106	84.86***	0.89***

1.  $\chi^2$  值：\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

2.  $\omega$  值：\*表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega$ =small；\*\*表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega$ =medium；\*\*\*表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega$ =large

此部分在國小自然課亦教授過，但分析學生所使用的科學概念後發現，在此學生多採用「電量」或「電位差」等科學名詞來當作理由，此部分均屬於精緻化(EL)的推理層級，但經過教學事件2-3之後，學生使用的科學概念中，大多數採用「電池並聯，變壓不變」來說明，甚至有少部分的學生採用「電池並聯，電壓維持不變，所以電流不變」等較為高階的推理，但大致來說，教學前後各推理層級的變化不大。

## 事件 2-4 燈泡串聯，燈泡亮度變化的概念分析與推理層級分析：

### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 2-4「燈泡串聯，燈泡亮度的變化」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.19：

表 4.3.19 事件 2-4 科學概念敘述性統計

2-4 燈泡串聯，燈泡亮度的變化？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	13	12.26	5	4.72
一、直觀的觀察或想法				
1.燈泡變兩個	14	13.21	12	11.32
2.1顆電池分給2個燈泡	8	7.55	4	3.77
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.電量平分，電量分給兩個燈泡*	10	9.43	20	18.87
2.電量不夠，電量不足	7	6.60	7	6.60
三、串聯後，電壓與電流的變化				
1.電位差不變，電位差相同	11	10.38	1	0.94
2.電位差變小*	18	16.98	14	13.21
3.電位差變成一半，電位差變成0.75V***	7	6.60	26	24.53
3.電位差變成2倍，3V	3	2.83	0	0
4.電流變大	0	0	1	0.94
5.電流平分	3	2.83	2	1.89
四、能量的關係				
1.能量變小，電能變小，能量均分**	6	5.66	8	7.55
五、其他				
1.燈泡變暗	0	0	2	1.89
2.燈泡變亮	0	0	1	0.94
3.電阻變大了**	2	1.89	1	0.94
4.用『燈泡串聯』帶過，沒有詳加解釋。	3	2.83	1	0.94
5.以前學過了	1	0.94	1	0.94
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在燈泡串聯對燈泡亮度影響的科學概念中，其概念屬性為抽象與階層，因此在教學事件的設計上，仍是採用類比推理，利用水車的串聯來類比燈泡串聯，抽水機仍是類比電池，經過影片與動畫的解說，在配合主概念與類比物的連結對照表，期望學生在經歷教學事件後，能夠具備正確的燈泡串聯概念。

其次，經過學習事件 2-2 之後，學生已經可以具備電池提供能量以及串聯的概念，故在本學習事件之前，學生應該能根據已知推測電池所提供的電位差，被兩個燈泡所使用，故每個燈泡可以分到的電位差降低。

根據表 4.3.19 當中，我們可以發現在教學前已有 16.98% 的學生具有「電壓變小」的概念，且 6.60% 的學生甚至能夠採用「電壓均分」、「燈泡電壓變成 0.75V」等高階概念來作為理由，而採用「電壓不變」之錯誤理由的有 10.38%，但在經過教學事件之後，錯誤理由的百分比大大降低為 0.94%，而屬於高階推理能力的「電壓均分」科學概念，大大提升為 24.53%。

使用「非相關答案」與「直觀的觀察或想法」的學生，在經過教學事件之後均有下降，其中「非相關答案」下降最多，從 12.26% 下降到 4.72%，而屬於「直觀的觀察或想法」也從 20.76% 下降到 15.09%。

由以上的統計結果顯示，此教學事件之設計，可以協助學生概念的建構，讓學生從不正確或不完整的概念，逐漸轉換成完整且正確的科學概念。

## (二) 教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件 2-4 「燈泡串聯，燈泡亮度變化」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.20，根據其統計結果顯示卡方檢定達顯著水準 ( $\chi^2=164.13, p=0.000, \omega=1.24$ )。

表 4.3.20 主題二事件 2-4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後							總和	$X^2$	$\omega$
	G0	G1	G2	EL1	J1	J2	EX1			
G0	4			4	2			10		
G1	1	9		5	3			18		
G2		1	1					2		
EL1	1	5		25	11		3	45		
J1	1			2	13	2	3	21		
J2					1			1		
EX1		1			1		7	9		
總和	7	16	1	36	31	2	13	106	164.13***	1.24***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

而教學前後的推理層級的變化當中，使用推理層級屬於低階的概述(G)，如「兩顆燈泡」等，從 30 人降到 24 人，較多學生於教學後，能夠轉而採用推理層級屬於高階的

辯證(J)，如「燈泡串聯，電壓均分」或者是「燈泡串聯，能量均分」等，從原來的 22 人增加到 33 人，而屬於最高階推理能力的解釋(EX)，例如「燈泡串聯，電壓變小，因此電流也變小，或者是能量也變小」等，也於教學事件之後，從 9 人增加到 13 人。

由以上分析結果得知，此教學事件的設計，對於提升學生推理能力，是有助益的。

## 事件 2-5 燈泡並聯，燈泡亮度變化的概念分析與推理層級分析：

### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 2-5「燈泡並聯，燈泡亮度的變化？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.21：

表 4.3.21 事件 2-5 科學概念敘述性統計

2-5 燈泡並聯，燈泡亮度的變化？	前測理由		後測理由	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	8	7.55	9	8.49
一、直觀的觀察或想法				
1.有兩個燈泡	1	0.94	0	0
2.電路接法，如一個電池分給兩個燈泡	8	7.55	2	1.89
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.電量平分	3	2.83	1	0.94
2.電量與一個電池相同，電量不變*	2	1.89	4	3.77
三、並聯後，電壓與電流的變化				
1.電位差不變，1.5V***	52	49.06	66	62.26
2.電位差變小，0.75V	4	3.77	0	0
3.電流不變***	0	0	1	0.94
4.電流變小，變 1/2，電流平分給兩個燈泡	1	0.94	0	0
四、能量的關係				
1.能量變小，能量均分	4	3.77	1	0.94
2.能量不變***	1	0.94	1	0.94
3.能量加倍	1	0.94	0	0

(接續下頁)

2-5 燈泡並聯，燈泡亮度的變化？	前測理由		後測理由	
	次數	百分比	次數	百分比
五、其他				
1.燈泡亮度沒有變化	2	1.89	1	0.94
2.燈泡亮度變亮了	1	0.94	2	1.89
3.電阻變大	1	0.94	0	0
4.電阻不變	0	0	1	0.94
5.用『燈泡並聯』帶過，沒有詳加解釋。	16	15.09	15	14.15
6.從老師，或網頁的影片中學到的	1	0.94	2	1.89
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在本教學事件當中，因為其概念屬性仍屬於抽象與階層，故依然是利用類比推理，作為教學事件的設計主軸，利用水車並聯來類比燈泡並聯，利用抽水機來類比電池，透過影片與動畫的解說，以及主概念與類比物的連結對照表，希望學生在經過教學事件之後，能夠具備「燈泡並聯，電壓不變」的科學概念。

根據表 4.3.21，在本教學事件之前，已經有 49.06% 的學生具備「燈泡並聯，電位差不變」的概念，其原因可能在於學生在教學事件 2-3 當中，已經獲得「並聯對電壓大小影響」的概念，故學生於本教學事件進行之前，大多能根據並聯概念，對燈泡並聯其電壓的變化進行推論，故在本教學事件進行之前，此概念的使用率就接近五成，而教學之後亦有所提升，使用率升高到 62.26%。

另外，在本教學事件之前，採用直觀觀察或想法的學生有 8.49%，在教學事件之後大幅度降到 1.89%，而用「因為燈泡並聯」簡單帶過，並沒有詳加說明的學生，在教學事件後也沒有太大的改變(從 15.09% 降為 14.15%)。

由以上的概念分析結果可知，在經過本教學事件之後，使用錯誤或質樸概念的學生人數，於教學之後有所降低，而有更多的學生於教學後，能逐漸具備此完整概念，表示本教學事件對於學生的概念學習，仍有一定的幫助。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件 2-5 「燈泡並聯，燈泡亮度變化？」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.22，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=174.99, p=0.000, \omega=1.28$ )。

表 4.3.22 主題二事件 2-5 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後							總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	J1	J2	EX1			
G0	5		1		4			10		
G1		5	1		4			10		
EL1	1	2	19	1	5	1	2	31		
J1	2		2		43	2		49		
J2						1		1		
EX1					2		3	5		
總和	8	7	23	1	58	4	5	106	174.99 <sup>***</sup>	1.28 <sup>***</sup>

1.  $\chi^2$  值： \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值： \* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ； \*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ； \*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

在經過事件2-2、2-3與2-4之後，學生在教學事件2-5進行之前，大部分都具備了串聯、並聯的概念，故在推理層級的分析當中，教學事件前，使用概述(G)的人數就不多，而在教學事件之後，使用概述(G)的人數是呈現下降的，從20人微微下降到15人，而使用高階推理層級辯證(J)的人數，於教學事件之前就佔大多數，但於教學事件之後，也有小部分的提高，從原有的50人增加到62人。

### (三)小結

根據教學事件 2-1 到 2-5 的科學概念敘述統計表中，將所有的概念加以歸納整理，如表 4.3.23，在表中我們可以發現，經過網路雙重情境教學之後，教學前學生採用的非相關理由與錯誤概念，在教學後百分比大部分都有降低的趨勢，而屬於電學的正確科學概念，在教學後都有明顯的增加，因此由此可知，本教學事件的設計對學生電壓概念的建構，有其助益。

表 4.3.23 教學事件 2-1 到 2-5 學生採用之科學概念統整表

教學事件	非相關理由		錯誤概念		部分正確		正確概念	
	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)
1.電池如何讓燈泡發光	13.21	6.60	25.48	32.07	55.65	32.09	5.66	29.24
2.電池串聯，燈泡亮度？	3.77	3.77	22.63	10.37	18.88	12.27	54.72	73.59
3.電池並聯，燈泡亮度？	5.66	3.77	34.89	18.86	3.79	5.67	55.66	71.70
4.燈泡串聯，燈泡亮度？	12.26	4.72	47.17	30.17	33.97	40.58	6.60	24.53
5.燈泡並聯，燈泡亮度？	7.55	8.49	40.54	23.58	1.89	3.77	50.91	64.14

就主題二電壓概念，根據學生在五個教學事件，共 530 次的推理當中，所用的推理



層級整理如表 4.3.24，其統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=838.99, p=0.000, \omega=1.26$ )。

表 4.3.24 主題二所有教學事件概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

教學前	教學後									$\chi^2$	$\omega$	
	G0	G1	G2	EL1	EL2	J1	J2	EX1	總和			
G0	15	2		10		6				33		
G1	2	23		23	2	12				62		
G2		1	1	1						3		
EL1	4	13		233	6	36	3	5		300		
EL2				3	1	2				6		
J1	3	4		10	1	84	5	3		110		
J2						1	1			2		
EX1		1				3		10		14		
總和	24	44	1	280	10	144	9	18	530	838.99***	1.26***	

1.  $\chi^2$  值：\*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ , \*\*\*  $p<0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega$ =small；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega$ =medium；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega$ =large

我們可以發現在教學前，在所有教學事件中使用概述(G)的次數有 98 次(18.5%)，而經過電學網路雙重情境教學之後，使用概述(G)的次數下降為 69 次(13.0%)，且使用較高推理層級來進行推理的次數也增加了，其中使用辯證(J)推理層級的次數加最多，從 112 次(21.1%)增加到 153 次(28.9%)，而使用解釋(EX)推理層級的次數，也從 14 次(2.6%)微微的增加到 18 次(3.4%)。其主要的原在於學生在電學網路雙重情境的學習中，所有的教學事件之設計，主要針對抽象、微觀與階層的概念屬性為基礎，再以類比推理為教學事件設計之主軸，其中包括問題、類比物的設計(抽水機類比電池，水車類比燈泡)、動畫、影片與概念連結對照表等，主要的目的在於協助學生獲取正確的知識，因此經過教學事件之後，學生能夠從前測問題所採用的直觀或質樸理由，推理層級屬於較低層次的概述(G)，逐漸轉換成較為高階的推理技巧辯證(J)與解釋(EX)。

### 主題三 電流

#### 事件 3-1 電子穿越導線的概念與推理層級分析：

##### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 3-1「電子如何通過導線？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.25：

表 4.3.25 事件 3-1 科學概念敘述性統計

3-1 電子如何通過導線？	前測理由		後測理由	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	28	26.42	8	7.55
一、直觀的觀察或想法				
1.導線可以導電	2	1.89	1	0.94
二、電子的特性				
1.電子可以移動，電子可以亂跑，電子可以自由移動，電子移動路線不規則*	10	9.43	4	3.77
2.電子的特性，如有帶電，體積很小等等*	6	5.66	17	16.04
三、導線微觀的概念或想法				
1.導線內部是空的	1	0.94	5	4.72
2.導線有電阻，導線有阻礙*	2	1.89	2	1.89
3.碰撞的方式通過**	31	29.25	4	3.77
4.直接穿越，或直接通過，或從間隙通過**	12	11.32	4	3.77
5.碰撞與直接穿越都有***	10	9.43	57	53.77
四、其他				
1.同性相斥，異性相吸	3	2.83	3	2.83
2.與電流方向一樣	1	0.94	1	0.94
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

教學事件 3-1 主要是教授「電子如何通過導線」的概念，而此概念的屬性是屬於微觀、抽象與過程，故在本教學事件當中，我們利用顏色大小不一保麗龍球，去模擬導線內電子與導線內原子電子的交互作用，再用動畫解釋，希望藉由具觀影片與動畫的觀賞與解說，協助學生建構『電子穿越導線』的科學概念。

根據表 4.3.25 之中，我們可以發現教學事件之前，大多數的學生具有碰撞的概念 (29.25%)與自由電子的概念(9.43%)，其主要的原因可能在於國二已經學過原子的概念，學生知道原子周圍有自由電子，再加上主題一靜電，學生有學過的導體概念，因此不難想像到導線內有原子，還有很多的自由電子，所以當電子要通過導線時，肯定會有碰撞，但經過本事件的類比教學之後，屬於不完整的碰撞概念，有幅度的降低了(變成 3.77%)。

另外，在教學事件之前，採用非相關理由進行回答的百分比為 26.42%，但經過網路雙重情境教學之後，大幅度降低至 7.55%；相反地，採用「碰撞與直接穿越」之正確概念的百分比，也從 9.43%大幅度提高至 53.77%，可見此教學事件的設計，對具有抽象、微觀與過程特性的「電子穿越導線」概念之建構，有非常大的成效。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在事件3-1「電子如何通過導線？」中，其回答之推理層級分析統計如表4.3.26，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=26.46, p=0.002, \omega=0.50$ )，而教學事件之前，學生大多能根據其具有的先備知識，進行問題的回答，因此多數採用「碰撞通過」的科學概念，但經過教學事件3-1影片與動畫教學後，大部分的學生均能正確回答，其中與題目無關或無意義回答的G0，從教學前的19人，降低到教學後的4人，而教學前後，概念層級為EL2的學生人數，從教學前原有的13人，大幅度的增加到教學後的58人。

由以上的分析結果顯示，本教學事件的設計，對於學生的推理能力之增進，有實質上的協助。

表 4.3.26 主題三事件 3-1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	總和		
G0	2	7	1	9	19		
G1		4	4	2	10		
EL1	2	10	18	34	64		
EL2				13	13		
總和	4	21	23	58	106	26.46**	0.50***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

## 事件 3-2 電池串聯，流經燈泡的電流變化的概念與推理層級分析：

### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 3-2「電池串聯，通過燈泡的電流大小？」的科學概念進行

歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.27：

表 4.3.27 事件 3-2 科學概念敘述性統計

3-2 電池串聯，流經燈泡的電流大小？	前測理由		後測理由	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚或直覺等等。	13	12.26	8	7.55
一、直觀的觀察或想法				
1.電池變多，電池多加一個，電池數目不一樣	29	27.36	18	16.98
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.電變多了，電量變多*	13	12.26	13	12.26
2.電量變小，電量降低	1	0.94	0	0
三、電池串聯，電壓、電流的解釋				
1.電流不變	4	3.77	0	0
2.電流變大***	15	14.15	14	13.21
3.電流變小	1	0.94	1	0.94
4.電位差變大或加倍，電位差變成 3V***	16	15.09	33	31.13
5.電位差不變	1	0.94	0	0
四、能量的關係				
1.能量變多，能量加倍***	3	2.83	8	7.55
五、其他				
1.用『電池串聯』帶過，沒有詳加解釋。	9	8.49	7	6.60
2.電池內有內電阻	0	0	1	0.94
3.看影片	1	0.94	3	2.83
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

教學事件 3-2 的設計，因為其概念的屬性是屬於抽象、微觀、過程與階層，因此仍是以類比推理為設計主軸，利用抽水機串聯類比為電池串聯，水車類比為燈泡，而通過水車的水流速度類比為通過燈泡的電流，透過實驗影片實際觀察到抽水機串聯，水車轉動速度變快，可以知道單位時間通過的水流量變多了，再透過動畫解釋，讓學生類比推理到電池串聯，通過燈泡的電流變大。

根據表 4.3.27 中，我們可以發現在教學之前，學生採用的理由大多為「非相關理由」

(12.26%)、「電變多」的質樸概念(12.26%)，以及「直觀想法—電池變成兩個」(27.36%)，而採用「電流變大」正確理由的在教學前已有 14.15%，可見採用此概念的學生，於教學事件進行前，已對此概念有初步的瞭解。

從學生使用「電壓變大」與「能量變大」來看，有部分的學生已經具備「電池串聯對電壓影響」的概念，其原因可能是課後補習，也有可能是經過主題二事件 2-2 之後，部分學生或許能根據已知的電池串聯，造成電壓增大，能量也跟著增大，接下來只需再推論能量對通過燈泡的電流影響即可，而這些學生當中，在教學前較少具有倍率的概念，但經過事件 3-1 的教學後，大部分的學生就能根據電池串聯，電壓變為原來的兩倍，也就是 3V，因此可以推理到通過燈泡的電流也會加倍。

而教學事件之後，屬於低階推理的「非相關理由」降至 7.55%，「直觀想法—電池變成兩個」也大幅度降至 16.98%，而「電池串聯，電壓變大」導致電流變大的完整正確概念，從教學前的 15.09%大幅度提升到 31.13%，由此結果可以推論，本教學事件的類比推理設計，對於學生「電池串聯，通過燈泡電流大小」的概念建構，有顯著的助益。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在事件 3-2「電池串聯，流經燈泡的電流變化？」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.28，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=235.07, p=0.000, \omega=1.49$ )。

表 4.3.28 主題三事件 3-2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後							總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	J1	J2	EX1	EX2			
G0	5	1		4				10		
G1	3	13	4	4	1	1		26		
EL1			14	9		4		27		
J1		2	1	15	1			19		
EX1	2		2	3		16		23		
EX2							1	1		
總和	10	16	21	35	2	21	1	106	235.07***	1.49***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

在學習事件之前，從學生的概念統計中可知，教學前約有三分之一的學生採用「非相關理由」或「直觀的觀察或想法」來進行問題的回答，這兩個理由在推理層級上，是屬於較為低階的概述(G)，因此表 4.3.28 顯示在教學前，有 36 人使用概述(G)來進行概念

的解釋，但於教學之後，使用概述(G)的人降低為 26 人；而使「電壓變大」與「電流變大」等，推理層級屬於辯證(J)的人數，也從教學前的 19 人，大幅度增加到教學後的 37 人，約為教學前的 2 倍；而具有倍率概念的「電壓加倍因此電流加倍」，推理層級屬於解釋(EX)的學生人數，教學前後沒有太大的差異。

從以上的結果顯示，本教學事件的設計，對學生在「電池串聯對電流大小影響」的科學推理能力上，能協助學生從低階的推理層級逐漸轉換到較為高階的推理層級，也就是經過此教學事件之後，學生的科學推理能力能夠有所增加。

### 事件 3-3 電池並聯，流經燈泡的電流變化的概念與推理層級分析：

#### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 3-3「電池並聯，流經燈泡的電流大小？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.29：

表 4.3.29 事件 3-3 科學概念敘述性統計

3-3 電池並聯，流經燈泡的電流大小？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚或直覺等等。	7	6.60	7	6.60
一、直觀的觀察或想法				
1.電池有兩個	7	6.60	3	2.83
2.電池排列的問題，電路的問題	0	0	1	0.94
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.電量相同*	5	4.72	3	2.83
2.電量變少了	1	0.94	0	0
三、電池串聯，電壓、電流的解釋				
1.電壓不變，電位差不變***	38	35.85	45	42.45
2.電壓變大	2	1.89	0	0
3.電流不變***	7	6.60	9	8.49
4.電流變小	3	2.83	0	0
5.電流變大	4	3.77	4	3.77

(接續下頁)

3-3 電池並聯，流經燈泡的電流大小？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
四、能量的關係				
1. 能量一樣，或是電能一樣 <sup>***</sup>	5	4.72	11	10.38
2. 能量變多，電能變多	1	0.94	0	0
3. 能量變小了	1	0.94	0	0
五、其他				
1. 用『電池並聯』帶過，沒有詳加解釋。	23	21.70	16	15.09
2. 電池內部有阻力	1	0.94	1	0.94
3. 看影片，看動畫	1	0.94	6	5.66
總計	106	100.00	106	100.00

註：<sup>\*</sup>越多代表概念正確度越高，<sup>\*\*\*</sup>代表完全正確。

在教學事件 3-3 之中，由於此概念屬性仍是具有抽象、微觀與階層等特性，故在教學事件的設計上，仍是以類比推理為設計主軸，在教學事件上，利用抽水機並聯類比電池並聯，利用水車類比燈泡，而單位時間通過水車的水流量類比為通過燈泡的電流量，透過抽水機並聯，具體的觀察水車轉動的速度，另外加上動畫配合解說，最後再提供主概念與類比物的對照連結表，讓學生能夠依據具體的水車實驗觀察結果，並配合概念與類比物的對照，自己建構出「電池並聯，通過燈泡電流大小不變」的抽象概念。

而教學事件 2-3，已經教授過「電池並聯，電壓不變」的概念，再加上教學事件 3-2，學生大多已經學過「電壓越大，電流就越大」的概念，因此在本教學事件之前，不難看出「電池並聯，電壓不變」的科學概念使用率偏高，有 35.85%，而於教學事件之後，其使用百分仍可增加到 42.45%。而屬於較高階推理層級的能量概念，在教學前有 4.72% 的學生採用此概念，而教學事件之後，採用此概念的學生亦有提升到 10.38%。

從以上的分析結果可知，在本教學事件的設計上，能夠讓學生於教學後，概念趨向正確與完整，建構出「電池串聯，通過燈泡的電流變大」之概念，因此可知類比推理的設計對學生建構此電學概念是有所助益的。

## (二) 教學前後概念的推理層級分析

學生在事件 3-3 「電池並聯，流經燈泡的電流變化」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.30，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=176.46, p=0.000, \omega=1.29$ )。

表 4.3.30 主題三事件 3-3 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	J1	EX1	總和		
G0	5		1	4	1	11		
G1		4	1	1		6		
EL1	3	1	20	8		32		
J1	3	1	3	44	1	52		
EX1					5	5		
總和	11	6	25	57	7	106	176.46***	1.29***

1.  $\chi^2$  值：\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\*表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\*表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\*表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

而學生在教學前，因為主題二教學事件 2-3 已學過「電池並聯，對電壓的影響」，此部分在推理層級上是屬於辯證(J)，故在表 4.3.30 當中，不難看出辯證(J)在教學前即有 52 人，在經過教學之後，增加成 57 人；另外，使用倍率概念來進行回答，其推理層級屬於解釋(EX)的學生人數，從教學前的 5 人，轉變成教學後的 7 人，變化不大；最後，使用概述(G)的人數在教學前後沒有變化，仍然維持 17 人。

故從上述分析結果顯示，本教學事件對於學生推理能力的增進，其效果不如其他教學事件來的顯著。

#### 事件 3-4 燈泡串聯，流經燈泡的電流變化的概念與推理層級分析：

##### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 3-4「電燈串聯，流經燈泡的電流大小？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.31：

表 4.3.31 事件 3-4 科學概念敘述性統計

3-4 電燈串聯，流經燈泡的電流大小？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚或直覺等等。	18	16.98	11	10.38
一、直觀的觀察或想法				
1.有兩個燈泡	24	22.64	17	16.04
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.電量變小，電量被平分，電力被平分*	13	12.26	13	12.26
2.電池只有一個，電量沒有改變	4	3.77	2	1.89
3.電量不變	1	0.94	0	0

(接續下頁)



3-4 電燈串聯，流經燈泡的電流大小？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
三、電池並聯，電壓、電流的解釋				
1.電壓平分，電壓下降，電壓變成 0.75V <sup>***</sup>	7	6.60	22	20.75
2.電壓不變，1.5V	3	2.83	1	0.94
3.電壓變大了，3V	1	0.94	2	1.89
4.電流變小，電流變成一半 <sup>***</sup>	12	11.32	18	16.98
5.電流不變，通過燈泡的電流大小一樣	3	2.83	0	0
6.電流變大	2	1.89	2	1.89
四、能量的關係				
1.能量被平分 <sup>***</sup>	6	5.66	9	8.49
2.能量沒有改變	2	1.89	0	0
3.需要更多的能量	2	1.89	0	0
五、其他				
1.用『電池串聯』帶過，沒有詳加解釋。	5	4.72	5	4.72
2.電阻變大	1	0.94	1	0.94
3.電池內部有阻力	1	0.94	0	0
4.看影片，看動畫	1	0.94	3	2.83
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在此教學事件當中，概念屬性與前面的教學事件相同，故設計上仍採用類比推理，在教學事件的設計上，主要是利用抽水機類比電池，利用水車串聯類比燈泡串聯，而單位時間通過水車的水流量類比為通過燈泡的電流量，再根據實際水車實驗的影片拍攝，觀察水車串聯後轉速變慢，並透過動畫解說，以及主概念與類比物的連結對照表，協助學生類比推理到串聯的燈泡上，自己建構出「燈泡串聯，電壓減半，因此通過燈泡的電流變小」的正確概念。

根據表 4.3.31 當中，在教學前採用「非相關理由」有 16.98%，採用「直觀觀察或想法」的有 22.64%，而經過教學事件之後，採用「非相關理由」降低到 10.38%，而採用「直觀觀察或想法」降低到 16.04%，顯示教學事件的設計，有助於學生修正錯誤且不完整的概念。

教學前採用「電壓平分或減半」的有 6.60%，甚至採用「電流減半」理由的有 11.32%，

其原因或許是學生因為課後補習，已經事先接觸過，也有可能是主題二教學事件 2-4 中，已經教授過「燈泡並聯，電壓減半」的概念，因此再加上事件 3-2 也教授過「電壓對電流影響」的概念，所以經過以上一連串的教學事件，學生有能根據這些概念，自己推理或推測出「燈泡串聯，電壓減半，因此通過燈泡的電流減半」的正確概念，故教學事件之後，屬於正確概念的「電壓減半」，則從教學前原有 6.60%，大幅度的增加到 20.75%，「電流減半」也從原有的 11.32%增加到 16.98%，而「能量均分」屬於較高階能量的概念，也從原有的 5.66%些微的增加到 8.49%。

根據以上的分析結果，故我們可以知道經過網路雙重情境教學之後，學生電學概念的建構是逐漸趨於正確且完整。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件 3-4「燈泡串聯，流經燈泡的電流變化」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.32，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=254.43$ ,  $p=0.000$ ,  $\omega=1.55$ )。

表 4.3.32 主題三事件 3-4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後							總和	X <sup>2</sup>	ω
	G0	G1	EL1	J1	J2	EX1	EX2			
G0	6	1		4		4		15		
G1	4	23		2		4		33		
EL1		2	14	3		5		24		
J1	1		1	12	1	3		18		
EX1	1		1			13		15		
EX2							1	1		
總和	12	26	16	21	1	29	1	106	254.43***	1.55***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ , \*\*\*  $p<0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega$ =small；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega$ =medium；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega$ =large

主題二學生已學過燈泡串聯對電壓的影響，但是對於某些學生還是無法建構正確的概念，仍然以「非相關理由」或「直觀的觀察或想法」，其推理層級屬於低階的概述(G)來進行回答，例如回答因為電路上有兩個燈泡等，但經過教學之後，使用概述的人數降低了，從原有的 48 人降為 38 人，使用辯證(J)的人，如「電池串聯，電壓變大或電流變大」等，從教學前的 18 人增加到教學後的 22 人，變化不大。而採用倍率概念，也就是推理層級屬於高階的解釋(EX)，如「燈泡串聯，電壓減半或能量減半，故電流也減半」等，在教學前約有 16 人，但於教學後增加到 30 人，可以明顯的看出推理能力的增加。

### 事件 3-5 燈泡並聯，流經燈泡的電流變化的概念與推理層級分析：

#### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 3-5「電燈並聯，流經燈泡的電流大小」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.33：

表 4.3.33 事件 3-5 科學概念敘述性統計

3-5 電燈並聯，流經燈泡的電流大小	前測理由		後測理由	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	16	15.09	10	9.43
一、直觀的觀察或想法				
1.燈泡有兩個	2	1.89	1	0.94
2.只有一顆電池	1	0.94	1	0.94
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.電量被平分	4	3.77	0	0
2.電量相同，電力相同*	9	8.49	10	9.43
三、電池串聯，電壓、電流的解釋				
1.電壓變大	1	0.94	0	0
2.並聯，電位差不變***	35	33.02	51	48.11
3.電位差變小	1	0.94	1	0.94
4.電流變大	2	1.89	2	1.89
5.電流不變，1A***	12	11.32	13	12.26
6.電流變小，電流被平分，0.5A	3	2.83	1	0.94
四、能量的關係				
1.能量不變***	5	4.72	3	2.83
五、其他				
1.用『電池並聯』帶過，沒有詳加解釋。	12	11.32	9	8.49
2.燈泡比串聯時的還要亮	2	1.89	0	0
3.看影片	1	0.94	4	3.77
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

教學事件 3-5，因其概念屬性的關係，依然以類比推理為教學設計的主軸，來協助學生進行概念的建構，其教學事件的設計採用將抽水機類比為電池，水車並聯類比為燈泡並聯，而單位時間通過水車的水流量類比為通過燈泡的電流量，在根據實際水車實驗的影片拍攝，觀察水車並聯後，其轉速不變，再透過動畫解說，以及主概念與類比物的

連結對照表，協助學生類比推理到並聯的燈泡上，讓學生奠基於具體的觀察，且配合概念與類比物的連結，自行推理建構出「燈泡並聯，電壓不變，電流亦不變」的正確概念。

根據表 4.3.33 中，教學前採用「非相關理由」的有 15.09%，令人驚訝的是，採用「電壓不變」的百分比高達 33.02%，表示在教學事件之前，學生對並聯的概念，已經有某種程度上的瞭解，其原因可能是課後補習學習過，也有可能在主題二與主題三一連串的教學事件下來，學生對於並聯的概念瞭解度已慢慢增加，因此可以在教學事件前，就運用「電壓不變」的正確概念來進行推理，而教學事件之後，此概念的使用百分率更大幅度的增加到 48.11%，表示此教學事件的設計，對於學生的概念建構有很大助益。

值得注意的是教學前「電流不變」雖有 11.32%，教學後也有 12.26%，概念雖然看似正確，但第二章文獻探討中，Psillos, Koumaras, & Tiberchien(1988)及 Licht(1991)所提出的「電池提供定值電流」的迷思概念，也就是學生認為不論電路的電阻如何變化，電池提供的電流大小相同，在本事件的回答上，無法看出來學生是否具有此迷思概念。但根據第二節的前測訪談中，有部分的學生雖然可以知道燈泡並聯，電流大小與一個電池的相同，但若改問「此時電池提供的電流大小為多少？」，為數不少的學生認為不管燈泡怎樣接，電池提供的電流大小仍是定值，故會與之前的推理產生矛盾，造成概念銜接上的困難，甚至會影響之後電阻概念的學習，故此部分也是之後研究者更需特別加以強調與釐清的部分。



## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在教學事件3-5「燈泡並聯，流經燈泡的電流變化」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表4.3.34，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=242.89, p=0.000, \omega=1.51$ )。

表 4.3.34 主題三事件 3-5 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	J1	J2	EX1		
G0	8	2		3			13	
G1	1	6	2	6			15	
EL1	2	2	23	11			38	
J1	1		3	29			33	
J2		1			3		4	
EX1		1				2	3	
總和	12	12	28	49	3	2	106	242.89***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

但仍有不少學生還是採用「非相關理由」進行回答，或是採用「燈泡並聯」簡單帶過，所以教學前的推理層級大多為概述(G)與精緻化(EL)，依次有28人與38人，但經過教學事件之後，兩者均些微下降，依次為24人與28人。

在教學事件3-5進行之前，因為主題二教學事件2-5已經有教授過燈泡並聯的概念，故大部分學生均能夠說出兩個燈泡「電壓一樣」、「能量一樣」或是「通過燈泡的電流大小一樣」，故推理層級屬於辯證(J)的人數有大幅度增加，從原有的37人到教學後的52人，表示在經過教學事件的教學之後，大部分的學生均能夠建立正確且完整的概念，且使用較為高階的推理來進行理由的回答。

### (三)小結

根據教學事件 3-1 到 3-5 的科學概念敘述統計表中，將所有的概念加以歸納整理，如表 4.3.35，在表中我們可以發現，經過網路雙重情境教學之後，教學前學生採用的非相關理由與錯誤概念，在教學後其百分比大部分都有降低的趨勢，而屬於電學的正确科學概念，在教學後都有明顯的增加，因此由此可知，本教學事件的設計對學生電流概念的建構，有其助益。

表 4.3.35 教學事件 3-1 到 3-5 學生採用之科學概念統整表

教學事件	非相關理由		錯誤概念		部分正確		正確概念	
	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)
1.電子如何通過導線？	26.42	7.55	6.60	9.43	57.55	29.24	9.43	53.78
2.電池串聯，通過燈泡的電流大小？	12.26	7.55	43.38	28.29	12.26	12.26	32.10	51.90
3.電池並聯，通過燈泡的電流大小？	6.60	6.60	41.49	29.23	4.72	2.83	47.19	61.34
4.燈泡串聯，通過燈泡的電流大小？	16.98	10.38	47.16	31.14	12.26	12.26	23.60	46.22
5.燈泡並聯，通過燈泡的電流大小？	15.09	9.43	27.35	17.91	8.49	9.43	49.07	63.23

就主題三電流主題的五個教學事件，共 530 次的問題推理當中，針對學生回答概念問題，所使用的推理層級進行統整，其推理層級總整理如表 4.3.36，由表的數據顯示，教學前在所有教學事件中使用概述(G)的次數有 158 次(29.8%)，而經過電學網路雙重情境教學之後，使用概述(G)的次數下降為 130 次(24.5%)，而使用較高推理層級的次數增加，其中使用辯證(J)推理層級的次數增加最多，從 126 次(23.8%)增加到 168 次(31.7%)，

而使用解釋(EX)推理層級的人，也從原有的 48 次(9.1%)增加到 61 次(11.5%)。

表 4.3.36 主題三所有教學事件概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

教學前	教學後								總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	J1	J2	EX1	EX2			
G0	26	11	2	9	15		5		68		
G1	8	50	11	2	13	1	5		90		
EL1	7	15	89	34	31		9		185		
EL2				13					13		
J1	5	3	8		100	2	4		122		
J2		1				3			4		
EX1	3	1	3		3		36		46		
EX2								2	2		
總和	49	81	113	58	162	6	59	2	530	1493.39 <sup>***</sup>	1.68 <sup>***</sup>

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ； \*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ； \*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

其主要的的原因在於學生在電學網路雙重情境的學習中，所有的教學事件之設計，包括問題、類比物的設計(抽水機類比電池、水車類比燈泡，以及水的流速類比電流大小)、動畫、影片與概念連結表等設計，這一連串的設計與事件，主要目的在於協助學生獲取正確的知識，因此教學事件後，大多數的學生回答問題所根據的理由，均能從前測的直觀或質樸理由，其推理層級屬於較低層次的概述(G)，逐漸轉換成較為正確且完整的科學概念，其屬於較高階推理技巧的辯證(J)與解釋(EX)，故可知雙重情境教學，對學生電學概念的學習，以及推理能力的增進，有一定的助益。

## 主題四 電阻

### 事件 4-1 電阻對電流大小影響的概念與推理層級分析：

#### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 4-1「有無燈泡對電流大小的影響？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.37：

表 4.3.37 事件 4-1 科學概念敘述性統計

4-1 有無燈泡對電流大小的影響？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	34	32.08	22	20.75
一、直觀的觀察或想法				
1.電路問題的分析，例如：多跑一個地方，接觸不良等等。	2	1.89	1	0.94
2.多了燈泡	2	1.89	0	0
3.有障礙，有阻力、有阻礙*	23	21.70	20	18.87
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.還是可以通電	1	0.94	1	0.94
2.燈泡會消耗電力*	1	0.94	4	3.77
三、電壓、電流與電阻的關係				
1.電位差不變	2	1.89	0	0
2.電位差變小	2	1.89	4	3.77
3.電流變小了***	12	11.32	26	24.53
4.電流沒變化，電流沒改變	4	3.77	3	2.83
5.有電阻，電阻變大了***	17	16.04	20	18.87
四、能量的關係				
1.電流會給燈泡能量***	1	0.94	0	0
2.能量變小	2	1.89	1	0.94
五、其他				
1.會影響燈泡的亮度	1	0.94	0	0
2.剛剛學過了，或剛剛看過影片了	2	1.89	4	3.77
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在教學事件 4-1 當中，電阻的成因其概念屬性為微觀與過程，因此在教學事件的設

計上，亦是採用類比推理為主軸，將抽水機類比為電池，海綿類比為燈泡電阻，藉由實際實驗影片，觀察染色水在有無海綿的狀況下，比較海綿對水流速度的影響，再經由動畫解說，並搭配主概念與類比物的連結概念表，讓學生根據實際的影片內容，能夠自行對電阻概念進行類比推理，進而建構正確的電阻概念。

在教學事件進行之前，採用「非相關理由」的學生有 32.08%，而屬於「直觀的觀察或想法」，如「有阻礙、有阻力」的有 21.70%，而教學事件後，採用「非相關理由」的學生大幅度降低到 20.75%，而使用「有阻礙、有阻力」質樸概念的學生只有些微的下降到 18.87%。

而教學前，採用「電流變小」的有 11.32%，其可能原因在於教學事件 3-4 之中，學生觀察到燈泡串聯之後電流變小，故學生不難推測，一個燈泡的電流當然比沒有燈泡的電流還要小，而經過教學事件之後，採用此理由的學生百分比也從原有的 11.32% 大幅度的提升到 24.53%，顯示此教學事件之設計，對學生電阻概念學習的是有一定助益的。

令人訝異的是教學前採用「有電阻、電阻變大」的學生有 16.04%，在教學之後更提升到 18.87%，學生在教學前使用「電阻」這個科學名詞來解釋，表示在教學事件之前，學生可能接觸過電阻概念，對於此概念已有某種程度上的瞭解，但無法從此回答觀察出學生是否具有正確且完整的電阻概念。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件 4-1「電阻對電流大小影響」中，學生回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.38，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=35.70, p=0.000, \omega=0.58$ )。

表 4.3.38 主題四事件 4-1 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	J1	總和		
G0	6	8	7		21		
G1	1	20	11	1	33		
EL1	2	10	31	7	50		
J1			1	1	2		
總和	9	38	50	9	106	35.70***	0.58***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

在本題的回答當中，大部分學生採用「非相關答案」或非科學的質樸概念來進行理由的回答，故教學前使用低階推理層級概述(G)的，有約有總人數的一半，共 54 人，而教學之後，雖然使用概述(G)的人數變化不大，仍有 47 人，但從表 4.3.38 中，我們可以



發現使用最低推理層級，也就是 G0 的人數，從教學前的 21 人降低到教學後的 9 人，這說明了教學事件的設計，能夠讓某些學生增加少許的推理能力，而不是以「不知道」或「不清楚」來進行問題的回答。另外能夠使用解釋(EX)，屬於較為高階的推理層級的人數，從原有的 2 人增加到 9 人。

從以上的分析結果顯示，本教學事件對於學生推理能力的提升，其效果不如其他學習事件要來的好，雖有提升但不是非常的明顯。

#### 事件 4-2 電池串聯，電壓與電流的比值之變化的概念與推理層級分析：

##### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 4-2「電池串聯，電壓與電流的比值是否改變？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.39：

表 4.3.39 事件 4-2 科學概念敘述性統計

4-2 電池串聯，電壓與電流的比值是否改變？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	25	23.58	24	22.64
一、直觀的觀察或想法				
1.電池變成兩個	20	18.87	13	12.26
2.沒有阻礙	1	0.94	1	0.94
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.電量不同，電變多，電池串聯，電力變大*	20	18.87	10	9.43
三、電池串聯，電壓、電流、電阻的關係				
1.電壓增加**	10	9.43	14	13.21
2.電壓變成兩倍**	2	1.89	4	3.77
3.電位差不變	2	1.89	1	0.94
4.電流增大**	10	9.43	5	4.72
5.電流變成兩倍**	1	0.94	2	1.89
6.電流變小	2	1.89	0	0
7.電流大小不變	1	0.94	0	0
8.電阻不變***	2	1.89	4	3.77

(接續下頁)

4-2 電池串聯，電壓與電流的比值是否改變	前測理由		後測理由	
	次數	百分比	次數	百分比
四、能量的關係				
1. 串聯能量增加**	1	0.94	2	1.89
五、歐姆定律				
1. 歐姆定律***	0	0	3	2.83
2. 電位差改變，可是比值不變**	1	0.94	2	1.89
3. 電壓與電流成正比，比值不變***	4	3.77	16	15.09
4. 電壓上升，電阻下降	1	0.94	0	0
5. 電壓兩倍，電流兩倍，因此兩個比值不變***	0	0	1	0.94
六、其他				
1. 以『電位差不同』帶過，沒詳加解釋。	1	0.94	0	0
2. 以『電池串聯』帶過，沒詳加解釋。	2	1.89	4	3.77
總計	106	100.00	106	100.00

註：\* 越多代表概念正確度越高，\*\*\* 代表完全正確。

在本教學事件的設計當中，主要是希望透過之前教學事件 2-2 與 3-2 的電壓與電流，來進行概念的推理，期望藉此讓學生發現電壓與電流的比值沒有發生變化，進而帶入歐姆定律，且希望讓學生體認到同一個電器的電阻，不會因電壓或電流改變而產生變化。

而在教學事件前後學生所採用的理由，我們可以發現成效不是非常的明顯，採用「非相關理由」的學生人數從原有的 23.58% 稍稍降低為 22.64%，而「直觀的觀察—有兩個電池」的人數從原有的 18.87% 降到 12.26%，使用「電量變大」質樸概念的人數從原有的 18.87% 大幅度降低到 9.43%。

使用「電壓增大」的學生比例從原有的 9.43% 增加到 13.21%，採用「電流變大」與「電流變成兩倍」的學生從原有的 10.37% 減少到 6.61%，可見學生可以單獨處理「電池串聯，電壓變大」，或者是「電池串聯，通過燈泡的電流變大」，但是卻無法再進一步處理「電壓與電流的比值」，故可以發現學生在教學事件的表現就如同第二章文獻中 Shipstone(1984) 所提到，若電路中局部的元件發生改變(例如：燈泡的串、並聯)，學生僅能根據局部做推理，無法考慮到電路整體所受的影響(例如：燈泡並聯，電阻變小，總電流變大)，另外 Liegeois & Mullet (2002) 亦提到學生無法處理兩個以上的變數，故學生在歐姆定律的處理上，無法考量兩個或兩個以上的變數，與本教學事件之分析結果相符。

但採用「歐姆定律—電壓與電流成正比，比值不變」理由的學生從原有的 3.77% 大幅度增加到 15.09%，由此可知對於某些推理能力較佳的學生，也能透過本教學事件，進行概念的複習與變數的處理，因此對某些學生的概念建構上，是有實質上的助益的。

(二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件4-2「電池串聯，電壓與電流的比值之變化？」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表4.3.40，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=143.38$ ,  $p=0.000$ ,  $\omega=1.16$ )。

表 4.3.40 主題四事件 4-2 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	J1	EX1		
G0	7		1			1	9	
G1	2	20	3		3	4	32	
EL1	2	4	35	1	2	5	49	
EL2			1				1	
J1		1	3		7	1	12	
EX1						3	3	
總和	11	25	43	1	12	14	106	143.38***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

根據學生回答此問題所採用的科學概念進行分析發現，在此題當中，根據表4.3.39的描述統計結果顯示，學生並不是全然的概念全無，大部分的學生夠能回答出電池串聯，「電量變多」或「電壓加倍」，或者是「電流加倍」，但在進行答案的選擇時，無法處理電壓與電流的比值，而經過教學事件之後，在概述(G)與精緻化(EL)的人數變化不大，明顯改變的在於解釋(EX)，約增加11人使用較高階的推理層次，如歐姆定律等等來進行解題。

事件 4-4 燈泡串聯，總電阻的變化之概念分析與推理層級分析：

(一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 4-4「燈泡串聯，總電阻大小？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.41：

表 4.3.41 事件 4-4 科學概念敘述性統計

4-4 燈泡串聯，總電阻大小？	前測		後測	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	28	26.42	30	28.30

(接續下頁)

4-4 燈泡串聯，總電阻大小?	前測理由		後測理由	
	次數	百分比	次數	百分比
一、直觀的觀察或想法				
1. 電路上的觀察，如有兩個燈泡	22	20.75	12	11.32
2. 燈泡是電阻，燈泡越多電阻越大	15	14.15	9	8.49
3. 一顆電池，分給兩個燈泡，因此電阻變小	2	1.89	0	0
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1. 電量變小*	2	1.89	2	1.89
三、電池串聯，電壓、電流、電阻的關係				
1. 串聯，電壓增加	0	0	3	2.83
2. 電壓變成 1/2	4	3.77	4	3.77
3. 電阻不影響電流大小	1	0.94	0	0
4. 電流分給兩個燈，一個 0.5A**	2	1.89	2	1.89
5. 電阻變大***	20	18.87	19	17.92
6. 電阻不變	3	2.83	5	4.72
7. 電阻變小	1	0.94	4	3.77
四、能量的關係				
1. 能量分給兩個燈泡，電阻變小**	1	0.94	2	1.89
2. 能量改變了	1	0.94	1	0.94
五、使用歐姆定律				
1. 電流=0.5A，電壓不變，電阻變大***	0	0	2	1.89
六、其他				
1. 用『燈泡串聯』帶過，並未多加解釋。	4	3.77	11	10.38
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在本教學事件的設計中，是基於教學事件 2-4「燈泡串聯，電壓均分」、3-4「燈泡串聯，通過燈泡的電流變小」以及 4-2「電阻是電壓與電流的比值」，基於以上的教學事件，學生應該很容易可以得到「燈泡串聯，總電阻增加」的概念。

但根據表 4.3.41，我們卻發現教學前使用「非相關理由」的人數有 26.42%，採用「因為有兩個燈泡」的直觀觀察的有 20.75%，採用「燈是電阻」概念的有 14.15%，只回答「電阻增加」的學生人數有 18.87%，由這些數據我們可以發現，大部分的學生在教學前概念是不完整的，就算回答「電阻變大」，但卻沒有深入的說明。

但經過教學事件之後，使用「因為有兩個燈泡」的直觀觀察，在教學後大幅度降低到 11.32%，但是採用「非相關理由」的學生人數不降反升，增加到 28.30%，回答「電阻變大」的學生人數微微下降到 17.92%，但回答錯誤的「電阻不變」或「電阻減少」的人數從教學前的 3.77%增加到教學後的 8.49%，而使用因為「燈泡串聯」，含糊帶過的學生人數也從原有的 3.77%大幅度上升到 10.38%，從以上的數據我們可以知道，有絕大部分的學生雖知道燈泡串聯讓電阻變大，但其詳細的原因卻不得而知，因此才讓使用不完整概念的比例在教學後仍未有下降的跡象。

推測其原因，可能是因為此概念的複雜程度，對國中生而言是屬於高複雜度的，細分析此教學事件學生需要具備的概念，包括觀察到燈泡串聯對電壓的影響，還要觀察到燈泡串聯對電流的影響，最後還必須要知道電阻等於電壓與電流的比值，因此概念的複雜度遠比其他教學事件還要來的高，再加上第二章文獻探討所提到的局部推理(Shipstone, 1984)與兩個以上變數處理的困難(Liegeois & Mullet, 2002)，因此不難解釋為何學生在此教學事件的表現是如此的不佳，故將來在施行此教學事件時，教學內容需要更多的引導，更多的先備知識，逐步帶領學生進行概念的推理。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在教學事件 4-4「燈泡串聯，總電阻的變化」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表 4.3.42，其統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=101.13, p=0.000, \omega=0.98$ )。

表 4.3.42 主題四事件 4-4 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後						$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	J1	EX1	總和		
G0	13	2		2		17		
G1	3	21	11	2	1	38		
EL1	3	2	33	4	1	43		
J1	1	2		5		8		
總和	20	27	44	13	2	106	101.13***	0.98***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

在本題當中，細分其所採用的科學概念發現，大部分的學生採用概述(G)的推理層級，只觀察到燈泡兩個燈泡，或者是精緻化(EL)的推理層級，如用「燈泡串聯」這個科學名詞輕輕帶過，但經過教學之後，學生所採用的科學概念有一小部份是採用較為高階

的辯證(J)，能夠回答「總電壓不變」、「兩個燈泡均分電壓」，或是「燈泡獲得的電流變小」，只有兩個學生可以說出電壓不變，電流變小，故電阻變大，推理層級屬於高階的解釋(EX)來推斷。

#### 事件 4-5 燈泡並聯，總電阻的變化之概念與推理層級分析：

##### (一)教學前後概念改變分析

根據學生針對回答事件 4-5「燈泡並聯，總電阻大小？」的科學概念進行歸納分析，其前後所採用的科學概念之次數與百分比率摘要如表 4.3.43：

表 4.3.43 事件 4-5 科學概念敘述性統計

4-5 燈泡並聯，總電阻大小	前測理由		後測理由	
	次數	百分比	次數	百分比
1.不知道，非相關答案，或者是沒有回答理由，如不清楚，直覺等等。	24	22.64	33	31.13
一、直觀的觀察或想法				
1.兩個燈泡	8	7.55	1	0.94
2.電池的數量不同	1	0.94	0	0
3.電路的問題，如電流只會流過一個燈泡	2	1.89	3	2.83
二、非科學名詞『電量』進行解釋				
1.電力不改變	2	1.89	1	0.94
2.電變小了	2	1.89	2	1.89
三、電泡並聯，電壓、電流、電阻的關係				
1.並聯，電壓相同**	5	4.72	6	5.66
2.電壓變小	1	0.94	1	0.94
3.電流增大**	1	0.94	5	4.72
4.電流不變，相同**	3	2.83	3	2.83
5.電阻增大	2	1.89	3	2.83
6.電阻不變	35	33.02	14	13.21
7.電阻變小***	0	0	3	2.83
四、能量的關係				
1.需要的能量變多，因此電阻變大	0	0	1	0.94

(接續下頁)

4-5 燈泡並聯，總電阻大小	前測理由		後測理由	
	次數	百分比	次數	百分比
五、歐姆定律				
1.利用歐姆定律	0	0	1	0.94
2.電流下降，電阻上升	1	0.94	1	0.94
3.電流變成兩倍，電阻變 0.5 <sup>***</sup>	0	0	4	3.77
4.電壓變成兩倍，電流不變，電阻變兩倍	0	0	1	0.94
六、其他				
1.用『燈泡並聯』帶過，沒有詳加說明。	19	17.92	20	18.87
2.看影片	0	0	3	2.83
總計	106	100.00	106	100.00

註：\*越多代表概念正確度越高，\*\*\*代表完全正確。

在本教學事件當中，其概念也是基於教學事件 2-5「燈泡並聯，電壓的變化」、教學事件 3-5「燈泡並聯，通過燈泡的電流變化」，以及教學事件 4-2「電阻等於電壓與電流的比值」，除了教學事件 4-2 的表現不佳之外，學生在教學事件 2-5 與 3-5 表現均有進步，基於此理由，在本教學事件的學習，學生的進步應有明顯可見的。

但是根據表 4.3.43 中，我們發現到採用「非相關理由」的學生人數教學前已有 22.64%，百分比比以往的教學事件都還要來的高，而使用「兩個燈泡」的直觀想法學生，教學前有 7.55%，認為「電阻變大」的學生在教學前即高達 33.02%，而用「燈泡並聯」概念帶過，沒有詳加解釋的也有 17.92%，故從這些數據我們可以發現，學生對於燈泡並聯對電阻的影響，學生所具有的概念非常混亂，且大多屬於錯誤概念。

但經過教學之後，採用「非相關理由」的學生比率不降反升，大幅度升高到 31.13%，而屬於錯誤概念的「電阻變大」有大幅度的下降，從原來的 33.02% 下降到 13.21%，表示學生在經過教學事件之後，具有錯誤概念的學生，其概念發生轉變。

但屬於部分正確概念的「電壓相同」，從 4.72% 變為 5.66%；「電流增大」從 0.94% 變為 4.72%，增加幅度很小，而用「燈泡並聯」含糊帶過的些微增加到 18.87%，屬於完整概念的「電流變成兩倍，電阻變 0.5」，從 0% 變為 3.77%，而「電阻變小」亦從 0% 變為 2.83%，故可知雖經過此一教學事件，學生對於此概念仍是非常不熟悉與瞭解的。

細究其原因，學生若要具備此概念，必須先知道雖然燈泡並聯，但因為只有一顆電池，所以電池提供的總電壓不變，再者必須要知道因為燈泡並聯，因此流過每個燈泡的電流大小不變，但是電池所提供的總電流變大了，這部分對學生來說是最困難的地方，就之前文獻探討中， Psillos, Koumaras, & Tiberchien (1988) 以及 Licht (1991) 均提到，學生

會認為「電池提供定值電流」，因此不論電路的電阻如何變化，電池提供的電流大小相同，故學生會認為總電流不變。

再者，學生必須再克服兩個以上變數處理的門檻，才有機會獲得正確的答案，因此不難解釋為何學生在此教學事件之後，表現仍不理想，甚至比教學事件之前還要差，實在是概念的複雜程度超過其他教學事件，而且提供的時間又非常的短暫，因此容易造成學生認知的混亂，因此在往後的教學設計上，需要多加考量學生所具有的迷思概念，逐步的引導學生進行概念的學習與釐清，如此才有機會提高學生的學習效率。

## (二)教學前後概念的推理層級分析

學生在學習事件4-5「燈泡並聯，總電阻的變化」中，其回答之推理層級分析統計情形，整理如表4.3.44，根據統計結果顯示卡方檢定達顯著水準( $\chi^2=102.76, p=0.000, \omega=0.98$ )。

表 4.3.44 主題四事件 4-5 概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

學習前	學習後					總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	J1	EX1			
G0	13	1	1	1		16		
G1	4	16	4		1	25		
EL1	3	4	42	9	4	62		
J1			1	2		3		
總和	20	21	48	12	5	106	102.76***	0.98***

1.  $\chi^2$  值：\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

2.  $\omega$  值：\*表示 $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega$ =small；\*\*表示 $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega$ =medium；\*\*\*表示 $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega$ =large

在此題中，根據學生回答此問題的理由整理後發現，學生前測所使用的理由，大多是使用「不知道、直覺」或是直接觀察到「兩個燈泡」作為問題回答的理由，這些理由的推理層級屬於概述(G)，是較為低階的推理層次，而有部分的學生能說出燈泡「並聯」的科學名詞，但卻沒有進一步解釋，故其推理層級只能屬於精緻化(EL)，而無法進步到推理層級屬於較高的辯證(J)與解釋(EX)。

而經過教學事件之後，學生所使用直觀的概述(G)並沒有改變，教學前後均為 41 人，但是推理層級屬於精緻化(EL)的有明顯的降低，從原來的 68 人降低到 48 人，而使辯證(J)的學生有明顯的增加，但增加不多，故由此可知，學生在此並不是概念全無，而只是根據局部的電路進行推理，無法蓋觀全部變數，因此其所使用的推理層級，也均偏向屬於低階推理能力的概述(G)以及精緻化(EL)。



### (三)小結

根據教學事件 4-1 到 4-5 的科學概念敘述統計表中，將所有的概念加以歸納整理，如表 4.3.45，在表中我們可以發現，經過網路雙重情境教學之後，教學事件 4-1 與 4-2，教學前學生採用的非相關理由與錯誤概念，在教學後其百分比都有降低的趨勢，而屬於電學的正確科學概念，在教學後都有明顯的增加，可見教學事件的設計對這兩個概念的建構是有幫助的。

但是在教學事件 4-4 到 4-5 當中，我們可以發現雖然經過網路雙重情境教學，學生採用非相關理由的百分比不降反升，而採用錯誤概念的學生，在教學後百分比有稍微下降，而部分正確與正確概念的學生，在教學後百分比有也有上升，其可能原因在於教學事件 4-4 與 4-5 的概念複雜度與階層性較高，學生需要考量更多的變數，導致有些學生會因此而放棄，但是對學某些概念錯誤或概念部分正確的學生，在網路雙重情境教學之後，百分比降低，因此可知此教學設計並不全然沒有幫助。

表 4.3.45 教學事件 4-1 到 4-5 學生採用之科學概念統整表

教學事件	非相關理由		錯誤概念		部分正確		正確概念	
	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)	前(%)	後(%)
1.有無燈泡對電流大小的影響？	32.08	20.75	16.99	13.19	22.64	22.64	28.29	43.42
2.電池串聯，電壓與電流的比值是否發生改變？	23.58	22.64	28.30	17.91	42.44	36.80	5.68	22.65
4.燈泡串聯，總電阻大小	26.42	28.30	49.98	46.22	4.72	5.67	18.88	19.81
5.燈泡並聯，總電阻大小	22.64	31.13	68.87	49.04	8.49	13.21	0.00	6.62

就主題四電阻概念，四個教學事件共 424 次的推理中，針對學生回答概念問題，所使用的推理層級進行統整，其推理層級總整理如表 4.3.46，從表中我們可以發現在教學前，在所有教學事件中，106 個學生在四個教學情境當中，需要使用 424 次理由推理，其中使用概述(G)的次數有 191 次(45.0%)，而經過電學網路雙重情境教學之後，使用概述(G)的次數下降為 171 次(40.3%)，而且使用較高推理層級的次數也增加了，其中使用辯證(J)推理層級的次數增加，從 25 次(5.9%)增加到 46 次(10.8%)，而使用解釋(EX)推理層級的人，也從 3 次(0.7%)增加到 21 次(4.9%)

表 4.3.46 主題四所有教學事件概念推理量化資料卡方考驗結果及效果值彙整表

教學前	教學後						總和	$\chi^2$	$\omega$
	G0	G1	EL1	EL2	J1	EX1			
G0	39	11	9		3	1	63		
G1	10	77	29		6	6	128		
EL1	10	20	141	1	22	10	204		
EL2			1				1		
J1	1	3	5		15	1	25		
EX1						3	3		
總和	60	111	185	1	46	21	424	383.05***	0.95***

1.  $\chi^2$  值：\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

2.  $\omega$  值：\* 表示  $0.1 \leq \omega < 0.3$ ,  $\omega = \text{small}$ ；\*\* 表示  $0.3 \leq \omega < 0.5$ ,  $\omega = \text{medium}$ ；\*\*\* 表示  $\omega \geq 0.5$ ,  $\omega = \text{large}$

學生在此單元的推理層級進步不多，其主要的的原因在於學生在電學網路雙重情境的學習中，所有的教學事件之設計，包括問題、類比物的設計(抽水機類比電池，海綿類比燈泡)、動畫、影片等，目的在於協助學生獲取正確的知識，理應經過教學事件之後，學生能夠使用較高階的推理能力來解題，但因本單元概念複雜、抽象、階層與微觀程度，更勝於其他三個主題，且所有的概念全部壓縮在一到兩節課，也就是 90 分鐘的時間，短時間之內，要學生完成課程內容就已不易，再加上要學生馬上學然後吸收，然後立刻應用於教學事件的問題中，對於需要時間處理變數的電阻問題是非常困難的。

#### 四、總結

電學雙重情境學習共有四個主題，共十九個學習事件當中，我們對學生回答問題所採用的科學概念，進行歸類與描述性統計，也對學生採用的理由進行推理層級的分析。

在主題一靜電概念當中，包含了庫侖靜電力變數的處理，以及概念屬性屬於微觀、抽象與過程的靜電感應與感應起電，因此在教學上的設計上，根據影響庫侖靜電力大小的因素，進行圖形的類推，此時學生需要具備變數控制的能力，就研究結果顯示，國中學生對於單變數的控制要比多變數的控制要來的好，而在靜電感應與感應起電的教學事件設計上，則因為概念的抽象與微觀，因此在設計上採用動畫設計，讓抽象的概念具體化，因此在此部分可以明顯的看出學生於概念中的進步，當然其使用的推理層級也會跟著提高。

主題二電壓的概念當中，因為概念大多具有抽象、階層之屬性，因此在教學事件的设计上，大量的採用類比推理，藉由具體的事物的觀察，讓學生類比推理到電學概念，因此整個教學主軸圍繞著抽水機類比電池，水位差類比電位差，水車類比燈泡，水車轉

動快慢類比燈泡亮度，藉由真實實驗的影片，配合動畫說明，以及主概念與類比物間的連結對照表，讓學生根據容易理解的實驗結果，對電學概念進行推理，而根據分析結果顯示，以類比推理為主的教學事件設計，對學生的概念建構與推理能力的增進，是有實質上幫助的。

主題三電流概念當中，是以主題二電壓概念為基礎，也因其概念具有抽象、階層的屬性，因此在教學事件的設計上，仍是圍繞著類比推理，其中使用的類比與主題二大致相同，只增加了而單位時間通過水車的水流量類比為通過燈泡的電流量，亦是透過實際的實驗結果的觀察，並配合動畫說明，以及主概念與類比物間的連結對照表，因此在此教學流程之下，學生概念正確度與推理能力的增進，可以明顯的從分析結果中看出。

主題四電阻概念當中，除了電阻成因概念，表現較佳之外，其餘有牽涉到歐姆定律之學習事件，表現不如預期中理想。而電阻主題中，其概念屬性大多屬於抽象、微觀與階層，故仍為類比推理的設計，類比物的設計與主題二、三差異不大，只增加了海綿類比為電阻，其餘的教學流程，與前面主題之教學流程大同小異，故本研究預期可以明顯的看到學生概念的進步，以及推理能力的提升，但實驗結果卻出乎意料之外。

細究其原因，主要是因為歐姆定律的學習，需要考量到電壓、電流與電阻三者之間變數的處理，除此之外，根據電學迷思概念探討發現，學生只能對局部電路進行推理，故本教學內容雖涵蓋之前已學過的電壓、電流概念，學生在這兩個主題的表現也不差，但礙於課程時間的限制，對於已學過的電壓與電流概念，無法再進行複習與提醒，除此之外，處理電阻概念必須要考量到電壓與電流的比值，因此在教學事件的設計上，學生除了必須跨越局部推理的障礙之外，還需再根據推理的結果，進行多變數的處理，在這些因素之下，不難發現學生的學習成效，不如我們所預期，故此部分的教學設計，仍須多加思考與嘗試。

雖然在主題四電阻概念，學生的表現不如預期，但在大多數的教學事件當中，根據事件的科學概念描述統計的結果顯示，學生均能在教學之後，建構趨於完整的電學概念，且根據個事件的量化資料卡方考驗結果與效果值彙整表中，也可以看出大部分的教學事件，對學生的科學推理能力是有幫助的。

## 第五章 結論與建議

本章節共分為兩節，第一節主要依據第四章的資料分析結果，彙整成本研究的結論，第二章為後續相關的研究提出建議。

### 第一節 結論與討論

本節以第四章研究結果與討論，依據各研究工具類別依序說明本研究的主要發現，並分別探討網路化推理學習模式對於教學前後概念改變歷程、概念推理層級的影響，並做成結論，依序陳述如下：

#### 一、網路化推理學習及概念改變教學成效分析

##### (一)教學前後「電學」單元學習成就分析

「電學」單元學習成就測驗結果進行描述統計分析，我們發現經過網路雙重情境教學後，實驗組的自然與生活科技學業分組(高、中與低學業成就分組)其後測與追蹤測的成就測驗平均值均優於前測的平均值，且均高於傳統教學的自然與生活科技分組(高、中與低學業成就分組)的平均值；而實驗組的科學推理分組(過渡推理與具體推理組)的學生，其成就後測與追蹤測的測驗平均值均優於成就前測，且在成就後測當中，實驗組的過渡推理與具體推理其成就測驗平均值均優於對照組，但在追蹤測當中，實驗組中過渡推理組的成就測驗平均值與對照組沒有顯著性的差異，但具體推理組的成就測驗平均值仍然是優於對照組的。由此可知經過網路雙重情境教學後的學生，不管是推理能力屬於具體推理或過渡推理，其學業表現均有進步，也效果也較為持久。

另外，以成就前測為共變量，以教學模式、科學推理分組，以及自然與生活科技學業分組為三變項，對電學成就後測與追蹤測進行三因子多變量共變數分析，結果發現只有教學模式與學業分組對電學單元成就後測與追蹤測影響達顯著，而科學推理分組對成就後測與追蹤測之影響未達顯著，故於事後比較我們可以知道，經過網路雙重情境教學的實驗組，其在成就後測與追蹤測的表現，均優於傳統教學的對照組。而無論是經過網路雙重情境教學的實驗組，或是傳統教學的對照組，在後測的表現中，兩者均是高學業成就分組的學生表現均優於中、低學業成就分組的學生，且追蹤測驗中，高學業成就分組表現優於中學業成就分組，而中學業成就分組的學生表現也優於低學業成就分組的學生。

從以上的研究結果顯示，支持研究假設 1-1 與 1-2，不同的教學模式與學業成就分組的學生，在電學單元的學習成效是有顯著性差異的，且研究結果也顯示學生在經過電學網路雙重情境教學之後，比傳統教學模式下的學生，更能夠獲得較為立即且持續的學習效果。

## (二) 教學前後電學主題相依推理測驗分析

「電學」單元主題相依推理測驗的結果分析進行描述統計分析，顯示實驗組中不同的自然與生活科技學業分組(高、中與低學業成就分組)及科學推理分組(具體推理與過渡推理期)的學生其後測及追蹤測成績之平均值均優於前測成績。

且在電學主題相依推理後測中，實驗組的自然與生活科技分組與科學推理分組的表現，均優於對照組。而在電學主題相依推理追蹤測當中，只有高學業成就分組中的實驗組與對照組表現未達顯著性差異，剩下的中、低學業分組的表現中，實驗組均優於對照組；而過渡推理分組當中，實驗組與對照組的表現未達顯著性差異，但在具體推理組中，實驗組的表現均優於對照組。

另外，以主題相依電學主題相依推理前測為共變量，以教學模式、科學推理分組，以及自然與生活科技學業分組為三變項，對電學主題相依電學主題相依推理後測與追蹤測進行三因子多變量共變數分析，結果教學模式、科學推理分組與自然與生活科技學業分組對電學主題相依電學主題相依推理測驗之後測與追蹤測的影響達顯著性。故在事後比較中可知經過網路雙重情境教學的實驗組，其於後測與追蹤測的表現，均優於傳統教學模式下的對照組。而自然與生活科技學業分組當中，不管在電學主題相依推理測驗的後測或追蹤測中，高學業成就分組的學生表現優於中學業成就分組，而中學業成就分組表現均優於低學業成就分組。最後，科學推理分組中，無論是在電學主題相依推理測驗的後測或是追蹤測當中，過渡推理組的學生表現均優於具體推理組的學生。

從以上的研究結果顯示，支持研究假設 2-1、2-2 與 2-3，不同的教學模式、不同的學業成就，以及不同的科學推理能力的學生，其在電學主題相依電學主題相依推理測驗的之學習成效是有顯著性差異的，且研究結果也顯示學生在經過電學網路雙重情境教學之後，比傳統教學模式下的學生，更能夠獲得較為立即且持續的學習效果。

## 二、晤談分析實驗組和對照組經過不同教學模式對概念重建以及科學推理能力之影響

由於本研究晤談的樣本數目很小(實驗組 18 人，對照組 17 人)，從十一個電學概念晤談結果進行分析與統計，結果顯示晤談概念分析當中，正確概念分數、推理層級(概述、精緻化、判斷和解釋)的 F 值大多未達顯著差異，但從各研究項目的 partial  $\eta^2$  值中得知實際顯著效果(effect size)有一半以上已達中、高度效果，顯示實驗組和對照組在這些分析項目上確實已達顯著差異。

而後測訪談分析中，十一個訪談概念之概念正確分數，有七個達顯著效果，其中有五個概念是實驗組表現優於對照組的，只有兩個概念表現不如對照組，但在追蹤訪談分析結果中，十一個概念有九個是達顯著效果，而這九個概念全部都是實驗組的表現優於

對照組，沒有任何概念之表現不如對照組。由此可知，實驗組的學生在經過網路雙重情境教學之後，其概念建構的完整度是優於傳統教學模式下的對照組，且經過一段時間之後，實驗組的學生其所具備的正確概念，要比傳統教學下的學生要來的多，因此我們可以知道，網路雙重情境不但可以協助學生建構正確且完整的電學概念，亦能夠讓概念具有持久性。

而在推理層級的分析當中，不管後測或追蹤訪談，其推理能力屬於低階的概述(G)，十一個概念有四個是對照組表現優於實驗組，也就是傳統教學模式下的學生，其經過教學之後，仍是傾向採用較為低階之推理，其推理能力沒有明顯的增加或進步。

反觀其他推理層次屬於精緻化(EL)、辯證(J)與解釋(EX)的，在後測與追蹤訪談的分析當中，統計上達實際顯著效果的概念數的，實驗組表現優於對照組的概念題數較多，甚至在追蹤訪談當中，屬於最高推理層級的解釋(EX)，十一個概念有四個達顯著效果，而這四個達顯著效果的概念都是實驗組的表現優於對照組，也就是說實驗組的學生經過網路雙重情境教學後，對於某些概念解釋採用解釋(EX)的次數，高於傳統教學模式下的對照組，根據推理層級的分析結果顯示，我們可以推論網路雙重情境教學，可以提升學生的推理能力，讓學生的推理層級，從直觀的概述(G)逐步轉成高階推理層級的辯證(J)或解釋(EX)。

另外，根據「前測與後測訪談間」以及「後測與追蹤訪談間」學生概念的改變(進步、為持正確、維持部分正確、維持錯誤與退步)進行獨立樣本 T 檢定，但因樣本數太小(實驗組 18 人，對照組 17 人)，因此大多數的 t 值均未達顯著，但從各分項的 Cohen's d 值中得知實際效果量(effect size)最少都有達低、中度效果，甚至有些分項的實際效果量能夠達高度效果。

而根據以上的統計結果顯示，在教學前後與後追訪談中，屬於概念進步(PG)與維持正確(MTC)的統計結果摘要當中，達顯著效果的概念題數裡，大多是實驗組優於對照組(教學前後 PG 有 6 個、MTC 有 3 個，教學後追 PG 有 4 個、MTC 有 5 個)，相對的其表現不如對照組的概念題數較少(教學前後 PG 有 2 個、MTC 有 4 個，教學後追 PG 有 1 個、MTC 有 2 個)。

反觀概念屬於不正確的維持錯誤(MTIC)，以及概念衰退的退步(RTG)中，不管是在教學前後訪談，或是後追訪談的分析結果均顯示，在達顯著效果的概念題數中，大多是對照組表現優於實驗組(教學前後 MTIC 有 4 個、RTG 有 6 個，教學後追 MTIC 有 5 個、RTG 有 3 個)，實驗組表現優於對照組的只有少數幾題(教學前後 MTIC 有 3 個、RTG 有 1 個，教學後追 MTIC 有 1 個、RTG 有 3 個)。

根據以上的分析結果顯示，經過網路雙重情境教學後的學生，其概念均能有所進

步，且正確概念也成有所維持，且經過一段時間之後，概念衰退不明顯，但反觀傳統模式教學下的學生，其概念的改變大多屬於維持錯誤或者是概念衰退，表示學生在經過教學之後，其原有的錯誤概念仍無法有效的進行修正，且一段時間之後，其所具有的概念發生明顯的衰退，因此可知網路雙重情境教學對於學生概念的建構與改變上，有其實質上助益，且經過一段時間之後，其概念的持久度更高於傳統教學模式下的學生，表示對於概念的持久度亦有其助益。

此研究結果支持研究假設 3-1、3-2 與 3-3，由三次晤談(教學前、後與追蹤)中分析學生在融入科學推理理論的網路化雙重情境學習模式及傳統教學模式前、後，其正確概念分數、概念改變(進步、維持正確、維持部分正確、維持錯誤與退步)及運用推理層級(概述、精緻化、辯證與解釋)之改變歷程均有影響，推測其主要原因，可能是經過網路雙重情境教學後的學生，在教學情境當中，不斷的被要求提供回答依據之理由，且經過四個主題共十九個主動練習之下，學生於是逐漸學會且習慣運用教學課程影片中的實驗結果，或者根據其他證據來進行概念的推論(J)，因此在訪談的過程當中，經過網路雙重情境教學後的學生，亦習慣於訪談中，使用教學事件或者是其他證據取向的理由，來進行後測與追蹤測訪談的電學題目之回答，因此不難想像其所使用的推理層級，有逐漸提升的趨勢，甚至更有少部分的學生，能運用屬於高階推理能力的機制、或定理，來做為概念理由的解釋，因此我們可以發現在後測、追蹤訪談當中，學生的推理能力從低階的概述(G)，逐漸轉換到屬於高階推理能力的辯證(J)與解釋(EX)。

### 三、網路化推理學習模式對於教學前後概念重建及推理能力之影響

實驗組學生在經過網路化推理學習及概念改變教學後，在其使用的理由進行歸納分析後發現，除了主題四的教學事件 4-4 與 4-5 之外，其餘的電學概念，均能於教學事件之後，趨於正確的概念，且屬於「非相關」與「直觀的觀察或想法」的理由，均有降低的趨勢，甚至使用「質樸概念」來進行概念回答的部分，也在教學事件之後，明顯的下降許多，且在大多數的教學事件之後，學生具有正確概念之百分比有上升的趨勢，故可知道透過精心設計與安排的教學事件，對於學生概念的建構有顯著的助益。

針對網路學習環境採用理由進行推理層級的分析，且進一步的從教學事件前後，學生使用推理層級交叉表統計中，不難發現在雙重情境的教學事件所採用的理由中，使用低階的推理層級，如無意義(G0)，或使用直觀或質樸概念去解釋的概述(G1、G2)，大多於教學之後，逐漸轉變為層次較高的推理層級，如運用科學術語辭彙的精緻化(EL)，或是運用實驗結果做為根據的辯證(J)，更有部分學生，可以採用類似科學模型或理化作用機制，作為推理的依據，也就是屬於高階推理層次的解釋(EX)。

根據此研究的結果顯示，支持研究假設 4-1~4-2，融入科學推理理論的網路化雙重情境學習模式下，學生的電學概念與科學推理層級發生明顯的改變。

#### 四、測驗、訪談與學習事件之相互關係

本研究採用質量並重，在量的部分採用電學成就測驗與電學主題相依推理測驗，主要目的在於比較不同教學模式、學業成就與科學推理分組的學生，其於各測驗間表現的差異。

而質化的資料包含了訪談與網路學習事件的理由分析，其主要目的在於雖然量化資料已經支持網路雙重情境教學對學生的學習成效是有幫助的，但對學生概念建構的助益為何，則必須要靠教學前、後與一段時間的追蹤訪談之分析來探討，根據實驗組與對照組的訪談資料分析之結果顯示，在電學的十一個概念中，達顯著效果的都是實驗組表現較好，因此我們可以透過訪談，瞭解學生在電學概念學習上的細部狀況，以及不同教學模式之下，學生的概念建構與推理能力的變化。

根據訪談的分析結果，我們已經知道網路雙重情境對學生概念建構與推理能力的增進是有顯著效應的，那網路雙重情境到底是怎樣協助學生建構電學的科學概念，這部分就必須靠著學生回答學習事件所採用的理由，進行概念的統整與推理能力的分析，從這些教學事件的統計分析結果，我們可以看到經過網路雙重情境教學後的學生，其在概念的建構逐漸趨於完整且正確，而其推理能力也能經由教學事件之後，得到明顯的提升。

而訪談與網路雙重情境的理由分析當中，其實是能互相參考的，例如教學事件 3-4 中，燈泡串聯對流經燈泡電流的影響，在教學事件之前，學生大多知道電壓下降，或是每個燈泡的能量降低，故可以推論到流經燈泡的電流變小，但可是兩個燈泡是否獲得相同的電流量，在學生的回答之中是不得而知。

但配合第二節學生的概念訪談分析，學生在回答此問題所使用的理由當中，有大部分的學生仍認為燈泡會消耗電流，也就是流經後面燈泡的電流較小，此結果與 Osborne(1983)所發現的電流消耗模式相吻合，也就是電流在電路中，經過燈泡、電阻等元件會被部分消耗，或者是全部消耗；另外亦有不少的學生，也認為電流就是能量的流動，因此電流流經燈泡之後，會被消耗，這與 Osborne(1983)的研究：電流流動就是能量的流動不謀而合，因此學生們認為電流經過兩個串聯的燈泡之後，電流會被燈泡消耗，因此離電池越遠的燈泡，電流會變更小，

因此在前測訪談的分析當中，大部分的學生以為前面燈泡獲得的能量較多(但仍比單獨只有一顆燈泡的還要少)，所以會比較亮，後面的燈泡流經過的能量較少，因此會比第一個暗，但經過網路雙重情境的教學事件之後，我們發現學生在訪談的理由當中，



大部分都能說出燈泡串聯，電位差均分，也就是一個燈泡的電位差為 0.75V，甚至能夠說出電池提供的能量被兩個燈泡均分，故兩個燈泡亮度相同，可見經過教學事件之後，無論在網路上教學事件的回答，或者是在後測或追蹤訪談的回答中，都可以發現學生對於電流的概念趨於正確且完整。

因此這三部分的資料分析上，讓本研究能根據這三份資料分析結果的相互對照，對學生電學的概念結構、概念改變與推理能力的變化，有更深入的瞭解，對於往後網路雙重情境教學事件的修改上，有很大的助益。

## 五、總結

不管是量或質的分析均顯示，學生經過電學網路雙重情境教學之後，其概念正確率與推理能力，均有一定程度的提升，且經過一段時間還能維持很高的正確率，這表示學生在課程學習過後一段期間，仍能夠持續對學習主題持續進行主動的學習，且學習效果不會因為時間的拉長而降低，這可做為雙重情境教學模式挑戰學生對科學的信念，並激勵學生的學習動機的一個例證。



## 第二節 對教學上的建議

本節將針對結合科學推理教學的互動式網路學習課程設計，提出建議作為日後研究與教學的參考。

### 一、對『電學單元教學』的建議：

Burbules 和 Linn(1988)指出要促成概念改變必須讓學生反思，並提供重建概念的方法機制。從文獻探討中得知，概念的屬性與學生的推理能力會影響其科學概念的學習，故教師在進行電學單元之教學時，理應考量本單元的內容多屬抽象概念，在學生生活經驗當中，比較難獲得概念的相連結，故在教材的設計當中，需採用適當的類比，如本研究採用的網路雙重情境的教學事件，利用抽水機類比電池，水車類比燈泡等，讓學生從具體的影片觀察當中，從他最熟悉且具體化的概念出發，透過動畫的逐步引導，慢慢克服抽象的電學概念，逐漸建立正確且完整的電學概念，另外在概念建構過程當中，逐步培養學生科學推理的能力，並習慣於教學過程當中使用，讓學生在學習的過程當中，透過理由的提供，掌控與監測自己概念的正確度與完整度，如此才能讓學生在電學概念的學習與應用上，獲得事半功倍的效果。

而在教學的設計中，若能將教學的內容和開放性的評量相結合，讓學生在進行電學概念學習的同時，藉由老師提出的問題，學生回答理由的教學模式下，一步一步的引導

學生進行科學推理的操作演練，並在學生提出證據和知識宣稱的過程中，學習到推理的思考模式和技巧，且藉由推理的過程，能夠將新概念和已知概念相連結，形成更穩固且持久的概念架構。

本研究中所設計的開放性問答當中，主要是挑戰學生的概念結構，製造學生認知上的不平衡，另外一方面，期望學生可以隨時察覺自己的學習狀況，過程中藉由理由的提供，讓學生對於有疑問或不確定的概念，主動進行概念的學習，並在概念改變的學習過程中，對問題或理由進行更深入的思考；再者本研究的開放性問答，亦從後設認知的角度出發，主要在幫助學生覺察自己的學習狀態，進一步掌握學習方式及歷程，讓學生在反覆推理，粹煉理由的過程當中，得到更好且更熟練的推理技巧，對於日後學生在科學概念的學習上會有相當的助益。

另外本研究結果中顯示，不管是在量化資料的成就測驗或電學主題相依推理主題相依推理測驗，或者質化教學訪談分析當中，實驗組的學習成效優於對照組，且其推理能力亦是如此，且概念的持久度也是經過網路雙重情境的實驗組較佳，細分析其主要的原由，主要在於本研究於課程設計前，先根據文獻的分析與探討，先找出學習電學單元，其科學概念的本質和學生另有概念，並進一步分析概念的屬性，而後以此為基礎，進一步設計結構完善良好的教學活動，如此才能切中學生需求，達成以學生為主體的學習活動，有效的增進學生的學習成效，避免制式化傳統教學過程中，為了增加教學效率，進而對概念過度簡化，或因為進度壓力而採用填鴨教學方式，讓學生產生學習效果不彰的情形。

如本研究在概念分析的階段中，發現學生無法瞭解「電流流經燈泡只是消耗能量，並不會影響電流大小」的抽象概念，再加上電流與能量的關係，在國中學生來說，均是兩個嶄新的名詞，故學生在建構此概念的十分困難，故在課程的設計上必須針對學生的另有概念，結合各種概念改變教學的策略，來協助學生概念的學習，如本研究常利用類比推理教學，讓學生從已知或具體的概念出發，利用抽水機將水抽高，然後在水管中注入顏料，測量顏料通過海綿前後的時間差，讓學生類比推理到電路中，電流通過電阻前後，電流大小不變，且教學設計當中，也會引導學生進行類比物與標的物的連結，讓學生在學習的過程當中，重新思考電阻對電流大小影響的真實狀況，並從中找出相似之處，進行更深層的概念建構與改變，使學生在電學單元的概念架構更完善。

## 二、對「網路化學習環境」的建議：

本研究針對電學單元設計了互動式的網路化學習課程，學生在學習動機、學習成效都有明顯的提昇，因此對於設計及使用網路教學提出以下的建議：

建議一，在概念改變和科學推理理論支持下，所建構的網路雙重情境的教學環境，是過去少有學者專家嘗試過的設計，而本研究結果顯示，此教學環境能夠有效的增進學生的概念重建及科學推理能力，因此未來可以推廣運用此教學模式在其他的科學領域課程教學中。

其二，在主題四的教學事件 4-4 與 4-5 當中，概念重建成功率不如預期，其主要的原由可能是因為「電阻」概念在以往的研究上，較少為其他研究者所研究，故在文獻的收集與探討上有限，因此在設計上比較不易根據文獻探討所得的迷思概念，進行教學事件的設計。

其三，可能受限於學生的推理能力，在電學當中，學生大多僅能依照局部來進行推理，且單一學習事件的概念複雜度太高，且變數處理複雜度易大大升高，另外各變數之間環環相扣，因此不難想像學生在回答問題時，所需要考量的變數增加了，當然直接影響到概念建構的成功率。

最後，再加上傳統教學在此部分所花的時間大約為三到五節課，而本研究因為研究之限制，將其網路教學時間壓縮為兩節課，要在這麼短的時間內，學習這麼複雜的概念，對於學生的學習成效，也會有相當的影響。



## 參考文獻

### 一、中文部分

- 王千悛 (2000)。全球資訊網在教育上的應用。《電腦與教學》，269-283。台北：正中書局。
- 邱美虹(1993)。科學教科書與概念改變。《科學教育月刊》，163, 2-8。
- 邱美虹和翁雪琴 (1995)：國三學生「四季成因」之心智模式與推論歷程之探討。《科學教育學刊》，3(1), 23-68。
- 邱貴發(1998)。網路世界中的學習。《教育研究資訊》，6(1)，20-27。
- 教育部 (2001)。中小學資訊教育總藍圖。取自 2004 年 3 月 15 日教育部。網址：  
<http://www.edu.tw/moecc/information/itpolicy/itprojects/itmaterplan.htm>
- 郭重吉(1988)。從認知的觀點探討自然科學的學習。《教育學院學報》，13，335-363。
- 郭重吉(1989)。從建構主義觀點探討科學教育的理論與實際。《認知與學習基礎研究第三次研討會》。台北市：行政院國家科學委員會。
- 徐新逸、吳佩謹 (2002)。資訊融入教學的現代意義與具體行為。《教學科技與媒體》，59，63-73。
- 莊雅茹 (1996)。CAL 軟體電腦動畫應用與學習成效分析。《視聽教育雙月刊》，38(2)，9-16。
- 陳明溥 (1991)。CAI 之發展趨勢—多媒體電腦輔助教學。《資訊教育叢書(五)電腦輔助教學 (二)》，117-127。
- 陳啟明、陳瓊森(1993)。發展紙筆測驗以探究高一學生對於直流電路的迷思概念。《彰化師範大學學報》，83-103。
- 張俊彥、董家苕 (2000)。「問題解決」或「無問題解決」？電腦輔助教學成效的比較研究。《科學教育月刊》，8(4)，357-377。
- 張國恩 (1999)。資訊融入各科教學之內涵與實施，《資訊與教育》，72，2-9。
- 黃幸美(1997)。國小學童好與差解題者的類比推理解題表現之探討。《教育與心理研究》，20，111-140。
- 黃寶鈿(1999)。從幾個學生錯誤概念的實例談理化科的教材教法。《國民中學學生概念學習學術研討會論文集》，51-59。
- 游文楓、佘曉清(2003)。網路化問題解決教學策略對學生生物學習成效的影響(The Impact of Web-based Problem Solving Instruction on Students' Biology Learning)。第十九屆科學教育學術研討會論文發表。
- 蔡東鐘 (1997)。多媒體在科技素養教育上之應用。《教育科技與媒體》，22，39-45。

- 葉俊豪(1994)。利用定性與定量測驗來探究高二學生對直流電路的知識結構。彰化市：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 廖怡雯(1999)。改進學生對電化學瞭解之研究。高雄市：國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 鄭麗玉(1998)。如何改變學生的迷思概念。《教師之友》，39(5)，28-36。

## 二、英文部分

- Allen, R.(1998). The Web: interactive and multimedia education. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30,1717-1727.
- Ausubel, D. P. (1968). *Education Psychology : A cognitive view*. New York : Holt, Rinehart and Winston.
- Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1987). Teaching science. In V. Richardson-Koehler (Ed). *The educator's handbook: A research perspective*. New York: Longman.
- Anderson, J. R., Reder, L. M., & Simon, H.A. (1996). Situated learning and education. *Educational Researcher*, 25(4), 5-11.
- Anderson, J. R., Reder, L. M., & Simon, H.A. (1997). Situative versus cognitive perspectives: Form versus substance. *Educational Researcher*,26(1), 18-21.
- Baird, J. R. & Mitchell, I. (Eds.). (1986). *Improving the quality of teaching and learning –an Australian case study*. Melbourne Australia: Monash
- Berge, Z.L., Collins, M., & Dougherty, K.(2000). Design guidelines for web-based course, In Abbey, B.(Ed.), *Instructional and cognitive impacts of Web-based education*. pp32-40. Hershey: Idea Group Publishing.
- Brown, D.E. (1993). Refocus core intuitions: a concretizing role for analogy in conceptual change, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1273-1290.
- Brown, D.E., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Burbules, N. C., Lin, M. C. (1988). Response to contradiction: scientific reasoning during adolescence. *Journal of educational psychology*, 80, 67-75.
- Carey, S.(1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA:MIT Press.

- Chang, C. Y., & Barufaldi, J. P. (1999). The use of a problem-solving-based instructional model in initiating change in students' achievement and alternative frameworks. *International Journal of Science Education*, 21(4), 373-388.
- Chi, M. T. H.(1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples form learning and discovery in science. In R. Gere(Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp.129-186). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chi, M. T. H. (1998). Personal communication at the learning and research development center, University of Pittsburgh, USA.
- Chi, M. T. H. (1997). Creativity: Shifting across ontological categories flexibly. In T. B. Ward, S.M. Smith, & J. Vaid (Eds.), *Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes* (pp. 209-234). Washington, DC: American Psychological Association.
- Chi, M. T. H., deLeew, N., Chiu, M. H., & Lavancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding, *Cognitive science*,18, 439-477.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Rees, E.(1982). Expertise in problem solving. In R, Sternberg (Ed.). *Advances in psychology of human intelligence*(pp. 7-35). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & deLeeuw, N.(1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts, *Learning and instruction*, 4, 27-43.
- Clement, J. (1991). Nonformal reasoning in science: The use of analogies, extreme cases, and physical intuition. In J. Voss, D. Perkins, & J. Segal (Eds.), *Informal reasoning and education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Clement, J. (1993). Using bridge analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1241-1257.
- Dagher, Z. R.(1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change ? *Science Education*, 78(6), 601-614.
- Dewey, J.(1910). *How we think*. Lexington, Mass: D.C. Heath.
- Dreistadt, R.(1968). An analysis of the use analogies and metaphors in science. *The Journal of Psychology*, 68, 97-116.
- Dreistadt, R.(1969). The use of analogies and incubation in obtaining insights in creative problem solving. *The Journal of Psychology*, 71, 159-175.

- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Children's ideas and the learning of science. In R Driver, E.Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science*. Open University Press: Milton Keynes.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Duit, R.(1991). On the role of analogies and metaphors in learning science . *Science education*, 75(6),649-762.
- Faulkner, D., Joiner, R., Littleton, K., Miell, D., & Thompson, L. (2000). The mediating effect of task presentation on collaboration and children's acquisition of scientific reasoning. *European Journal of Psychology of Education*, 15, 4, 418-431.
- Fredette, N., & Lockhead, J.(1980). Student conceptions of simple circuits. *The Physics Teacher*, 18(3), 194-198.
- Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992a).Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10),1079-1099.
- Gerber, B. L., Cavallo, A. M. L., & Marek, E. A. (2001). Relationship among informal learning environments, teaching procedures and scientific reasoning ability. *International Journal of Science Education*, 23, 535-549.
- Gentner, D.(1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony, Eds., *Similarity and analogical reasoning*(pp. 199-241). New York: Cambridge University Press.
- Gentner, D., Berm, S., Ferguson, R.W., Markman, A.B., Wolff, P., & Forbus, K.D.(1997). Analogical reasoning and conceptual change: A case study of Johannes Kepler. *The Journal of the Learning sciences*, 6(1),3-40.
- Gil-Perez,D. & Carrascosa,J.(1990).What to do about science "misconceptions". *Science Education*, 74(5),531-540.
- Glynn, S. M., Yeany, R. H., & Britton, B. K.(1991). *The psychology of learning science*. Hillsdale: Lawrence Earlbaum.
- Harrison, A. G., & Treagust, D.F.(1994). The three states of matter are like students at school. *Australian Science Teachers Journal*, 40(2),20-23.
- Hewson, P. W. & Hewson, M. G. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science*

*Teaching, 20, 731–743.*

Hogan, K. (2000a). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education, 84, 51-70.*

Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the Epistemological Underpinnings of Students' and Scientists' Reasoning about Conclusions. *Journal of Research in Science Teaching, 38, 663-687.*

Indurkha, B.(1992). *Metaphor and cognition*. Dordrecht: Kluwer.

Jonasson, D. H. (1996) ° Learning from, learning about, and learning with computing: A rationale for mindtools. *In Computers in the Classroom: Mindtools for critical thinking* (pp.1-22). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press.

Johnson-Laird, P. N. & Byrne, R. M. (1991). *Deduction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Keil, F.(1989). Concepts, kinds, and cognitive development. Cambridge, MA : MIT Press/Bradford Books.

Keys, C.W.(1995). An Interpretive Study of Students' Use of Scientific Reasoning during a Collaborative Report Writing Intervention in Ninth Grade General Science. *Science Education, 74(4), 415-435.*

Kuhn, D. (1993). Science argument: implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education, 77(3), 319-337.*

Lawson, A.E.(1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching, 15, 11-24.*

Lawson, A.E.(1987). *Classroom test of scientific reasoning*. Unpublished manuscript, Arizona State University, Tempe, Arizona.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 39, 497-521.*

Licht, P.(1991). Teaching electrical energy, voltage and current: an alternative approach. *Physics Education, 26(5), 272-277.*



- Linn, M.C., Clark, D.B. & Slotta, J.D. (2003). WISE Design for Knowledge Integration. *Science Education*, 87(4), 517-538.
- Liegeois, L., & Mullet, E.(2002). High school students' understanding of resistance in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, 24(6),551-564.
- Lowther, D.L., Jones, M.G., & Plants, R.T.(2000). Preparing tomorrow's teachers to use web-based education. In Abbey, B.(Ed.), *Instructional and cognitive impacts of Web-based education*.pp.129-146. Hershey: Idea Group Publishing
- Magnusson, S. J., Boyle, R. A., Templin, M. (1997). Dynamic science assessment: A new approach for investigating conceptual change. *The Journal of the Learning Science*, 6(1), 91-142.
- Miller, S.M., & Miller, K.L.(2000). Theoretical and practical considerations in the design of web-based instruction. In Abbey, B.(Ed.), *Instructional and cognitive impacts of Web-Based education*. Pp178-191. Hershey: Idea Group Publishing.
- Magara, K. (1996). Why is it difficult to rectify a misconception in learners? *Japanese Journal of Educational Psychology*, 44, 379-388.
- Mali, G. B., & Howe, A.(1979). Development of earth and gravity concepts among Nepali children. *Science Education*, 63(5), 685-691.
- Matthews, M.R.(1994).*Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Moersch, C. (1995). Levels of technology implementation: A framework for measuring classroom technology use. *Learning and Leading with Technology*, 23(3), 40-42.
- Nersessian, N.(1992). How do scientists think ? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In R. Giere(ed). *Cognitive models of science*(pp3-44). Minnesota studies in the Philosophy of Science, Vol. XV. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge, London : Cambridge University Press.
- Nussbaum, J.(1979). Children's conception of the earth as a cosmic body: Across-age study. *Science Education*, 63, 83-93.
- Osborne, R. and Freyberg, P. (1985). *Learning in science: The implications of children's science*. Auckland, NZ: Heinemann.

- Osborne, R. and Wittrock. M. C. (1983). Learning science: A generative process. *Science education*, 67, 489-508.
- Osborne, R.(1983). Toward modifying children's ideas about electric current. *Research in Science & Technological Education*,1(1),73-82.
- Osborne, R., Bell, B. F.,& Gilbert. J.K.(1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education*,5(1),1-14.
- Palmer, D. H., & Flanagan, R. B.(1997). Readiness to change the conception that "motion-implies-force": A comparison of 12 year-old and 16 year-old students. *Science Education*, 81, 317-331.
- Pfundt, F., & Duit, R.(1991).*Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*.(3<sup>rd</sup> ed.). Keil, West Germany:IPN.
- Posner, G.L., Strike, K.A., Hewson, P.W.,& Gertzog, W.A.(1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*,66,211-227.
- Pallant, A., & Tinker, R. F. (2004). Reasoning With Atomic-Scale Molecular Dynamic Models. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 51-63.
- Psillos, D. , Koumaras, P. ,& Valassiades, O.(1987). Pupils' representations of electric current before, during and after instruction on DC circuits. *Research in Science & Technological Education*, 5(2), 185-199.
- Psillos, D. , Koumaras, P. ,& Tiberchien, A.(1988). Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits. *International Journal of Science Education*,10(1),29-43.
- Rayner-Canham, G. W., & Rayner-Canham, M. F. (1990). Teaching chemistry problem solving techniques by microcomputer. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 9(4), 17-23.
- Ross, B.H., & Kennedy, P.T.(1990). Generalizing from the use of earlier examples in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(1), 42-55.
- Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 377-398.
- Schumacher, R.M., & Czerwinski, M.P.(1992). Mental models and the acquisition of expert

- knowledge. In Hoffman, R. R. (Ed.). *The Psychology of expertise-cognitive research and empirical AI*(pp.61-79). Springer-Verlag, New York, Inc.
- She, H.C. (2002). Concepts of a higher hierarchical level require more dual situated learning events for conceptual change: a study of air pressure and buoyancy. *International Journal of Science Education*, 24(9), 981-996.
- She, H.C. (2003). DSLM Instructional Approach to conceptual change Involving Thermal Expansion. *Research in Science and Technological Education*, 21(1), 43-54.
- She, H.C. & Fisher, D. (2003). Web-base E-learning Environment in Taiwan: The impact of the online science flash program on students' learning. In Khine, M. S., & Fisher, D. (Eds.), *Technology-rich learning environment: A future perspective*. Singapore: World Scientific.
- She, H.C. (2004). Fostering radical conceptual change through dual-situated learning model. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(2), 142-164.
- Shipstone, D.M.(1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of Science Education*,6(2),185-198.
- Slavin, R. E.(1990). Synthesis of research on cooperative learning. *Educational leadership*, 48(2) , 71-82.
- Spiro, R.J., Feltovich, P.J., Coulson, R.L., & Anderson, D.K.(1989). Multiple analogies for complex concepts: Antidotes for analogy-induced misconception in advance knowledge acquisition. In S. Vosniadou. & A. Ortony(Eds.), *Similarity and Analogical Reasoning*. London: Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J.(1977). Component processes in analogical reasoning. *Psychological Review*, 84(4). 353-378.
- Steinberg, M.S.(1983). Reinventing electricity. *Misconceptions and educational strategies in science and mathematics*(pp792-819). Proceeding of the international seminar(1<sup>st</sup>, Ithaca). N.Y.
- Steinberg, M. & Clement, J. (1997). Constructive model evolution in the study of electric circuits. In R. Abrams (Ed.), *Proceeding of the Fourth International Seminar on Misconceptions Research*. Santa Cruz, CA: Meaningful Learning Research Group.
- Stepans, J. I., Beiswenger, R. E., & Dyche, S. (1986). Miscoceptions die hard. *Science Teacher*, 63-69.
- Tasi, C. C., & Chou, C.(2002). Diagnosing students' alternative conception in science through

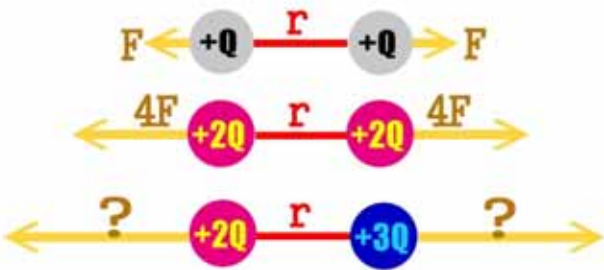
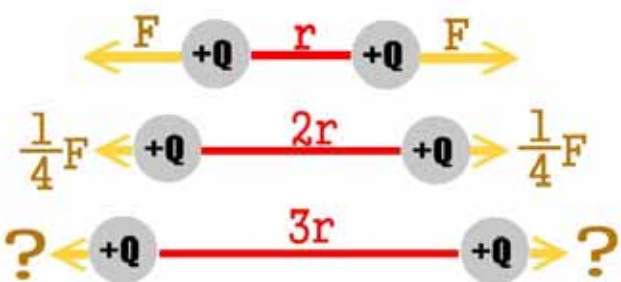
- a network two-tier test system. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18, 157-165.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Toulmin, S. (1972). *Human understanding*. Oxford University.
- Treagust, D. F.(1988). Development and use of diagnostic test to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169.
- Treagust, D. F.(1995). Diagnostic assessment of students science knowledge. In S. M. Glynn, & R. Duit(Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice*.(pp327-346). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2003). Tracing young children's scientific reasoning. *Research in Science Education*, 33, 433-465.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2004). From "try it and see" to strategic exploration: Characterizing young children's scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 94-118.
- Viard, J., & Francoise, K. - L. (2001). The concept of electrical resistance: how Cassirer's philosophy, and the early developments of electric circuit theory, allow a better understanding of students' learning difficulties. *Science and Education*,10, 267-286.
- Vosniadou, S.(1994). Capturing and modeling the process of conceptual change[special issue]. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of educational research*, 57, 51-67.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994).Mental Models of the Day/Night Cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D.(1994). *Research on alternative conceptions in science*. In D. L. Gable(Ed.), Handbook of research in science teaching and learning. New York, NY : Macmillan.
- Webb, M. J.(1985). Analogies and their limitations. *School Science and Mathematics*, 85(8) ,645-650.
- Wilbers, J.,& Duit, R.(2001). On the Micro-Structure of Analogical Reasoning: The Case of Understanding Chaotic Systems. In: BEHRENDT, H. et al. *Research in Science Education – Past,Present and Future*. Dordrecht: Kluwer,205-210.
- Wong, E. D. (1993a). Self-generated analogies as a tool for construction and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30,

1259-1272.

Wong, E. D. (1993b). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1259-1272.

Yager, R.E.(1991).The constructivist learning model: Towards real reform in science education. *The Science Teacher*,58(6),52-57.



事件	流程
<p>主題一 靜電</p> <p>1-1 庫倫靜電力與兩端電荷乘積的成正比。</p> <p>1-2 庫倫靜電力與電荷間的距離平方成反比。</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>問題 1-1</p>  <p>問題：若左端帶電量為<math>+2Q</math>，右端帶電量為<math>+3Q</math>，距離仍維持 <math>r</math>，請問庫倫靜電力的大小為何？</p> <p>1.你的答案是？                  (A) <math>2/3F</math> (B) <math>1F</math> (C) <math>5F</math> (D) <math>6F</math></p> <p>2.你的理由是：_____</p> <p>3.你的理由與下列哪個選項較為相近？                  (A)與帶電量相加成正比，<math>2+3=5</math> (<math>F</math>)                  (B)與帶電量相減成正比，<math>3-2=1</math> (<math>F</math>)                  (C)與帶電量相乘成正比，<math>3\times 2=6</math> (<math>F</math>)                  (D)與帶電量相除成正比，<math>2\div 3=2/3</math> (<math>F</math>)</p> <p>問題 1-2</p>  <p>問題：若左、右端帶電量均為<math>+Q</math>，距離變成 <math>3r</math>，請問庫倫靜電力的大小為何？</p> <p>1.你的答案是？                  (A) <math>1/3 F</math> (B) <math>1/9 F</math> (C) <math>3F</math> (D) <math>9F</math></p> <p>2.你的理由是：_____</p>

3.你的理由與下列哪個選項較為相近？

(A)與距離成正比， $r=3$ ，故為 3 (F)

(B)與距離成反比， $r=3$ ，故為  $1/3$  (F)

(C)與距離平方成正比， $r=3$ ，故為 9 (F)

(D)與距離平方成反比， $r=3$ ，故為  $1/9$  (F)

### 步驟二、學習活動

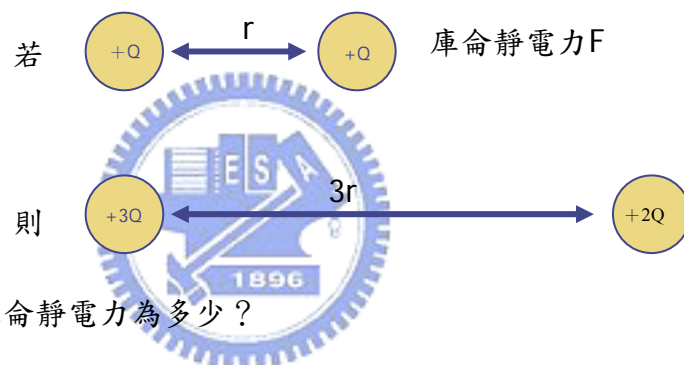
1.庫倫靜電力與兩端電荷乘積成正比的教學動畫。

2.庫倫靜電力與電荷間的距離平方成反比動畫。

3.電荷帶電量與距離對庫倫靜電力的影響。

4.庫倫靜電力的特性。

5.類題練習



你的答案是？(A)  $6F$  (B)  $2F$  (C)  $1/9F$  (D)  $2/3F$

6.類題練習解答

步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)

步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

主題一 靜電

1-3 一莫耳的  
電子電量  
為 96500  
庫侖

步驟一、問題引導(概念前測)


問題1-3 電量的單位(庫侖)

已知一個電子的帶電量是  $1.6 \times 10^{-19}$  庫侖，即一庫侖的電量約等於  $6.24 \times 10^{18}$  個電子的總電量，請你推算一莫耳( $6 \times 10^{23}$ )的電子的電量有多少庫侖？

1.你的答案是：

(A)  $3.744 \times 10^{42}$  庫侖 (B)  $1.6 \times 10^{-19}$  庫侖

(C) 96000 庫侖 (D)  $1.04 \times 10^{-5}$  庫侖

	<p>2.你的理由是：_____</p> <p>3.你的理由與下列選項較接近？</p> <p>(A)<math>6.24 \times 10^{18} \times 6 \times 10^{23} = 96000</math></p> <p>(B)<math>6.24 \times 10^{18} \div 6 \times 10^{23} = 1.04 \times 10^{-5}</math></p> <p>(C)<math>6.24 \times 10^{18} + 6 \times 10^{23} = 3.744 \times 10^{42}</math></p> <p>(D)1個電子的帶電量=1莫耳的電子帶電量。</p> <p><b>步驟二、學習活動</b></p> <p>1.Flash</p> <p>(1)1 莫耳的定義</p> <p>(2) 一個基本電荷的電量</p> <p>(3) 電量的單位</p> <p>2.圖表比較</p> <p>3.類題練習</p> <p>請問一個鋁離子(<math>Al^{3+}</math>)的帶電量為多少庫侖？</p> <p>(A)<math>4.8 \times 10^{-19}</math> 庫侖 (B)289500 庫侖</p> <p>(C)<math>1.872 \times 10^{19}</math> 庫侖 (D)3庫侖</p> <p>4.類題練習解答</p> <p><b>步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)</b></p> <p><b>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</b></p>
<p>主題一 靜電</p> <p>1-4 靜電感應</p>	<p><b>步驟一、問題引導(概念前測)(flash)</b></p> <p><b>問題1-4 靜電感應</b></p>  <p>請問將帶負電的帶電棒靠近導體，請問導體內的電子有何變化？</p> <p>1.你的答案是？</p> <p>(A)沒有變化。</p> <p>(B)導體內的可自由移動的電子會受排斥而往右移動，質子則不移動。</p>



(C)導體內的可自由移動的電子會受吸引而往左移動，質子則往右移動。

(D)導體內的質子往左移動，電子則不移動。

2.你的理由是：

3.你的理由與下列選項較接近？

(A)電子與質子都不可以移動，故沒有變化。

(B)電子與質子可自由移動，所以電子靠左邊，質子靠右邊。

(C)電子與質子可自由移動，異性相吸，同性相斥，故電子在右邊，質子在左邊

(D)只有電子可以自由移動，異性相吸，同性相斥，故電子會被排斥移動到右邊。

### 步驟二、學習活動

1.導體與絕緣體影片。

2.靜電感應flash。

3.靜電感應現象影片。

4.靜電感應現象flash。

步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)

步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

主題一 靜電  
1-5 感應起電

步驟一、問題引導(概念前測)(flash)

問題1-5 感應起電

請問：若將一帶正電的帶電棒靠近導體，『再將手接觸導體』，請問導體內的正、負電荷會有何變化？



1.你的答案是？

(A)沒變化。

(B)正電荷經由手流出導體，負電荷沒變化

- (C)正電荷沒變化，負電荷經由手流入導體  
 (D)正電荷經由手流出導體，負電荷則流入導體

2.你的理由是：

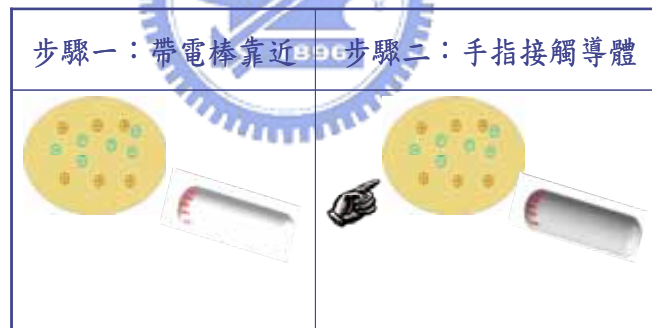
3.你的理由與下列選項較接近？

- (A)電子與原子核無法自由移動，故手接觸後無變化。  
 (B)帶電棒靠近產生靜電感應，手接觸後，正電荷經由手流出，負電荷經由手流入。  
 (C)帶電棒靠近產生靜電感應，手接觸後，負電經由手流入導體內。  
 (D)帶電棒靠近產生靜電感應，手接觸後，負電荷經由手流出導體。

### 步驟二、學習活動

- 1.感應起電的 flash。
- 2.感應起電步驟說明圖片。
- 3.類題練習

請問：若將一帶正電的帶電棒靠近導體，再將手接觸導體，請問導體內的正、負電荷會有何變化？



你的答案是：

- (A)質子經由手流出導體。  
 (B)質子經由手留入導體。  
 (C)電子經由手流出導體。  
 (D)電子經由手流入導體。

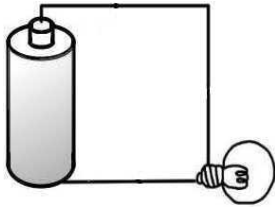
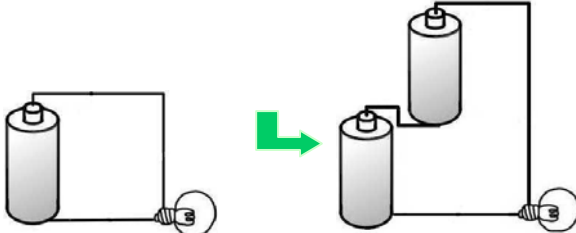
4.類題練習解答

步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)

步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

主題二 電壓

步驟一、問題引導(概念前測)

<p>2-1 電池有能量，造成電位差，驅使電子流動，。</p>	<p><b>問題2-1 電池為何可以使燈泡發光</b></p>  <p>1. 你的答案是?  2. 你的理由是： _____  3. 你的理由與下列選項較接近?  (A) 導線中的每個原子內有一層一層的電子  (B) 燈泡的兩個接點，只要用導線接起來就會光  (C) 電池產生電位差，提供電荷能量，電荷通過燈泡時，可使燈泡發光  (D) 電池會提供發光的化學物質，藉由導線傳遞，讓燈泡發光</p> <p><b>步驟二、學習活動</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 介紹基本電路元件的影片(電源、電器與導線)。</li> <li>2. 電路元件符號解說圖。</li> <li>3. 電路種類的影片(通路與斷路)。</li> <li>4. 類比概念對照圖表。</li> <li>5. 水車類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。</li> <li>6. 抽水機類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。</li> <li>7. 如何讓燈泡發光(含影片、影片內容的動畫說明)。</li> <li>8. 標的物與類比物的比較表。</li> </ol> <p><b>步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)</b>  <b>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</b></p>
<p>主題二 電壓</p> <p>2-2 電池串聯對電壓的影響?</p>	<p><b>步驟一、問題引導(概念前測)</b></p> <p><b>問題2-2 電池串聯對燈泡端電壓的影響</b></p> 

電池改為兩顆並聯，燈泡會?(假設一顆電池的電壓為1.5V)

1.你的答案是?

(A)不變 (B)變亮 (C)變暗

2.你的理由是：\_\_\_\_\_

3.你的理由與下列選項較接近?

(A)因為燈泡兩端只能承受1.5V的電位差，燈泡亮度不變。

(B)因為燈泡亮度與電池的接法無關。

(C)因為電池串聯，燈泡兩端的電位差會小於1.5V，燈泡變暗了。

(D)因為電池串聯，燈泡兩端的電位差變為3V，燈泡變亮了。

### 步驟二、學習活動

1.抽水機串聯類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。

2.電池串聯類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。

3.標的物與類比物的對照表。

4.找尋類比物與標的物的關連。

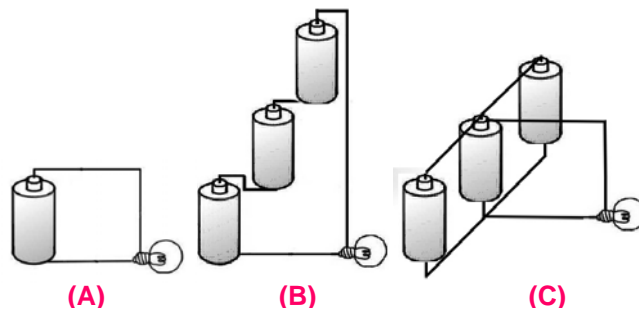
5.電池串聯個數與燈泡兩端電壓的關係解說圖。

### 步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)

### 步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

### 步驟五、挑戰題

請比較下列三圖，燈泡亮度的差異！



1.你的答案是?

(A)A=B=C (B)A=B>C (C)B>C>A (D)B>A=C

2.你的理由是：\_\_\_\_\_

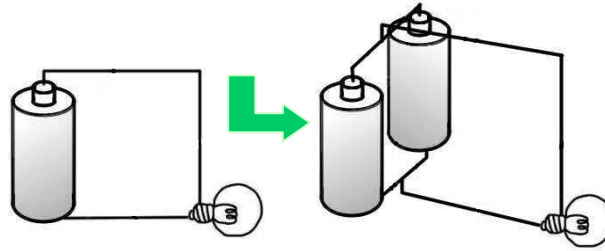
3.類題解答

主題二 電壓

2-3 電池並聯  
對電壓的  
影響？

步驟一、問題引導(概念前測)

問題2-3 電池並聯對燈泡端電壓的影響



1.你的答案是？ (A)不變 (B)變亮 (C)變暗

2.你的理由是：\_\_\_\_\_

3.你的理由與下列選項較接近？

(A)電池變多，燈泡兩端電位差變成3V，燈泡變亮。

(B)電池並聯後，燈泡兩端電位差不變，仍維持1.5V，所以燈泡亮度不變。

(C)燈泡亮度與電池沒有直接關係，所以燈泡亮度不變。

(D)並聯會讓電池產生衝突，導致電位差小於1.5V，所以燈泡變暗了。

步驟二、學習活動

1.抽水機並聯類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。

2.電池並聯類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。

3.標的物與類比物的對照表。

4.找尋類比物與標的物的關連。

5.電池並聯個數與燈泡兩端電壓的關係解說圖。

步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)

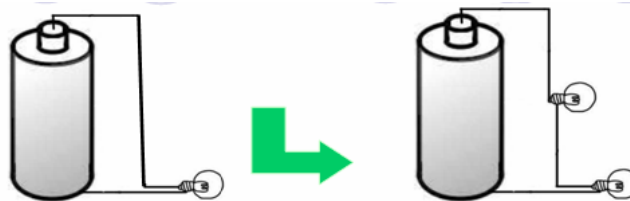
步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

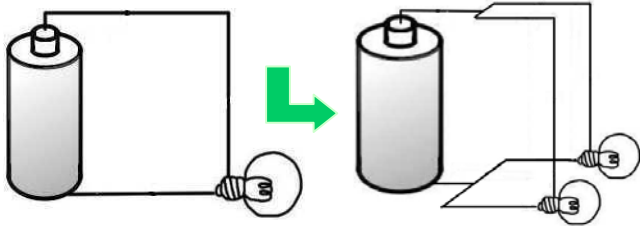
主題二 電壓

2-4 燈泡串  
聯，燈泡端  
電壓的變  
化？

步驟一、問題引導(概念前測)

問題2-4 燈泡串聯，燈泡端電壓的變化？



	<p>左邊電路圖中，改成兩個相同的燈泡串聯，燈泡的亮暗會有什麼變化呢？（註：一個電池電壓1.5V）</p> <p>1.你的答案是？</p> <p>(A)不變 (B)變亮 (C)變暗</p> <p>2.你的理由是：_____</p> <p>3.你的理由與下列選項較接近？</p> <p>(A)電池數目不變，所以每個燈泡兩端電位差都是1.5V，因此兩個燈泡亮度不變。</p> <p>(B)燈泡數目變多，所以每個燈泡兩端電位差會小於1.5V，因此兩個燈泡都變暗。</p> <p>(C)燈泡數目變多，所以燈泡兩端電位差會大於1.5V，因此燈泡越多越亮。</p> <p>(D)不管燈泡接法怎樣，燈泡兩端電位差都固定為1.5V，燈泡亮度不變。</p> <p><b>步驟二、學習活動</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.水車串聯類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。</li> <li>2.燈泡串聯類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。</li> <li>3.標的物與類比物的對照表。</li> <li>4.找尋類比物與標的物的關連。</li> <li>5.燈泡串聯與燈泡兩端電壓的關係解說圖。</li> </ol> <p><b>步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)</b></p> <p><b>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</b></p>
<p>主題二 電壓</p> <p>2-5 燈泡並聯，燈泡端電壓的變化</p>	<p><b>步驟一、問題引導(概念前測)</b></p> <p><b>問題2-5 燈泡並聯，燈泡端電壓的變化</b></p>  <p>左邊電路圖中，改成兩個相同的燈泡並聯，燈泡的亮暗會有什麼變化呢？</p>

1.你的答案是?

(A)不變 (B)變亮 (C)變暗

2.你的理由是：\_\_\_\_\_

3.你的理由與下列選項較接近?

(A)電位差被兩個燈泡均分，所以燈泡兩端電位差變成0.75V，因此燈泡變暗了。

(B)不管燈泡接法怎樣，燈泡兩端的電位差都固定為1.5V，因此燈泡亮度不變。

(C)燈泡並聯，每個燈泡獲得的電位差不變，維持1.5V，因此燈泡亮度不變。

(D)燈泡越多，燈泡兩端的電位差就會大於原來的1.5V，因此燈泡變亮。

### 步驟二、學習活動

1.水車並聯類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。

2.燈泡並聯類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。

3.標的物與類比物的對照表。

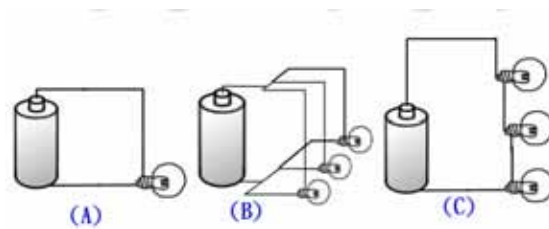
4.找尋類比物與標的物的關連。

5.燈泡並聯與燈泡兩端電壓的關係解說圖。

步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)

步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

步驟五、挑戰題




下列燈泡與電池都相同，請問(A)(B)(C)三圖的燈泡亮度，其順序的排列為?

1.你的答案是?

(A)A=B=C (B)A=B>C (C)A=C>B (D)A>B>C

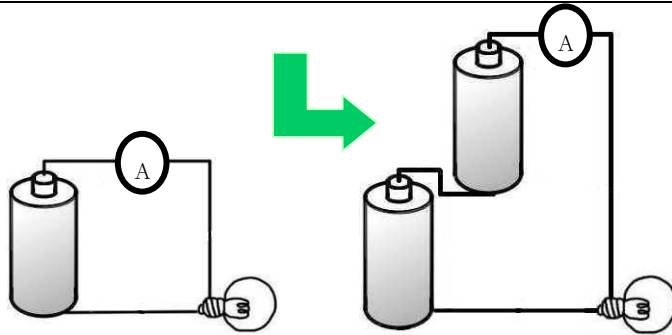
2.你的理由是?

3.挑戰題解答

<p>主題三 電流</p> <p>3-1 電子通過導線的微觀概念</p>	<p><b>步驟一、問題引導(概念前測)(flash)</b></p> <p><b>問題3-1 電子通過導線的微觀概念</b></p>  <p>請你想像一下，電子是如何通過導線的呢？</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.你的答案是？</li> <li>(A)直接穿越 (B)碰撞方式 (C)兩者皆有</li> <li>2.你的理由是：</li> <li>3.你的理由與下列選項較接近？</li> <li>(A)導線內空無一物，所以直接穿越。</li> <li>(B)導線內原子間是空的，所以電子可以穿越原子間的空隙而通過。</li> <li>(C)導線內原子間有許多自由移動的電子，所以電子都是利用碰撞的方式來通過導線。</li> <li>(D)導線內原子間有許多自由移動的電子，所電子以穿越或碰撞兩種方式，來通過導線。</li> </ol> <p><b>步驟二、學習活動</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.利用球通過不的甲乙兩管來進行類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)</li> <li>2.導線內部粒子排列教學(動畫、透明管子內有保麗龍球的模擬影片，以及動畫說明)</li> <li>3.電子通過導線的教學(動畫、保麗龍球通過透明管子的模擬影片，以及動畫說明)</li> <li>4.電流與電子流定義教學(動畫、網頁)</li> </ol> <p><b>步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)</b></p> <p><b>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</b></p>
<p>主題三 電流</p> <p>3-2 電池串聯，流經</p>	<p><b>步驟一、問題引導(概念前測)</b></p> <p><b>問題3-2 電池串聯，流經燈泡的電流大小</b></p>



燈泡的電  
流大小



將左邊電路圖，改為兩個相同的電池串聯，安培計的讀數會有什麼變化呢？

1.你的答案是？

- (A)不變，仍為1A。
- (B)變大，讀數為2A
- (C)變小，讀數為0.5A

2.你的理由是：\_\_\_\_\_

3.你的理由與下列選項較接近？

- (A)因為燈泡最大只能承受1A的電流。
- (B)因為通過燈泡的電流，與電壓大小無關。
- (C)因為電池越多，通過燈泡的電流變小，安培計讀數應為0.5A。
- (D)因為電池越多，通過燈泡的電流變大，安培計讀數應為2A。

### 步驟二、學習活動

- 1.抽水機串聯，水流速度類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。
- 2.電池串聯，安培計讀數變化(通過燈泡的電流大小)類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。
- 3.標的物與類比物的對照表。
- 4.找尋類比物與標的物的關連。
- 5.電池串聯與通過燈泡電流大小的關係解說圖。

步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)

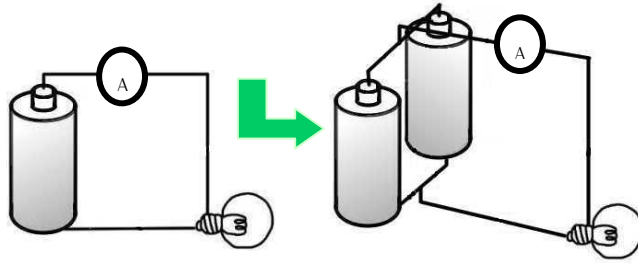
步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

步驟五、問題解答

主題三 電流  
3-3 電池並

步驟一、問題引導(概念前測)  
問題3-3電池並聯，流經燈泡的電流大小

聯，流經燈泡的電流大小



將左邊電路改成兩個相同的電池並聯，若左邊安培計讀數為1A，則右邊安培計讀數應為多少？(不考慮導線與電池內部阻力)

1.你的答案是？

- (A)不變，讀數維持1A
- (B)變大，讀數為2A
- (C)變小，讀數為0.5A

2.你的理由是：

3.你的理由與下列選項較接近？

- (A)電池數目變多，燈泡變亮，所以通過燈泡的電流變成2A。
- (B)電池並聯後，燈泡亮度不變，所以通過的電流維持1A。
- (C)燈泡亮度與電池接法沒有直接關係，所以通過燈泡的電流維持1A。
- (D)並聯會讓電池產生衝突，導致燈泡變暗，所以通過燈泡的電流變成0.5A。

### 步驟二、學習活動

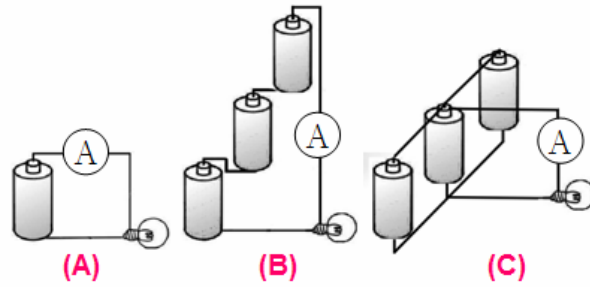
- 1.抽水機並聯，水流速度類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。
- 2.電池並聯，安培計讀數變化(通過燈泡的電流大小)類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。
- 3.標的物與類比物的對照表。
- 4.找尋類比物與標的物的關連。
- 5.電池並聯與通過燈泡電流大小的關係解說圖。

步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)

步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

步驟五、問題解答

步驟六、挑戰題



請比較下列三圖，安培計讀數大小的差異！

1. 你的答案是：

(A)  $A=B=C$     (B)  $B>A=C$     (C)  $B>C>A$     (D)  $A=B>C$

2. 你的理由是？

3. 挑戰題解答

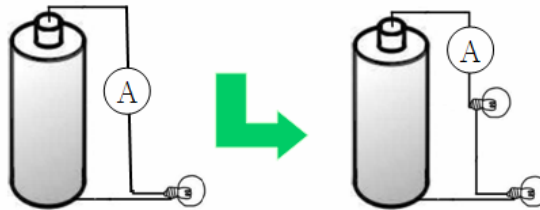
### 主題三 電流

#### 3-4 燈泡串

聯，流經燈  
泡的電流  
大小

#### 步驟一、問題引導(概念前測)

#### 問題3-4 燈泡串聯，流經燈泡的電流大小



將左邊電路改成兩個相同的燈泡串聯，若左邊安培計讀數為1A，則右邊安培計讀數應為多少？（不計導線與電池內部阻力）

1. 你的答案是？

(A) 不變，讀數維持1A

(B) 變大，讀數變成2A

(C) 變小，讀數變成0.5A

2. 你的理由是：

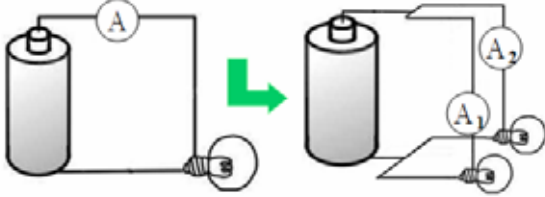
3. 你的理由與下列選項較接近？

(A) 電池數目不變，每個燈泡亮度相同，因此通過燈泡的電流維持1A。

(B) 燈泡數目變多，每個燈泡都變暗了，因此通過燈泡的電流也變成0.5A。

(C) 燈泡越多，亮度越大，因此通過燈泡的電流也變成2A。

(D) 不管燈泡怎樣接法，亮度都不變，因此通過燈泡電流維持1A。

	<p><b>步驟二、學習活動</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.水車串聯，水流速度類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。</li> <li>2.燈泡串聯，安培計讀數變化(通過燈泡的電流大小)類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。</li> <li>3.標的物與類比物的對照表。</li> <li>4.找尋類比物與標的物的關連。</li> <li>5.燈泡串聯與通過燈泡電流大小的關係解說圖。</li> </ol> <p><b>步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)</b></p> <p><b>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</b></p> <p><b>步驟五、問題解答</b></p>
<p>主題三 電流</p> <p>3-5 燈泡並聯，流經燈泡的電流大小</p>	<p><b>步驟一、問題引導(概念前測)</b></p> <p><b>問題3-5 燈泡並聯，流經燈泡的電流大小</b></p>  <p>將左邊電路改成兩個相同的燈泡並聯，若左邊安培計讀數為1A，則右邊A<sub>1</sub>與A<sub>2</sub>安培計讀數應為多少？（不考慮導線與電池內部阻力）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.你的答案是？</li> </ol> <p>(A)不變，安培計讀數A<sub>1</sub> = A<sub>2</sub> = 1A</p> <p>(B)變大，安培計讀數A<sub>1</sub> = A<sub>2</sub> = 2A</p> <p>(C)變小，安培計讀數A<sub>1</sub> = A<sub>2</sub> = 0.5A</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.你的理由是：</li> <li>3.你的理由與下列選項較接近？</li> </ol> <p>(A) 電位差被兩個燈泡均分，燈泡變暗，因此通過燈泡的電流變成0.5A。</p> <p>(B) 不管燈泡怎樣接，亮度都不變，因此通過燈泡的電流維持1A。</p> <p>(C) 燈泡並聯，每個燈泡端電壓不變，燈泡亮度不變，因此通過燈泡的電流維持1A。</p> <p>(D) 燈泡越多，燈泡就會越亮，因此通過燈泡兩端的電流變成2A。</p>

## 步驟二、學習活動

1. 水車並聯，水流速度類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。
2. 燈泡並聯，安培計讀數變化(通過燈泡的電流大小)類比教學(含影片、影片內容的動畫說明)。
3. 標的物與類比物的對照表。
4. 找尋類比物與標的物的關連。
5. 燈泡並聯與通過燈泡電流大小的關係解說圖。

## 步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)

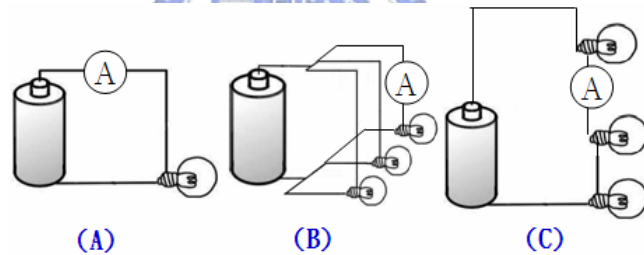
## 步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

## 步驟五、問題解答

## 步驟六、挑戰題

### ◎挑戰題 1

下列燈泡與電池都相同，請問(A)(B)(C)三圖的安培計讀數大小的順序為何？



1. 你的答案是？

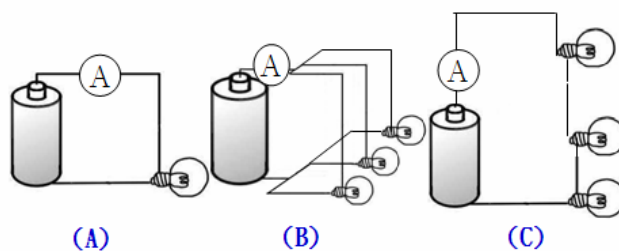
(A)  $A=B=C$  (B)  $A=C>B$  (C)  $A=B>C$  (D)  $A>B>C$

2. 你的理由是？

3. 挑戰題 1 解答

### ◎挑戰題 2

下列燈泡與電池都相同，測量(A)(B)(C)三圖電池送出的電流大小，請問安培計讀數的順序為何？



	<p>1.你的答案是？</p> <p>(A) <math>A=B=C</math> (B) <math>A=C&gt;B</math> (C) <math>A=B&gt;C</math> (D) <math>B&gt;A&gt;C</math></p> <p>2.你的理由是？</p> <p>3.挑戰題 2 解答</p>
<p>主題四 電阻</p> <p>4-1 電路上有無燈泡，對電流大小的影響</p>	<p><b>步驟一、問題引導(概念前測)</b></p> <p><b>問題4-1 電路上有無燈泡，對電流大小的影響</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>電路中有無障礙（如燈泡），是否會影響電流的大小呢？</p> <p>1.你的答案是？</p> <p>(A)會 (B)不會</p> <p>2.你的理由是：_____</p> <p>3.你的理由與下列選項較接近？</p> <p>(A)燈泡還是可以讓電荷通過。</p> <p>(B)燈泡的光能會轉換成電能，讓電荷流動更快。</p> <p>(C)燈泡對流動的電荷是一種阻礙。</p> <p>(D)電池提供的電壓，讓燈泡對電荷的阻礙可以忽略不計。</p> <p><b>步驟二、學習活動</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.標的物與類比物對照表。</li> <li>2.水管中有海綿，對水流速度影響之類比教學(含實驗影片、影片動畫解說)</li> <li>3.電阻對電流大小的影響教學(含實驗影片、影片動畫解說)</li> <li>4.海綿前後，水流速度變化的類比教學(含實驗影片、影片動畫解說)</li> <li>5.燈泡前後，電流大小變化的教學(含實驗影片、影片動畫解說)</li> <li>6.找尋類比物與標的物的關連。</li> <li>7.燈泡並聯與通過燈泡電流大小的關係解說圖。</li> <li>8.正確解答。</li> </ol> <p><b>步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)</b></p>

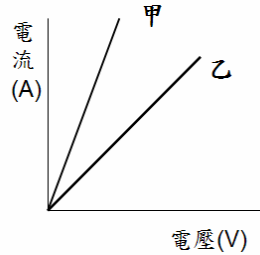
	<p>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</p> <p>步驟五、正確解答</p>															
<p>主題四 電阻</p> <p>4-2 電池串聯，電壓與電流的比值</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>問題4-2電池串聯，電壓與電流的比值</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>左邊電路圖中，若改成兩個相同的電池串聯後，如右圖，通過燈泡的電壓與電流的比值是否會發生改變?(不考慮導線與電池內部的阻力!)</p> <p>1.你的答案是?</p> <p>(A)不變 (B)變成0.5倍 (C)變成2倍 (D)變成4倍</p> <p>2.你的理由是：_____</p> <p>3.你的理由與下列選項較接近?</p> <p>(A)電池串聯，通過燈泡電流變成2倍。</p> <p>(B)電池串聯，燈泡兩端電壓變成2倍。</p> <p>(C)電池串聯，燈泡兩端電壓變成2倍，通過的電流變成0.5倍。</p> <p>(D)電池串聯，燈泡兩端電壓變成2倍，通過的電流也變成2倍。</p> <p><b>步驟二、學習活動</b></p> <p>1.電阻線兩端電壓與電流的關係(影片)</p> <p>2.電流與電壓的正比圖(圖表說明)</p> <p>3.電阻的定義(圖表說明)</p> <p>4.類題練習與解答</p> <p>前面實驗的數據如下，請你算出此電阻線的電阻值為多少?</p> <table border="1" data-bbox="507 1787 1417 1989"> <tr> <td>電池個數</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>伏特計讀數</td> <td>0V</td> <td>1.5V</td> <td>3.0V</td> <td>4.5V</td> </tr> <tr> <td>安培計讀數</td> <td>0A</td> <td>0.015A</td> <td>0.030A</td> <td>0.045A</td> </tr> </table>	電池個數	0	1	2	3	伏特計讀數	0V	1.5V	3.0V	4.5V	安培計讀數	0A	0.015A	0.030A	0.045A
電池個數	0	1	2	3												
伏特計讀數	0V	1.5V	3.0V	4.5V												
安培計讀數	0A	0.015A	0.030A	0.045A												

你的答案是?

- (A)  $0.015 \div 1.5 = 0.01(\Omega)$       (B)  $1.5 \div 0.015 = 100(\Omega)$   
(C)  $1.5 \times 0.015 = 0.0225(\Omega)$       (D)  $1.5 + 0.015 = 1.515(\Omega)$

5. 歐姆定律說明

6. 歐姆定律類題練習與解答



請問上圖中，甲、乙兩電阻線的電阻大小？

你的答案是：

- (A) 甲 = 乙   (B) 甲 > 乙   (C) 甲 < 乙

步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)

步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)

步驟五、正確解答

主題四 電阻

4-4 燈泡串

聯，總電阻  
的變化

步驟一、問題引導(概念前測)

問題4-4燈泡串聯，總電阻的變化



左邊電路圖中，改成兩個相同的燈泡串聯，電路中的總電阻會有什麼變化呢？

1. 你的答案是？

- (A) 變大   (B) 變小   (C) 不變   (D) 以上皆有可能

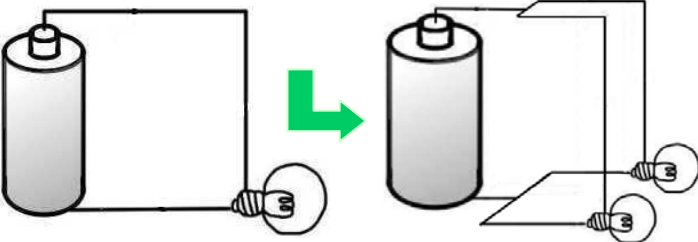
2. 你的理由是：

步驟二、學習活動

1. 單一燈泡與燈泡串聯，其總電壓、總電流與總電阻之比較圖。

2. 燈泡串聯個數與『總電阻』大小的關係。



	<p>步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)</p> <p>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</p> <p>步驟五、正確解答</p>
<p>主題四 電阻</p> <p>4-5 燈泡並聯，總電阻的變化</p>	<p>步驟一、問題引導(概念前測)</p> <p>問題4-5燈泡並聯，總電阻的變化</p>  <p>左邊電路圖中，若改成兩個相同的燈泡並聯，如右圖，電路中的總電阻會有什麼變化呢？</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.你的答案是？ (A)變大 (B)變小 (C)不變 (D)以上皆有可能</li> <li>2.你的理由是：</li> </ol> <p>步驟二、學習活動</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.單一燈泡與燈泡並聯，其總電壓、總電流與總電阻之比較圖。</li> <li>2.燈泡並聯個數與『總電阻』大小的關係。</li> </ol> <p>步驟三、重新提問，澄清概念(題目同步驟一)</p> <p>步驟四、前後推理內容的比較(將答案及推理內容並列)</p> <p>步驟五、正確解答</p>

附錄二 電學單元成就測驗

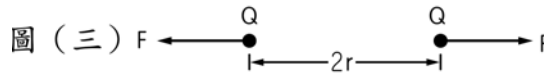
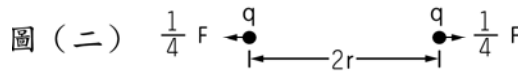
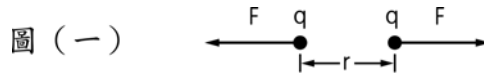
主題一 靜電與感應起電 成就測驗

1. 兩帶電體的帶電量、距離均增為原來的 2 倍，則其間的靜電力將為何？

- (A) 增大為 2 倍 (B) 減少 2 倍 (C) 增大為 4 倍 (D) 不變

2. 如下列三圖所示，電量  $q$ 、 $Q$  的兩種電荷，距離  $(r)$  與靜電力  $(F)$  的關係，問  $Q$  電量為  $q$  電量的幾倍？

- (A)  $\frac{1}{4}$  (B)  $\frac{1}{2}$  (C) 4 (D) 2



3. 兩電量均為  $+q$  的固定點電荷相距  $r$ ，其間庫倫靜電力大小為  $F$ 。當距離  $r$  不變時，下列各圖中每一點電荷所受靜電力之力圖何者正確？

- (A) (B) (C) (D)

4. 設兩靜止點電荷之間的靜電力大小為  $F$ ，欲使兩者之間的靜電力大小成為  $4F$ ，可以採用下列那個方法？ (A) 兩電荷的電量均不變，其間的距離成為兩倍 (B) 兩電荷的電量均不變，其間的距離成為一半 (C) 其中一電荷的電量成為兩倍，而其間距離保持不變 (D) 其中一電荷的電量成為一半，而其間距離保持不變

5. 如果某物體帶有多餘的電子，則此物體為何？

- (A) 因負電多於正電，故帶正電 (B) 因正電多於負電，故帶正電 (C) 因正電多於負電，故帶負電 (D) 因負電多於正電，故帶負電

6. 以帶負電的塑膠尺接近一極輕的物體，此輕物被塑膠尺所吸引，則下列何者正確？

- (A) 物體必帶負電 (B) 物體必帶正電 (C) 物體必不帶負電 (D) 物體可能帶負電，也可能不帶電

7. 某電路中，1 分鐘內通過某一截面的電子為  $3.75 \times 10^{19}$  個，則電路中 1 秒鐘通過的電量為若干庫倫？

- (A)  $1.6 \times 10^{-19}$  庫倫 (B)  $3.75 \times 10^{19}$  庫倫 (C) 1 庫倫 (D) 0.1 庫倫

8. 甲、乙兩物體在摩擦時，甲物失去  $2 \times 10^8$  個電子，則乙物體帶電量為多少庫倫？

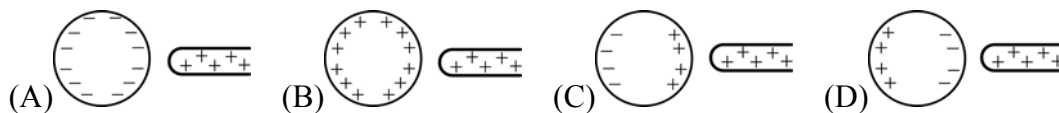
- (A)  $+3.2 \times 10^{-11}$  庫倫 (B)  $-3.2 \times 10^{-11}$  庫倫 (C)  $-2 \times 10^8$  庫倫 (D)  $+2 \times 10^8$  庫倫

9. 某物體帶電，下列電量的表示方式何者不合理？

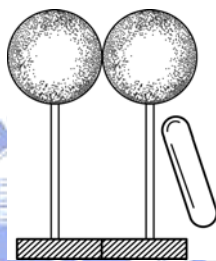
- (A) 0.1 庫倫 (B)  $0.5e$  (C)  $3.2 \times 10^{-19}$  庫倫 (D)  $20e$

10. 置於帶電體附近的中性導體因靜電感應而正、負電荷分離，若將帶電體移去，則導體上的電荷將如何變化？ (A) 漸增加 (B) 繼續正、負電荷分離的現象 (C) 恢復原先均勻分布的狀態 (D) 皆有可能

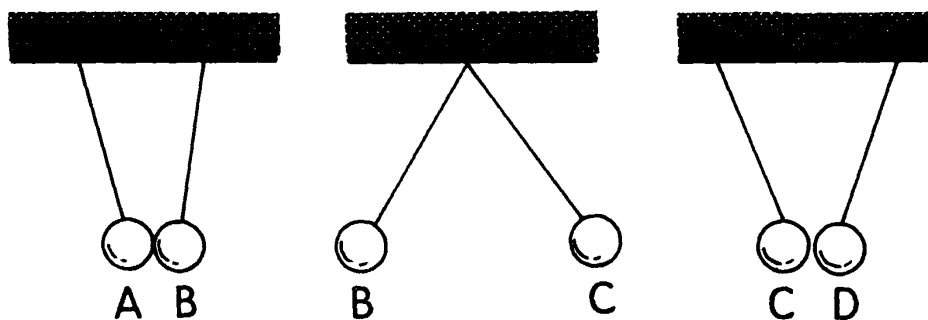
11. 用絲絹摩擦過的玻璃棒，靠近一置於塑膠杯上的銅條(不可接觸)，則此銅條之帶電情況如何？ (A) 遠離玻璃棒端帶負電 (B) 正電荷因受玻璃棒排斥而移至遠端 (C) 電子因受玻璃棒吸引而移至近端 (D) 用手觸摸銅條後，再將玻璃棒移走，則銅條帶正電
12. 帶正電的物體接近不帶電的金屬球時，會發生靜電感應。下列何者為金屬球上感應電荷的合理分布圖？



13. 如圖，兩絕緣金屬球互相接觸，其旁置一經絲絹摩擦後的玻璃棒，如欲使兩球分別帶正電與負電，則其步驟為何？ (A) 拿走玻璃棒再分開金屬球 (B) 分開金屬球再拿開玻璃棒 (C) 玻璃棒和金屬球接觸一下再拿開，然後再分開金屬球 (D) 用手觸一下再拿開玻璃棒，然後再分開金屬球



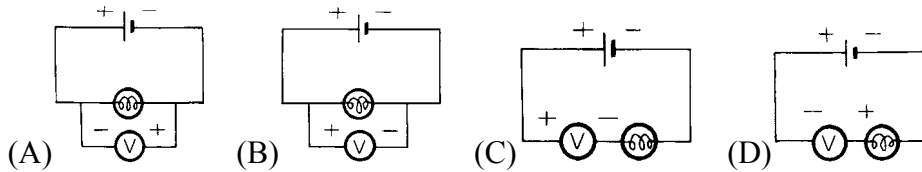
14. 實驗桌上有毛皮、汽球、銅棒、鐵棒四種不帶電的東西，若小明想要使這四種物體帶電，下列敘述中那一種方法能使物體帶電？ (A) 將銅棒與鐵棒相互摩擦 (B) 將毛皮與氣球相互摩擦 (C) 將銅棒與毛皮互相摩擦 (D) 利用利用氣球與鐵棒互相摩擦
15. 根據下圖，已知 A 球帶正電，則其他小球的帶電情形為何？



- (A) B 球帶負電，C 球帶負電，D 球帶正電。  
 (B) B 球帶正電，C 球帶正電，D 球帶負電。  
 (C) B 球帶負電，C 球帶負電，D 球帶正電或不帶電。  
 (D) B 球帶正電，C 球帶正電，D 球帶負電或不帶電。

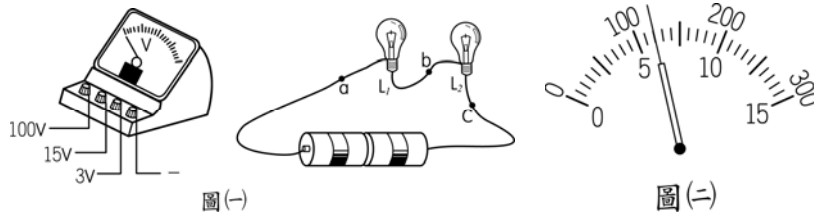
## 主題二 電 壓

1. 下列伏特計的使用法何者正確？



2. 阿姣欲測量圖(一) $L_1$ 兩端的電壓，她將 a 接在伏特計 3V 的端子上，b 接在伏特計  $\ominus$  的端子上，結果如圖(二)所示，則  $L_1$  兩端的電壓為何？

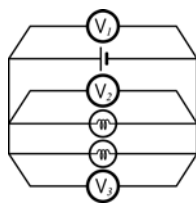
(A) 120V (B) 7V (C) 2.4V (D) 1.2V



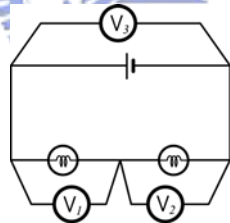
3. 測量某電源的電壓時，使用的伏特計測量應先接哪一個範圍？ (A) 先接 30V 處 (B) 先接 15V 處 (C) 先接 3V 處 (D) 沒有一定原則

4. 如圖(三)中，電池與兩個相同的燈泡並聯，那個伏特計測得的電壓最大？ (A)  $V_1$  (B)  $V_2$  (C)  $V_3$  (D) 一樣大

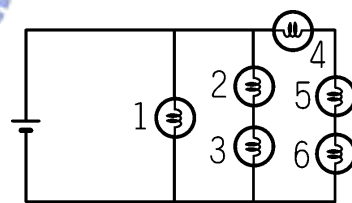
5. 如圖(四)中，電池與兩個相同的燈泡串聯，那個伏特計測得的電壓最大？ (A)  $V_1$  (B)  $V_2$  (C)  $V_3$  (D) 一樣大



圖(三)



圖(四)



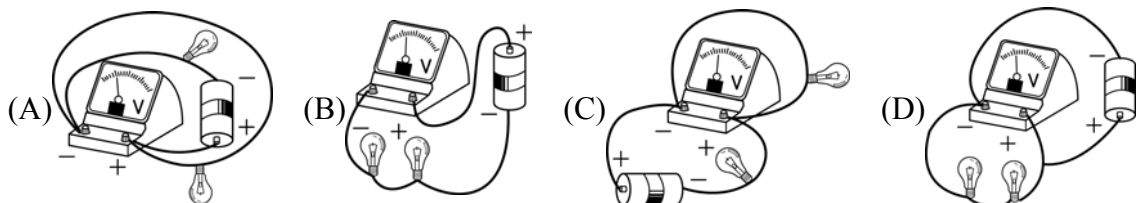
圖(五)

6. 有一個手電筒，所使用燈泡的規定電壓是 6 伏特，此手電筒共用了 8 個乾電池。已知每一個乾電池的電壓為 1.5 伏特，則電池可能的連接方式為下列何者？ (A) 全部串聯 (B) 全部並聯 (C) 4 個串聯為 1 組，2 組再並聯 (D) 每 2 個串聯為 1 組，4 組再並聯

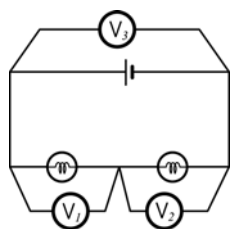
7. 將 6 個完全相同的燈泡連接在一起，並接上電池，如圖(五)所示，則最亮的燈泡為幾號？ (A) 1 號 (B) 2 號 (C) 5 號 (D) 4 號

8. 承上題，請問哪一個燈泡會最暗？ (A) 1 號 (B) 2 號 (C) 3 號 (D) 4 號

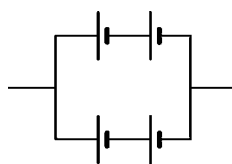
9. 一個電池與兩個燈泡串聯使用，下列何種接法可以測得其中一個燈泡兩端的電位差？



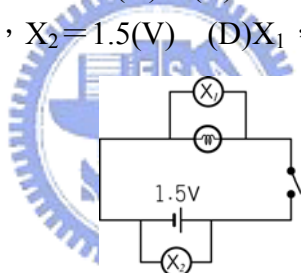
10. 利用伏特計測量電路上燈泡兩端的電壓，伏特計  $V_1$  讀數為  $2V$ ， $V_2$  的讀數為  $1V$ ，若不考慮其他因素，伏特計  $V_3$  的讀數應該是多少？ (A)  $0V$  (B)  $1V$  (C)  $2V$  (D)  $3V$



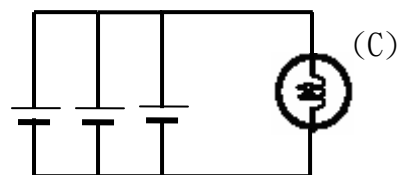
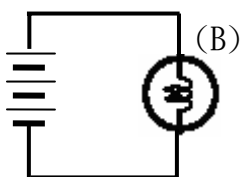
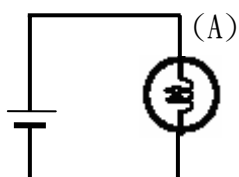
11. 某一知名品牌隨身聽，其電池組的裝置如下，聰明的你是否可以計算出此隨身聽需要多少電位差（電壓），才能正常運作（若一個電池提供的電位差為  $1.5V$ ）？(A)  $0V$  (B)  $1.5V$  (C)  $3V$  (D)  $6V$



12. 如圖(四)，下列有關電路中的敘述，何者錯誤？  
 (A) 若電路成通路時， $X_1 = X_2 = 1.5V$  (B) 若電路成斷路時， $X_1 = X_2 = 0V$  (C) 若電路成斷路時， $X_1 = 0V$ ， $X_2 = 1.5V$  (D)  $X_1$ ， $X_2$  都是伏特計

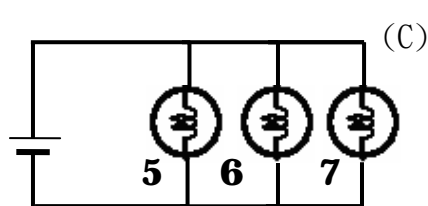
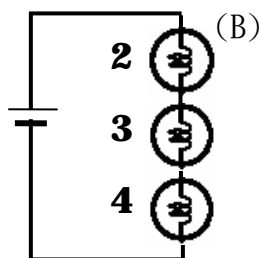
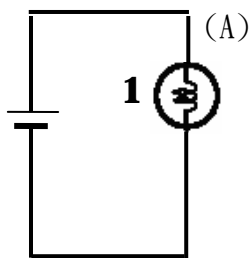


13. 下列各圖中，電池與燈泡的規格均相同，請問燈泡 A、B、C 哪一個最亮？  
 (A) 燈泡 A (B) 燈泡 B (C) 燈泡 C (D) 一樣亮。



14. 承上，若燈泡 A 的端電壓為  $1.5V$ ，則燈泡 B 與燈泡 C 的端電壓為多少？ (A) 燈泡 B  $\rightarrow 1.5V$ ；燈泡 C  $\rightarrow 1.5V$  (B) 燈泡 B  $\rightarrow 1.5V$ ；燈泡 C  $\rightarrow 4.5V$  (C) 燈泡 B  $\rightarrow 4.5V$ ；燈泡 C  $\rightarrow 4.5V$  (D) 燈泡 B  $\rightarrow 4.5V$ ；燈泡 C  $\rightarrow 1.5V$

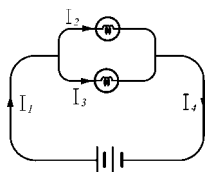
題組：(A)(B)(C)三圖中，燈泡與電池規格均相同，若電池的電壓為 1.5V，請回答下列問題。



15. 請問上述的 7 個燈泡中，哪些燈泡亮度最亮？(A) 2、3、4 (B) 5、6、7 (C) 1、2、3、4 (D) 1、5、6、7
16. 若燈泡 1 的端電壓為 1.5V，則燈泡 2 的端電壓為多少？(A) 0.5V (B) 1V (C) 1.5V (D) 4.5V
17. 若燈泡 1 的端電壓為 1.5V，則燈泡 5 的端電壓為多少？(A) 0.5V (B) 1V (C) 1.5V (D) 4.5V
18. 請畫出『通路』與『斷路』，並加以說明之！  
(電池一個、燈泡一個、導線、單刀開關)

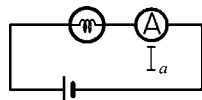
### 主題三 電流 成就測驗

1. 金屬導體中的電流是下列何種的流動？(A) 中子的流動 (B) 質子的流動 (C) 電子的流動 (D) 離子的流動
2. 電流恆為 3A 的電線，通電 2 分鐘，則電量為多少庫侖？(A) 6 (B) 360 (C) 1 (D) 5
3. 在一電路上，每分鐘有  $4.5 \times 10^{20}$  個電子通過某一點，試求電路上電流強度為若干安培？(A) 0.5 (B) 0.4 (C) 0.8 (D) 1.2
4. 下列有關電流的敘述何者有誤？(A) 電流由電池的正極經導線流到負極 (B) 導線上的電流由高電位處往低電位處流動 (C) 電流的方向即為電子流動的方向 (D) 電壓是驅使電荷流動的原動力。
5. 下列有關安培計之使用敘述，何者錯誤？(A) 應與電路串聯 (B) 斷路時指針歸零 (C) 測量電流時，範圍由大而小改變，直至指針明顯移動時計數 (D) 必須接在電器與電池正極間，不能接在電器與電池負極間。
6. 圖中，為二個相同的電池和二個相同的燈泡連接而成的電路， $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$  為各段導線所流經的電流，若  $I_4=6A$ ，則  $I_2$  與  $I_3$  各為多少？(A)  $I_2=6A$ ， $I_3=6A$  (B)  $I_2=5A$ ， $I_3=1A$  (C)  $I_2=3A$ ， $I_3=3A$  (D)  $I_2=1A$ ， $I_3=5A$

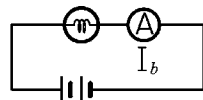


7. 如圖(一)、(二)、(三)中每個電池與燈泡均相同，電流讀數的關係，何者正確？

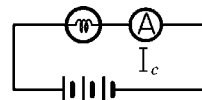
- (A)  $I_c > I_b > I_a$  (B)  $I_a > I_b > I_c$  (C)  $I_a = I_b = I_c$  (D)  $I_a = I_b + I_c$



圖(一)

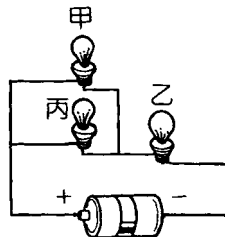


圖(二)



圖(三)

- 8.如圖中，甲、乙、丙三相同燈泡的亮度關係為何？(A)甲、乙、丙亮度相同 (B)甲較亮，乙、丙亮度相同 (C)乙較亮，甲、丙亮度相同 (D)丙較亮，甲、乙亮度相同

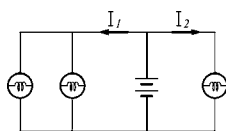


- 9.如圖(四)中電路，設所有燈泡均相同，則  $I_1$  與  $I_2$  的關係式為何？

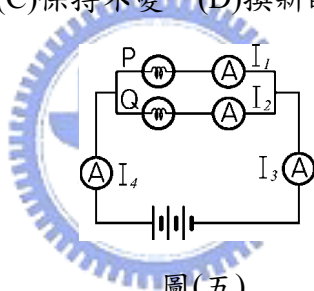
- (A)  $I_1 = I_2$  (B)  $I_1 + I_2 = 0$  (C)  $2I_1 = I_2$  (D)  $I_1 = 2I_2$

- 10.如圖(五)的電路，已知  $I_1 = 6A$ ， $I_4 = 14A$ ，則  $I_2 = ?$  (A)  $6A$  (B)  $8A$  (C)  $14A$  (D)  $20A$

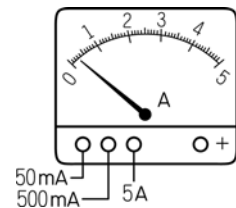
- 11.小明使用圖(六)的安培計時，當導線接鈕接於「 $5A$ 」時，所得的電流讀數為「 $0.35A$ 」，今欲進一步獲得較正確的讀數時，應如何操作？(A)將接鈕移到「 $50mA$ 」處 (B)將接鈕移到「 $500mA$ 」處 (C)保持不變 (D)換新的安培計



圖(四)



圖(五)



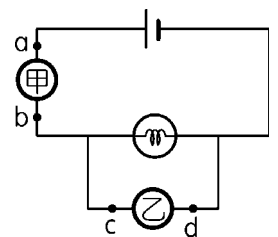
圖(六)

- 12.欲測一電路之電壓與電流，裝置如圖，則下列何者正確？

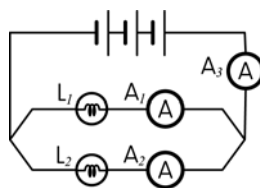
- (A)甲、乙皆為安培計 (B)甲、乙皆為伏特計 (C)甲為安培計，乙為伏特計 (D)甲為伏特計，乙為安培計

- 13.同上圖，甲、乙兩儀器的⊕端應接在何處？

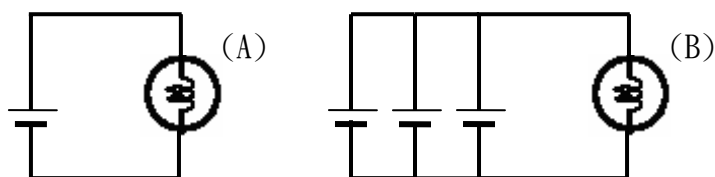
- (A)a、c (B)a、d (C)b、c (D)b、d



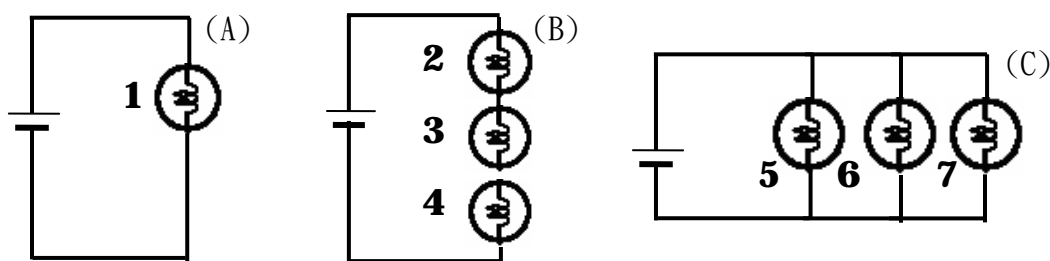
- 14.如圖所示， $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 均為相同規格的安培計，兩燈泡 $L_1$ 及 $L_2$ 規格也相同。則下列敘述何者正確？(A)兩燈泡為串聯 (B)三個電池為並聯 (C)若 $L_1$ 損壞，則 $L_2$ 的亮度變大 (D)若 $A_1$ 讀數為1安培，則 $A_2$ 及 $A_3$ 之讀數分別為1安培及2安培



15. 下列各圖中，電池與燈泡的規格均相同，若通過燈泡 A 的電流為 1A，請問通過燈泡 B 的電流為多少？(A) 大於 1A (B) 等於 1A (C) 小於 1A (D) 可能大於 1A，也可能小於 1A。



題組：(A)(B)(C)三圖中，燈泡與電池的規格均相同，若通過燈泡 1 的電流大小為 1A，請回答下列問題。



16. 請問通過燈泡 2 的電流大小？(A) 大於 1A (B) 等於 1A (C) 小於 1A (D) 可能大於 1A，也可能小於 1A。
17. 請問通過燈泡 5 的電流大小？(A) 大於 1A (B) 等於 1A (C) 小於 1A (D) 可能大於 1A，也可能小於 1A。

18. 導線內部微觀的狀況應該是如何？請你畫出來，並詳加解釋！

圖：

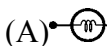
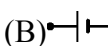
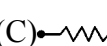
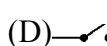
你的解釋：

19. 承上題，請問電子是怎樣通過導線的呢？請你畫出來，並詳加解釋！

圖：

你的解釋：

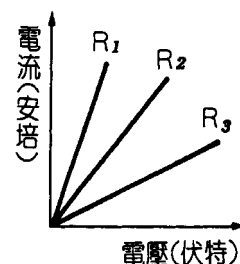
#### 主題四 電阻與歐姆定律

1. 下列何者為電阻的電路符號？ (A)  (B)  (C)  (D) 
2. 電阻的成因是因電子在導體內流動時如何？ (A) 受到中子的阻擋 (B) 導體內對電子的摩擦力 (C) 電源正、負極的靜電力 (D) 與導體內原子的碰撞

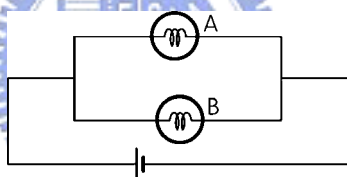


- 3.粗細相同的兩種鐵絲長度分別為60m和80m，何者電阻大？  
 (A)60m (B)80m (C)相同 (D)無法判斷
- 4.某工廠用相同的材料製造導線，為了增加能源的利用效率必須減小導線的電阻，試問下列那一種方法可以減少導線的電阻？ (A)加粗導線 (B)把導線做得細一點 (C)將導線塗上較漂亮的顏色 (D)將導線拉長
- 5.下列何者的電阻最大？ (A)銀棒 (B)鐵塊 (C)石墨棒 (D)玻璃棒
- 6.鎳鉻合金是電熱器的材料，若將一段鎳鉻合金連接 30 伏特的電壓，通過鎳鉻合金線的電流為 3 安培，則此段鎳鉻合金的電阻大小是多少歐姆？  
 (A)5 歐姆 (B)10 歐姆 (C)15 歐姆 (D)30 歐姆

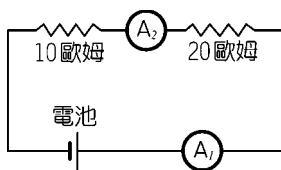
- 7.如右圖所示為小丸子做歐姆定律驗證之實驗結果，小丸子所用的三個電阻  $R_1$ 、 $R_2$  及  $R_3$  大小之關係為何？ (A) $R_1 > R_2 > R_3$  (B) $R_3 > R_2 > R_1$  (C) $R_3 > R_1 > R_2$  (D) $R_2 > R_3 > R_1$



- 8.有一金屬導線符合歐姆定律，下列敘述何者正確？  
 (A)金屬導線兩端的電壓和通過的電流成正比 (B)金屬導線的電阻會隨通過的電流的增大而增大 (C)金屬導線的電阻會隨電壓的改變而改變 (D)歐姆定律適用於所有的導體
- 9.如圖所示，A (電阻  $3\Omega$ )、B (電阻  $6\Omega$ ) 兩個不同燈泡，電池電壓為 6 伏特，則電路的總電阻為多少？ (A)2 (B)3 (C)9 (D)18



- 10.在圖的電路中，若電池提供的電壓為 18 伏特，安培計  $A_1$  測得的電流為 0.6 安培，則電路中的總電阻為多少？ (A) $10\Omega$  (B) $18\Omega$  (C) $20\Omega$  (D) $30\Omega$



一、小真做歐姆定律的實驗，裝置如圖，試回答下列問題：

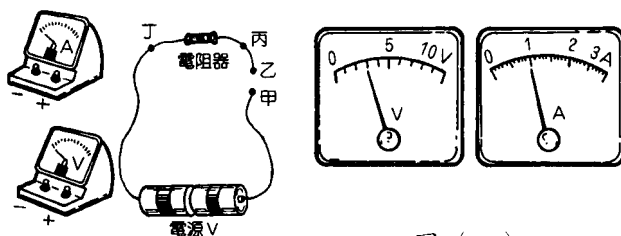


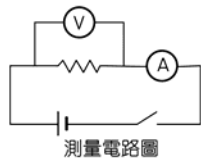
圖 (一)

圖 (二)

- 11.小真做歐姆定律的實驗，裝置如圖(一)，測量結果如圖(二)，則電阻器的電阻為多少歐姆？ (A) $\frac{1}{3}$  (B)1 (C)3 (D)6

12. 小真做歐姆定律的實驗，裝置如圖(一)，已知電阻線為金屬導體，則將電池數目由2個增為4個時，電阻器的電阻為多少歐姆？ (A)  $\frac{1}{3}$  (B) 1 (C) 3 (D) 6

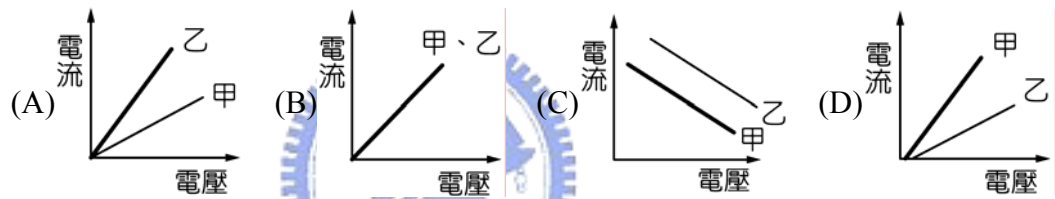
二、小雯利用電池、安培計和伏特計等器材，測量甲和乙二條不同電阻線兩端的電壓及通過電阻線的電流，實驗裝置電路如圖，她獲得的實驗數據如表。



項 目	甲電阻線				乙電阻線			
	無	一個	二個	三個	無	一個	二個	三個
電池數目	無	一個	二個	三個	無	一個	二個	三個
伏特計讀數(V)	0	1.4	2.8	4.2	0	1.4	2.8	4.2
安培計讀數(mA)	0	7	14	21	0	14	28	42

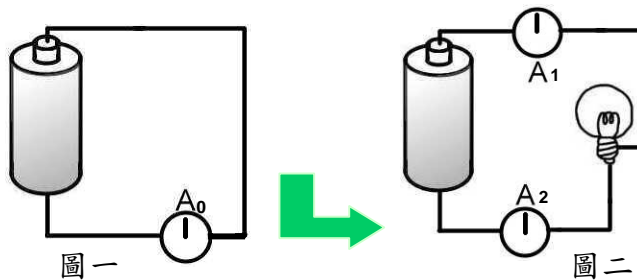
13. 根據上表，對於甲電阻線來說，串聯的電池數目越多，對其電阻值是否產生變化？  
(A) 變大 (B) 變小 (C) 不變 (D) 數據不足，無法判斷。

14. 根據上表，下列推論何者正確？



15. 根據表中的數據，分別用  $R_{甲}$ 、 $R_{乙}$  來表示甲、乙兩電阻大小，下列敘述何者正確？  
(A)  $R_{甲} = 2R_{乙}$  (B)  $R_{乙} = 2R_{甲}$  (C)  $R_{甲} = R_{乙}$  (D)  $R_{甲} = 4R_{乙}$

三、下圖一中的電路圖中，若未加入電阻線時，安培計  $A_0$  讀數極大。若加入一燈泡後，如下圖二， $A_1$  與  $A_2$  是測量通過燈泡前後電流的大小，請回答下列問題：



16. 安培計  $A_0$  與  $A_1$  讀數大小關係，下列何者正確？ (A)  $A_0 > A_1$  (B)  $A_0 < A_1$   
(C)  $A_0 = A_1$  (D) 以上都有可能。
17. 安培計  $A_1$  與  $A_2$  讀數大小關係，下列何者正確？ (A)  $A_1 > A_2$  (B)  $A_1 < A_2$   
(C)  $A_1 = A_2$  (D) 以上都有可能。

### 附錄三 電學單元主題相依推理測驗

#### 主題一 靜電與感應起電

1-1 將毛皮和塑膠尺互相摩擦後，毛皮與塑膠尺帶電狀況為何？

- (A) 毛皮帶正電、塑膠尺帶負電。
- (B) 毛皮帶正電、塑膠尺帶正電。
- (C) 毛皮帶負電、塑膠尺帶正電。
- (D) 毛皮帶負電、塑膠尺帶負電。

1-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 塑膠尺上一部分質子移到毛皮。
- (B) 塑膠尺上一部分電子移到毛皮。
- (C) 毛皮上一部分質子移到塑膠尺。
- (D) 毛皮上一部分電子移到塑膠尺。

2-1 此表為電量 $+Q$ 的甲金屬球，與帶不同電量乙金屬球在不同距離時，兩金屬球間靜電力 $F$ 的關係。依據上述關係，下列敘述何者正確？

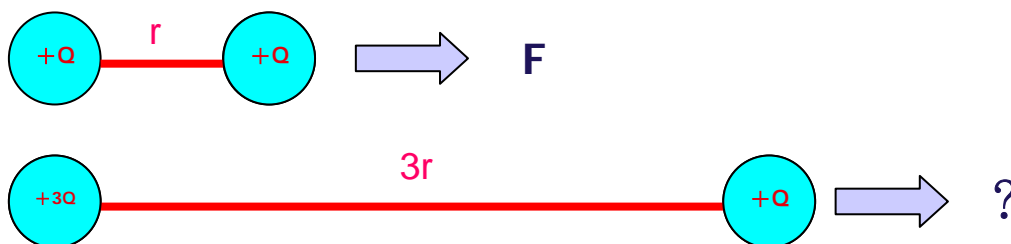
乙金屬球帶電量	$+Q$	$+2Q$	$+3Q$
靜電力			
兩金屬球距離			
$R$	$F$	$2F$	$3F$
$2R$	$\frac{F}{4}$	$\frac{2F}{4}$	$\frac{3F}{4}$
$3R$	$\frac{F}{9}$	$\frac{2F}{9}$	$\frac{3F}{9}$

- (A) 靜電力與乙金屬球帶電量成反比
- (B) 靜電力的平方與乙金屬球帶電量成反比
- (C) 靜電力的平方與兩金屬球距離成反比
- (D) 靜電力與兩金屬球距離的平方成反比

2-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 乙金屬球電量從 $+Q$ 變成 $+2Q$ 時，兩金屬球的靜電力從 $F$ 變成 $F/4$ 。
- (B) 乙金屬球電量從 $+Q$ 變成 $+2Q$ 時，兩金屬球的靜電力從 $(F)^2$ 變成 $(F/2)^2$ 。
- (C) 當兩金屬球距離平方從 $(r)^2$ 變成 $(2r)^2$ 時，兩金屬球的靜電力從 $F$ 變成 $F/4$ 。
- (D) 當兩金屬球距離從 $r$ 變成 $2r$ 時，兩金屬球的靜電力的平方從 $(F)^2$ 變成 $(F/4)^2$ 。

3-1 問題：請問下圖的庫倫靜電力為多少？



(A) 1F (B) 9F (C) 27F (D)  $\frac{1}{3}$  F

3-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 與電荷乘積成正比，與距離平方成反比。
- (B) 與電荷乘積成正比，與距離成反比。
- (C) 與電荷乘積成正比，與距離成正比。
- (D) 與電荷乘積成正比，與距離平方成正比

4-1 20 庫倫的電量，是多少個電子的帶電量？

- (A) 20 個。
- (B)  $1.2 \times 10^{24}$  個。
- (C)  $1.248 \times 10^{20}$  個。
- (D)  $6.24 \times 10^{19}$  個。

4-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 1 庫倫的電量，是 1 個電子的電量。
- (B) 1 庫倫的電量，是  $6 \times 10^{23}$  個電子的電量。
- (C) 1 庫倫的電量，是  $3.12 \times 10^{18}$  個電子的電量
- (D) 1 庫倫的電量，是  $6.24 \times 10^{18}$  個電子的電量

5-1 請問  $\text{Mg}^{2+}$  所帶的電量為多少庫倫？

- (A) 96500 庫倫
- (B)  $2 \times 1.6 \times 10^{-19}$  庫倫
- (C)  $2 \times 6.24 \times 10^{18}$  庫倫
- (D)  $2 \times 96500$  庫倫



5-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)  $\text{Mg}^{2+}$  帶電量為 1+，1 個電子帶電量為 96500 庫倫。
- (B)  $\text{Mg}^{2+}$  帶電量為 1+，1 個電子帶電量為  $1.6 \times 10^{-19}$  庫倫。
- (C)  $\text{Mg}^{2+}$  帶電量為 2+，1 個電子帶電量為 96500 庫倫。
- (D)  $\text{Mg}^{2+}$  帶電量為 2+，1 個電子帶電量為  $1.6 \times 10^{-19}$  庫倫。

6-1 下列何者是導體？

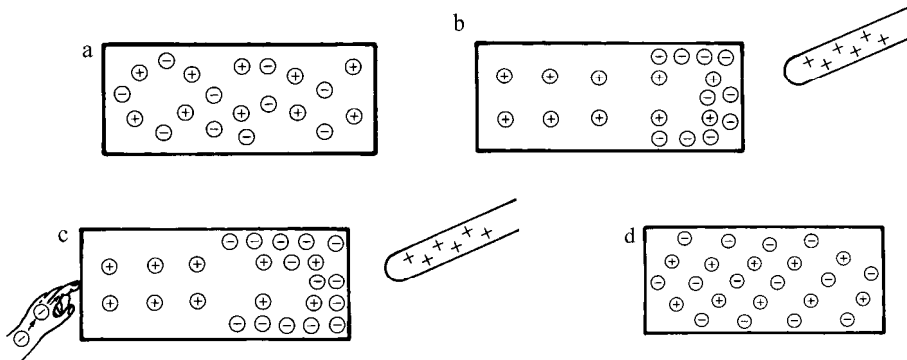
- (A) 鋼釘
- (B) 粉筆
- (C) 橡皮筋
- (D) 塑膠袋

6-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 導體就是可以改變形狀的物體。

- (B) 導體就是可以導電的物體，具有可以自由移動的電子。
- (C) 導體就是塑膠物質。
- (D) 導體一定會是白色的。

7-1 下列各圖分別為感應起電過程中的四個動作，請選出正確的先後順序為何？（ $\oplus$ 表示原子核， $\ominus$ 表示電子，金屬塊原來呈電中性）



- (A) abcd (B) dbca (C) dcba (D) acbd

7-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 帶正電的塑膠棒先靠近，然後再接地，最後電子數目比原來『多』。
- (B) 帶正電的塑膠棒先靠近，然後再接地，最後電子數目比原來『少』。
- (C) 帶正電的塑膠棒先接地，然後再靠近，最後電子數目比原來『多』。
- (D) 帶正電的塑膠棒先接地，然後再靠近，最後電子數目比原來『少』。

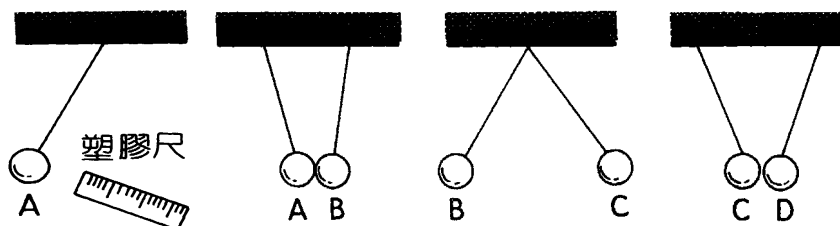
8-1 電的導體與絕緣體的最主要區別為下列何者？

- (A) 金屬為導體，非金屬為絕緣體。
- (B) 導體屬固體，絕緣體屬液體。
- (C) 導體有自由電子，絕緣體則無。
- (D) 導體內有電子，絕緣體內沒有電子。

8-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 所有的金屬一定都是導體，所有的非金屬一定都是絕緣體。
- (B) 具有自由電子的物質都是導體，沒有自由電子的物質都是絕緣體。
- (C) 所有的固體都是導體，所有的液體都是絕緣體。
- (D) 具有電子的物質都是導體，不具有電子的物體都是絕緣體。

9-1 有 A、B、C、D 四個塑膠球，小民取一隻用毛皮摩擦過的塑膠棒來作實驗，結果如圖，請判斷那些球『一定』帶負電？

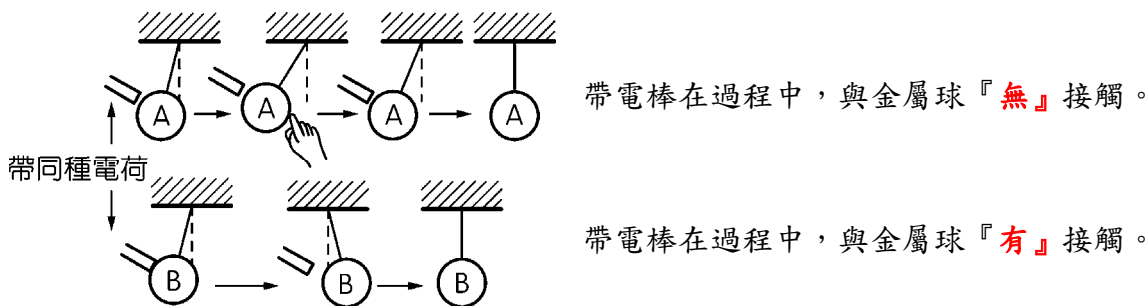


- (A) AD (B) BC (C) A (D) C

9-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 因為異性相吸，同性相斥，塑膠尺帶正電。
- (B) 因為異性相吸，同性相斥，塑膠尺帶負電。
- (C) 互相排斥可能帶異性電或一帶電一不帶電，吸引則是帶同性電，且塑膠尺帶正電。
- (D) 互相吸引可能帶異性電或一帶電一不帶電，排斥則是帶同性電，且塑膠尺帶負電。

10-1 圖中帶電棒都帶同種電荷，且金屬球原先都不帶電，下列步驟後金屬球帶電情形是何者？



- (A) 僅 A 帶電
- (B) 僅 B 帶電
- (C) A、B 帶同種電荷
- (D) A、B 帶異種電荷

10-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) A、B 兩球都是靜電感應。
- (B) A、B 兩球都是感應起電。
- (C) A 球是感應起電，B 球是接觸帶電。
- (D) A 球是靜電感應，B 球是感應起電。



## 主題二 電壓

1-1 關於電壓的敘述，何者錯誤？

- (A) 電池的可以提供電壓，使電路上的燈泡發光
- (B) 電壓是造成電子流動的原動力
- (C) 電壓也稱電位差
- (D) 電池以並聯的方式串接可增強電路的電壓

1-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 電荷的流動，不一定需要電位差（電壓）。
- (B) 電壓是無法造成電子移動，只能造成原子的流動。
- (C) 電池並聯，電池提供的電位差，與一個電池提供的電位差相同。
- (D) 只有電池提供的才是電位差，其餘的電源提供是電壓。

2-1 下列有關伏特計的使用，何種做法是錯誤的？

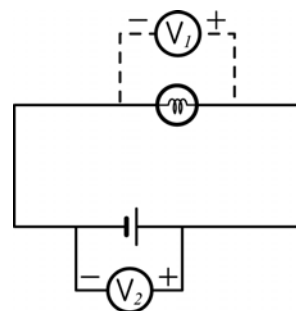
- (A)使用前先調整歸零鈕使指針歸零
- (B)使用的時候，伏特計正極接待測電器的負極，伏特計的負極要接待測電器的正極。
- (C)伏特計應跨接電池或燈泡的兩端
- (D)選擇適當讀數範圍的伏特計

2-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)伏特計應該要與待測電器串聯。
- (B)測量的時候，電壓都很小，所以任何範圍的伏特計都可以用。
- (C)伏特計在使用的時候，會因為電壓而自動歸零。
- (D)使用的時候，伏特計應該正極接測電器的正極，負極接待測電器的負極

3-1 如圖的電路中，燈泡兩端的電壓為  $V_1$ ，電池兩端的電壓為  $V_2$ ，若其他電阻不考慮，則  $V_2$  的讀數為 1.5V， $V_1$  顯示的讀數應為多少？

- (A)大於 1.5V
- (B)等於 1.5V
- (C)小於 1.5V
- (D)不能確定

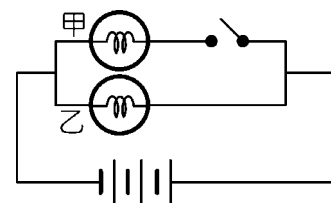


3-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)燈泡兩端的電壓，會因為燈泡的發光而增加
- (B)燈泡兩端的電壓，會因為燈泡的發光而降低
- (C)燈泡兩端的電壓即為電池所提供，故兩者會相同。
- (D)電池提供的電壓，可能會因為燈泡的發光，因而變小或變大，需要視情況而定。

4-1 如圖電路中，甲、乙為相同燈泡，當單刀開關『打開』時，使用伏特計測量甲、乙燈泡兩端的電壓，則其電壓讀數應各為多少？（一個電池的電壓為 1.5V）

- (A)甲：0V，乙：4.5V
- (B)甲：0V，乙：0V
- (C)甲：1V，乙：4.5V
- (D)甲：4.5V，乙：4.5V



4-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)開關沒有按下，電路成斷路，所以甲、乙燈泡兩端電壓各為 0V。
- (B)開關不管有沒有按下，因為燈泡與電池並聯，所以兩燈泡電壓都是 4.5V。
- (C)兩燈泡電壓均為 4.5V，但甲燈泡雖然成斷路，但與電池還是有接觸，仍會有少許的電壓。

(D)甲、乙兩燈泡都與電池並聯，所以乙燈泡電壓為 4.5V，但甲燈泡成斷路，電壓值為 0V。

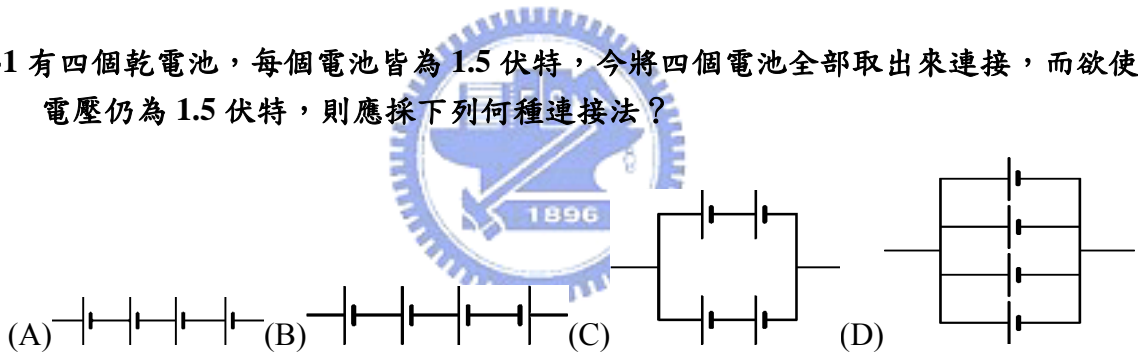
5-1 上圖電路中，當單刀開關『按下』時，甲、乙燈泡兩端的電壓應各為多少？（一個電池的電壓為 1.5V）

- (A)甲：1.5 V，乙：1.5V
- (B)甲：2.25 V，乙：2.25V
- (C)甲：1 V，乙：3.5V
- (D)甲：4.5 V，乙：4.5V

5-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)電池電壓 1.5V，因為並聯，所以甲、乙電壓與電池提供的相同。
- (B)電池電壓 4.5V，因為甲電阻比較遠，所以分配到的電壓比較小。
- (C)電池電壓 4.5V，因為並聯，所以甲、乙電壓與電池提供的相同。
- (D)電池電壓 4.5V，因為並聯，所以電壓平均分配，各為 2.25V。

6-1 有四個乾電池，每個電池皆為 1.5 伏特，今將四個電池全部取出來連接，而欲使總電壓仍為 1.5 伏特，則應採下列何種連接法？

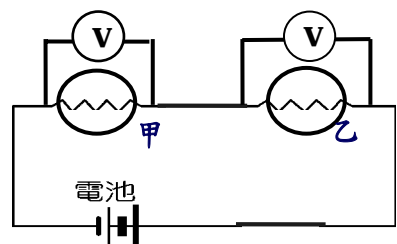


6-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)全部串聯時，電壓相同。
- (B)全部並聯時，電壓相同。
- (C)先兩個電池一組串聯，電壓為 3.0V，再把兩組電池並聯，電壓相減，故會維持原來的 1.5V。
- (D)三個正接負，負接正，最後一個反過來，則反過來的會變成主要提供電壓的電池。

7-1 在如圖的電路中，若甲乙為相同規格燈泡，使用伏特計測量電壓後，請問甲乙兩端電壓各為多少？（電池電壓為 1.5V）

- (A)甲：3V，乙：3V
- (B)甲：1V，乙：2V
- (C)甲：2V，乙：1V
- (D)甲：1.5V，乙：1.5V

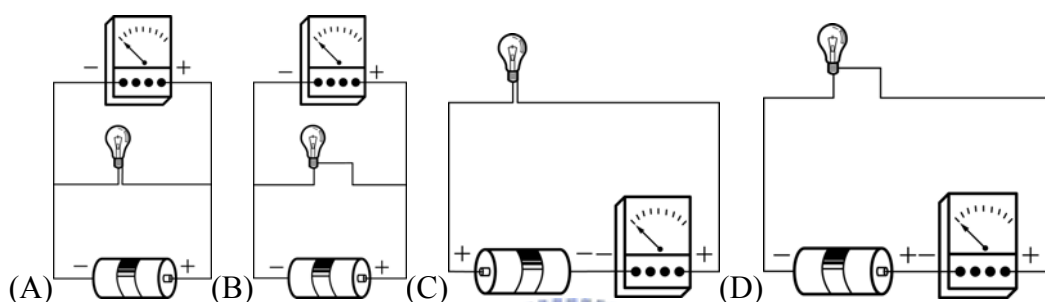


7-2 作答時，你所依據的原因是？



- (A) 電池提供 3V，甲、乙兩燈泡相同，串聯時各分配到電池電壓值的一半。
- (B) 電池提供 3V，甲、乙兩燈泡相同，串聯時兩燈泡的電壓會與電池電壓相同。
- (C) 電池提供 3V，甲、乙兩燈泡相同，甲燈泡較靠近電池負極，故分配到的電壓值較大。
- (D) 電池提供 3V，甲、乙兩燈泡相同，乙燈泡較靠近電池正極，故分配到的電壓值較大。

8-1 一燈泡與電池相連接，欲以伏特計測量燈泡兩端的電壓時，下列那一個圖中，燈泡與伏特計的接法是完全正確的？

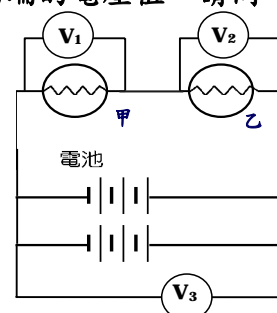


8-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 伏特計與燈泡並聯，且其正極接燈泡正極；導線必須分別接於燈泡的金屬罩及金屬接點。
- (B) 伏特計與燈泡並聯，且其正極接燈泡負極；導線必須全接於接於燈泡的金屬接點。
- (C) 伏特計與燈泡串聯，且其正極接燈泡正極；導線必須分別接於燈泡的金屬罩及金屬接點。
- (D) 伏特計與燈泡串聯，且其正極接燈泡負極；導線必須全接於接於燈泡的金屬接點。

9-1 如右圖，甲、乙為兩個相同的燈泡，使用伏特計測量各電器兩端的電壓值，請問  $V_3$  的讀數應該是多少？（電池電壓為 1.5V）

- (A) 9V
- (B) 4.5V
- (C) 3V
- (D) 1.5V

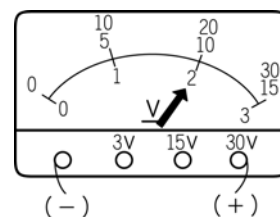


9-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 六個電池接在同一個電路，電壓相加為 9V。
- (B) 三個電池先串聯，電壓不變為 1.5V，然後再與另外三個串聯的電池並聯，電壓相加為 3V。
- (C) 三個電池先串聯，電壓相加為 4.5V，然後再與另外三個串聯的電池並聯，電壓不變。

(D)電池不管接法如何，電壓直維持一定。

10-1 如果實驗中，伏特計  $V_3$  規格如右圖，請問  $V_3$  的讀數多少？

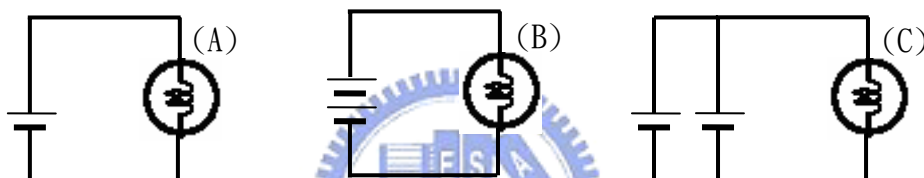


- (A) 2 伏特
- (B) 10 伏特
- (C) 20 伏特
- (D) 30 伏特

10-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)判讀伏特計讀數時，要從最小的開始閱讀，故伏特計指數為 2V。
- (B)判讀伏特計讀數時，要從最大的開始閱讀，故伏特計指數為 20V。
- (C)因為伏特計接在 30V 的範圍上，故伏特計讀數就是 30V。
- (D)伏特計所使用的範圍為 30V，所以需看最外圈的數字，指針指向 20V。

11-1 請問下列三圖中，燈泡(A)(B)(C)中，哪一個最亮(三個燈泡、電池規格均相同)?

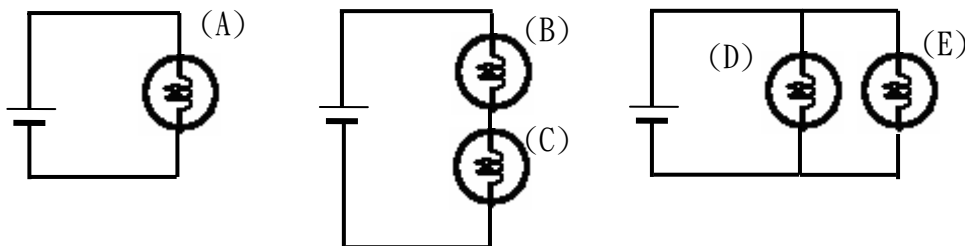


- (A) 燈泡(A)最亮
- (B) 燈泡(B)最亮
- (C) 燈泡(C)最亮
- (D) 三個燈泡一樣亮

11-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)燈泡的亮度，除了考慮電池的數目之外，還要考慮導線的長度。
- (B)三個圖燈泡與電池都是相同規格，不管接法如何，亮度都會相同。
- (C)兩個電池並聯，電位差相加為 3V，所以燈泡最亮
- (D)兩個電池串聯，電位差相加為 3V，所以燈泡最亮

12-1 請問下列三圖中，燈泡(A)、(B)、(C)、(D)與(E)中，哪些燈泡亮度相同?  
(三個燈泡、電池規格均相同)



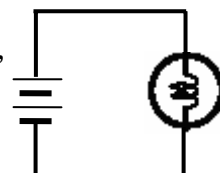
- (A) A、B、D 一樣亮。
- (B) A、C、E 一樣亮。
- (C) A、D、E 一樣亮。
- (D) 全部一樣亮。

12-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)所有燈泡與電池都是相同規格，不管接法如何，亮度都會相同。
- (B)燈泡與電池並聯時，每個燈泡的電壓均為 1.5V，所以燈泡亮度與燈泡(A)相同。
- (C)燈泡與電池串聯時，每個燈泡的電壓均為 1.5V，所以燈泡亮度與燈泡(A)相同。
- (D)越接近電池的正極，其分配到的電位差越接近 1.5V，燈泡亮度越大。

13-1 如右圖，有關電壓與燈泡亮度的關係，下列敘述何者錯誤（一個電池電壓 1.5V）？

- (A)兩個電池串聯後，提供的電位差變成 3V，燈泡端電壓為 3V。
- (B)多並聯一個燈泡（燈泡變成三個），每個燈泡的端電壓還是不變，因此所有燈泡亮度相同。
- (C)多串聯一個電池（電池變成三個），電壓增大，燈泡亮度會變得更亮。



- (D)多串聯一個燈泡（燈泡變成三個），兩個燈泡的端電壓為 3V，故亮度會變亮。

13-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)燈泡的端電壓會小於電池組提供的電壓，因為導線會消耗大量的電壓，所以燈泡端電壓為小於 3V。
- (B)多串聯一個電池，電池組提供的電壓變為 4.5V，因此燈泡兩端電位差變大，亮度變亮。
- (C)多串聯一個燈泡，每個燈泡兩端的電位差都是 1.5V，因此亮度不會改變。
- (D)多並聯一個燈泡，每個燈泡的端電壓變得更小了，因此燈泡亮度變暗了。

### 主題三 電流

1-1 下列有關串聯電路中電流的敘述，何者正確？

- (A)電流自電池正極流出後逐漸變小
- (B)電路中每一處的電流大小都不同
- (C)電路中每一處的電荷不會累積也不會消失
- (D)電流的流向是由鋅殼（負極）經由外部電路流向電池的正極。

1-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A)電流從電池流出後，電荷具備的能量會被電阻消耗，但電荷個數不變，故電流大小不變。
- (B)串聯時，電流是從鋅殼（負極）中流出到導線，回到電池正極，並聯時剛好相反。
- (C)電流從電池流出後，因為導線有電阻，所以電流值會越來越小。
- (D)電流遇到電阻，會因為阻力而變小，但通過電阻後就恢復了。

2-1 導線上通過的電流大小為 5 安培，則每分鐘流經導線的電量是幾庫侖？

- (A) 0.2 庫侖
- (B) 5 庫侖
- (C) 12 庫侖

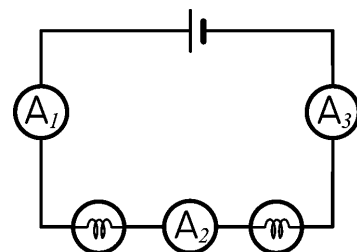
(D) 300 庫侖

2-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 電流為每分鐘通過導線截面積的電子帶電量。
- (B) 電流為每秒鐘通過導線截面積的電子帶電量。
- (C) 電流為每庫侖的電子，通過導線截面積的時間，以秒為單位。
- (D) 電流為每庫侖的電子，通過導線截面積的時間，以分為單位。

3-1 如圖所示，那一個電流計測得的電流最大？

- (A)  $A_1$       (B)  $A_2$
- (C)  $A_3$       (D) 均相同

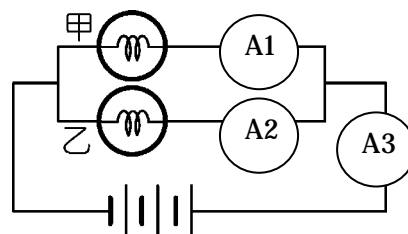


3-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 串聯時，電流會相同，  
因此三個安培計所測得的電流會相同。
- (B)  $A_2$  的位置與電池相對，因此電流值會最大。
- (C) 電流從電池負極流出，會因為電阻而逐漸減少，因此  $A_3$  最靠近正極，電流值最大
- (D) 電流從電池正極流出，會因為電阻而逐漸減少，因此  $A_1$  最靠近正極，電流值最大。

4-1 如圖電路中，甲、乙為兩個相同燈泡，在開關未接通前，通過乙燈泡的電流為 0.2 安培。開關接通後，通過甲燈泡的電流為多少安培？

- (A) 0 安培
- (B) 0.1 安培
- (C) 0.2 安培
- (D) 0.4 安培



4-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 因為並聯，所以不管電阻大小怎樣變化，電流都會平均分配，故甲、乙各分得 0.1A。
- (B) 因為並聯，電壓相同，電阻亦相同，故根據歐姆定律，得知電流相同。
- (C) 因為甲電阻離電池較遠，因此分配不到電壓，故電流變成 0A。
- (D) 因為甲電阻旁邊有開關，因此分配到的電壓為乙電阻的兩倍，故電流變成 0.4A。

5-1 同上圖，請問安培計  $A_3$  的讀數應為多少？

- (A) 0 A      (B) 0.1A      (C) 0.2 A      (D) 0.4 A

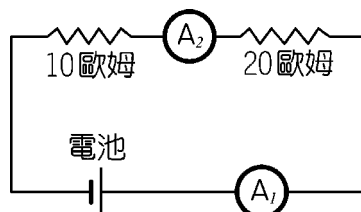
5-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 因為電流通過燈泡後，剛好全部被消耗掉。
- (B) 電流就像水流，所以通過甲、乙兩燈泡的電流會合起來，就是安培計  $A_3$  的讀數。

- (C) 甲、乙兩燈泡並聯，全電路上的電流相同。  
 (D) 通過甲、乙兩燈泡的電流相減，就是安培計  $A_3$  的讀數。

6-1 在如圖的電路中，若測得安培計  $A_1$  的電流為 15mA，則安培計  $A_2$  的電流應為多少 mA？

- (A) 7.5 mA (B) 10 mA  
 (C) 15 mA (D) 30 mA

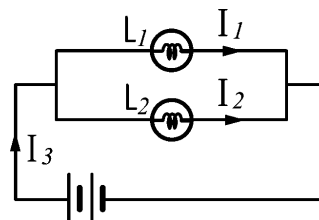


6-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 電阻與電流成正比，因此電流變成 2 倍。  
 (B) 電路為串聯，故電流大小不會改變。  
 (C) 電阻與電流成反比，因此電流變成 1/2 倍。  
 (D) 電流先通過 20 歐姆時，電流會被電阻所消耗，因此電流會變小，但不到 1/2 倍。

7-1 如圖的電路中，下列何者正確？

- (A)  $I_1 > I_2 > I_3$  (B)  $I_1 < I_2 < I_3$   
 (C)  $I_1 = I_2 = I_3$  (D)  $I_3 = I_1 + I_2$



7-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 燈泡與電池均並聯，所以電流會相同。  
 (B) 電流就像水流一樣， $I_3$  為總電流，遇到並聯時，總電流分成  $I_2$  與  $I_1$ 。  
 (C) 並聯時，靠近電池的電阻才有電流通過，且電流會因為遠離電池會而越來越小。  
 (D) 並聯時，電流會因為電阻而放大，且離電池越遠的電阻對電流的影響更大。

8-1 利用安培計與伏特計來測量電器的電流與電位差時，下列那一種接法最正確？



8-2 作答時，你所依據的原因是？

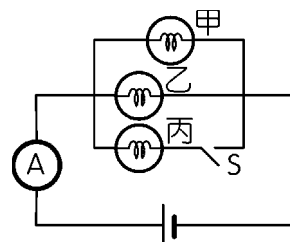
- (A) 伏特計、安培計都要與待測物並聯，因為並聯電壓與電流相同。  
 (B) 伏特計、安培計都要與待測物串聯，因為串聯電壓與電流會相同。  
 (C) 伏特計與待測物並聯，電壓相同，安培計與待測物串聯，電流相同。  
 (D) 伏特計與待測物串聯，電壓相同，安培計與待測物並聯，電流相同。

9-1 如圖電路，當開關 S 接通後，已知通過燈泡甲與乙的電流為 2A，若總電流為 5A，請問通過燈泡丙的電流為多少？

- (A) 0A (B) 1A (C) 2A (D) 4A

9-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 燈泡並聯，電流相等。  
 (B) 因為電流無法通過開關，所以通過燈泡丙的電流為 0 A。

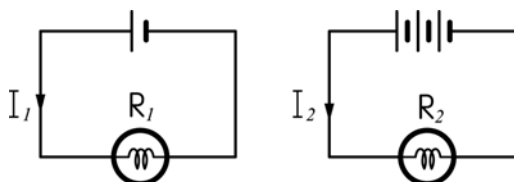


(C)總電流等於通過三個燈泡的電流相加，所以總電流減去通過燈泡甲與乙的電流，就是答案。

(D)燈泡丙比較靠近測量總電流的安培計，所以測量到的電流一定會很接近5A。

10-1 如圖所示，電路圖中連接的是相同的燈泡及電池，則兩電路的電流大小的關係為何？

- (A)  $I_1 = I_2$       (B)  $I_1 < I_2$   
 (C)  $I_1 > I_2$       (D) 無法預測

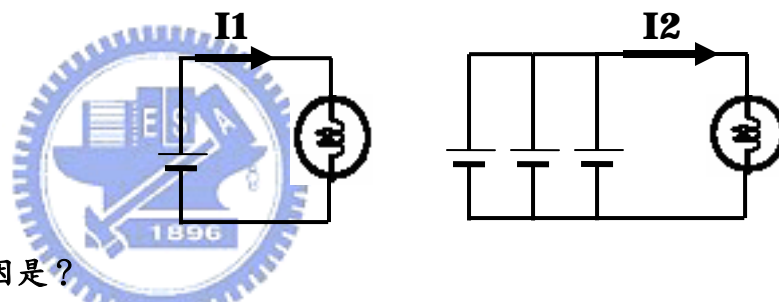


10-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 電池串聯越多，電路上的電流越大。  
 (B) 燈泡與電池均相同，故兩邊的電流大小會相同。  
 (C) 電池串聯可能會消耗一些電流，串接的電池越多，電池串聯消耗的電流才會有影響。  
 (D) 相同燈泡的狀況下，電池串聯越多，電路上的電流就越小。

11-1 如圖所示，電路圖中連接的是相同的燈泡及電池，則兩電路的電流大小的關係為何？

- (A)  $I_1 = I_2$   
 (B)  $I_1 < I_2$   
 (C)  $I_1 > I_2$   
 (D) 無法預測

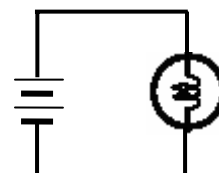


11-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 導線消耗的電池電壓，無法估計，因此通過燈泡的電流無法預測。  
 (B) 電池並聯，電位差與一個電池的相同，故兩圖的電流大小相同。  
 (C) 電池越多，提供的電位差越多，通過燈泡的電流越大。  
 (D) 電池並聯，電池組提供的電位差越小，通過的電流變小了。

12-1 右圖中，燈泡之所以發光，是因為電池提供電位差，可讓通過電池的電子能量提升，然後這些電子可以提供一些能量讓燈泡發光，請問電子是怎樣通過導線的呢？

- (A) 電子直接穿越導線。  
 (B) 電子一定會以碰撞導線內的原子或自由電子的方式，來通過導線。  
 (C) 電子間互相撞擊，傳遞的是能量，電子並沒有移動。  
 (D) 電子可能直接穿越導線中原子間的空隙，或是與導線內的原子或自由電子碰撞後，通過導線。



12-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 導線內原子間的縫隙非常的小，無論如何電子不可能直接穿越導線。
- (B) 導線內有規則排列的原子，原子間的縫隙會有自由移動的電子，所以電子穿越時，可能是碰撞，也可能是直接穿越。
- (C) 導線內整齊排列了一個又一個的自由電子，故能量多的電子碰撞能量少的電子時，只有傳遞能量，電子不移動。
- (D) 導線內空無一物，所以電子可以自由穿越。

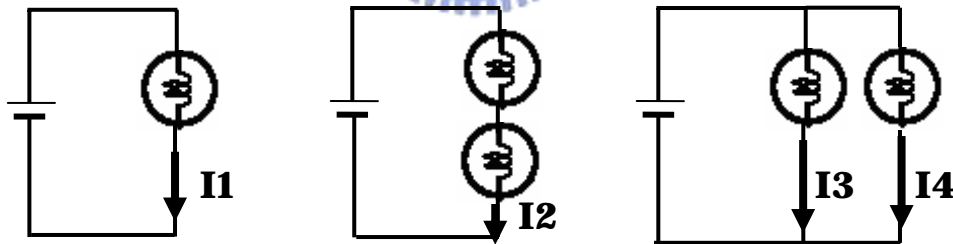
13-1 下列有關『電流』與『電子流』的敘述，何者錯誤？

- (A) 電流方向，相對於電子流方向，就像正電荷由電池正極出發，經過燈泡，回到電池負極。
- (B) 電子流方向，電子由電池負極出發，經過燈泡，回到電池正極。
- (C) 電流就是導線中的電子大約都往相同方向流動時，其方向稱為電流方向，也稱為電子流方向。
- (D) 導線中，可以自由移動的只有電子，故實際上只有電子流存在。

13-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 導線中，電子流動的方向，稱為電子流的方向。
- (B) 電子流方向，應該是電子從電池正極出發，經過燈泡，回到電池負極。
- (C) 導線中，正電荷與電子都可以自由移動，所以電子流與電流都一定真實存在。
- (D) 電流方向，應該是正電荷從電池負極出發，經過燈泡，回到電池正極。

14-1 下列三圖中，電池與燈泡的規格均相同，請問電流  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$  的大小為何？

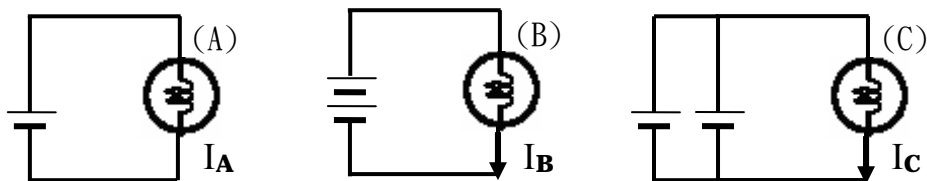


- (A)  $I_1=I_2=I_3=I_4$
- (B)  $I_1>I_2=I_3=I_4$
- (C)  $I_3=I_4>I_1>I_2$
- (D)  $I_1=I_3=I_4>I_2$

14-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 電池與燈泡的規格都相同，所以通過燈泡的電流大小都相同。
- (B) 若電路上只有一個燈泡，燈泡端電壓為 1.5V，故  $I_1$  最大，其他的  $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$ ，則因為電路上有兩個燈泡，每個燈泡分配到 0.75V，故  $I_2=I_3=I_4$ ，但小於  $I_1$ 。
- (C) 燈泡並聯時，每個燈泡的端電壓會大於 1.5V；燈泡串聯時，每個燈泡的端電壓會小於 1.5V。因此  $I_3$ 、 $I_4$  最大且相等，且  $I_2$  最小。
- (D) 燈泡並聯時，每個燈泡的端電壓會等於 1.5V；燈泡串聯時，每個燈泡的端電壓會變成 0.75V。因此  $I_1$ 、 $I_3$ 、 $I_4$  最大且相等，且  $I_2$  最小。

15-1 根據下列各圖，請問通過燈泡 A、B、C 的電流依序為  $I_A$ 、 $I_B$  與  $I_C$ ，請問  $I_A$ 、 $I_B$  與  $I_C$  小順序為何？



- (A)  $I_A = I_B = I_C$
- (B)  $I_B > I_A = I_C$
- (C)  $I_B = I_C > I_A$
- (D)  $I_B > I_A > I_C$

15-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 兩電池串聯，電壓加倍，兩電池並聯，提供的電位差與一個電池相同；因此  $I_B$  最大， $I_A$ 、 $I_C$  相同，且比  $I_B$  小。
- (B) 電池越多，提供的電位差比單一電池所提供的要大，因此  $I_B$ 、 $I_C$  相等，且比  $I_A$  還要大。
- (C) 電池串聯電壓變大，電池並聯電壓變小，燈泡的端電壓越大，通過燈泡的電流也就越大。
- (D) 電池與燈泡的規格都相同，所以通過燈泡的電流大小都相同。

#### 主題四 電阻與歐姆定律

1-1 對於電阻的敘述，下列敘述何者正確？

- (A) 導體有電阻，會對通過的電子產生阻力。
- (B) 相同材質的導線，電阻大小不會因為導線的長度與粗細而改變。
- (C) 同一條導線，通過電流的大小不隨兩端電壓的大小而改變。
- (D) 二極體的電阻值，不隨著兩端的電壓而改變。

1-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 導線的電阻只與導線內的原子排列有關。
- (B) 同一條導線，電阻是一個定值，通過的電流與兩端電壓無關。
- (C) 自然界所有的物質應該都是遵守歐姆定律的。
- (D) 電阻的成因是因電子在導體內流動時，與導體內原子與電子的碰撞。

2-1 將一鎳鉻合金線均勻拉長，則鎳鉻合金的電阻為何？

- (A) 不變
- (B) 變小
- (C) 可能變大也可能變小
- (D) 變大

2-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 同一條導線，材質一樣，因此電阻相同
- (B) 鎳鉻合金的電阻，要根據兩端的電壓來決定。



- (C) 電阻的長度越長，截面積越小，電阻會變大。  
(D) 電阻的長度越短，截面積越小，電阻會變小。

**3-1 有一電阻器，當其兩端電位差是 8 伏特時，通過其中的電流是 2 安培，則此電阻器的電阻值應為多少歐姆？**

- (A) 2 歐姆 (B) 4 歐姆 (C) 8 歐姆 (D) 16 歐姆

**3-2 作答時，你所依據的原因是？**

- (A) 根據電阻的定義，電阻的大小就是通過電阻器的電流大小。  
(B) 根據電阻的定義，電阻的大小就是電阻器兩端測得的電壓大小。  
(C) 根據歐姆定律，電阻 = 兩端電壓  $\times$  通過電流 =  $8 \times 2$   
(D) 根據歐姆定律，電阻 = 兩端電壓  $\div$  通過電流 =  $8 \div 2$

**4-1 有一符合歐姆定律的電阻線，其電阻為 4 歐姆，若將兩端電壓從 8 伏特增為 16 伏特時，其中電阻器的電阻值大小將如何變化？**

- (A) 變成 2 倍 (A) 變成 0.5 倍 (C) 不變 (D) 變成 4 倍

**4-2 作答時，你所依據的原因是？**

- (A) 電阻與電壓成正比，電壓變 2 倍，電阻也變 2 倍。  
(B) 同一條電阻線，不因電壓的變化而改變電阻值。  
(C) 電阻與電壓成反比，電阻變 2 倍，電阻變成 0.5 倍。  
(D) 電壓與電流成正比，電阻 = 電壓  $\times$  電流，電壓變 2 倍，電流變 2 倍，電阻變 4 倍。

**5-1 粗細長短相同的銅線、銀線與鎳鉻合金線三者並聯後，接於同一電路上，則通過其間的電流最大的是何者？**

- (A) 銅線 (B) 鎳鉻合金線 (C) 銀線 (D) 三者都相同

**5-2 作答時，你所依據的原因是？**

- (A) 銀的電阻是自然界中最小的，故通過的電流最大。  
(B) 電路上的電流，會平均分配給三條電阻線。  
(C) 三者電壓相同，電阻越大，通過的電流也越大。  
(D) 電阻線並聯，三者電壓相同，通過電流也相同。

**6-1 同一金屬電阻線，兩端的電壓與通過的電流的關係，何者錯誤？**

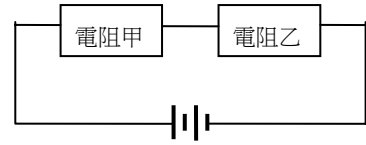
- (A) 電阻線兩端電壓增大 2 倍，通過電阻線的電流則會變成 2 倍  
(B) 電壓和電流的比值固定  
(C) 以電流大小為橫座標，電壓為縱座標，則電壓—電流的關係圖是通過原點的斜直線  
(D) 電流大小不受電壓影響，故電壓越大，電阻值會變得越大。

**6-2 作答時，你所依據的原因是？**

- (A) 電阻線兩端電壓與通過的電流成反比。

- (B) 同一條電阻線，電阻值不變，故電壓越大，電流也變大，但兩者比值固定。
- (C) 電流為橫座標，電壓為縱座標，則電壓—電流的關係圖是通過原點的拋物線
- (D) 電壓與電流的比值，依其兩端的電壓為基準，電壓越大，比值越大，不固定。

7-1 將電阻甲與電阻乙串聯後，再連接至電源上，右圖中所示。已知電阻大小為甲>乙，則通過兩個電阻的電流大小為？



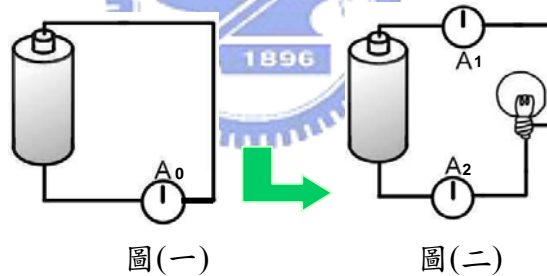
- (A) 甲>乙
- (B) 甲=乙
- (C) 甲<乙
- (D) 需視電阻甲與電阻乙的大小而定。

7-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 電阻會消耗通過的電子，所以通過電阻後會越來越少，所以電流會變小。
- (B) 電阻會阻止移動的電子通過，造成電子會囤積在電阻前的導線上，所以電流會變小。
- (C) 電流先通過電阻小的或先通過電阻大的，會影響導線上電流的大小。
- (D) 由於電阻甲與電阻乙串聯，通過電阻甲的電流一定等於通過電阻乙的電流。

8-1 下圖一中的電路圖中，若未加入電阻線時，安培計 A<sub>0</sub> 讀數極大。若加入一燈泡後，如下圖二，A<sub>1</sub> 與 A<sub>2</sub> 是測量通過燈泡前後電流的大小，請回答下列問題：

- (A) A<sub>0</sub>=A<sub>1</sub>
- (B) A<sub>0</sub><A<sub>1</sub>
- (C) A<sub>1</sub>>A<sub>2</sub>
- (D) A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub>



8-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 燈泡有電阻，因此電路中接上了燈泡，通過燈泡的電流變小。
- (B) 電流通過燈泡會消耗電荷，因此通過燈泡電流變小。
- (C) 燈泡可以加速電荷的流動，所以接上燈泡後，電流變大了。
- (D) 電池電壓相同，電路上的電流大小都相同。

9-1 若一電阻線，當端電壓為 1.5V 時，通過電阻線的電流大小為 0.1A，若多串聯一個電池，兩端電壓變成 3.0V，則通過電阻線的電流大小與電阻線的電阻值依序為何？

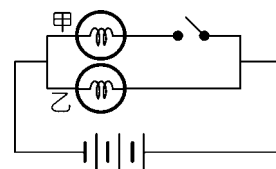
- (A) 電流=0.1A，電阻=3÷0.1=30 (Ω)
- (B) 電流=0.1A，電阻=3×0.1=0.3 (Ω)
- (C) 電流=0.2A，電阻=3×0.2=0.6 (Ω)
- (D) 電流=0.2A，電阻=3÷0.2=15 (Ω)

9-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 電壓變 2 倍，電流也變 2 倍， $\text{電壓} \times \text{電流} = \text{電阻}$ ，故電阻變成 4 倍。
- (B) 電壓變 2 倍，電流也變 2 倍， $\text{電壓} \div \text{電流} = \text{電阻}$ ，故電阻維持不變。
- (C) 電壓變 2 倍，電流不變， $\text{電壓} \times \text{電流} = \text{電阻}$ ，故電阻變成 2 倍。
- (D) 電壓變 2 倍，電流不變， $\text{電壓} \div \text{電流} = \text{電阻}$ ，故電阻變成 2 倍。

10-1 如圖電路中，甲、乙為兩個燈泡，甲的電阻 10 歐姆，乙的電阻 20 歐姆，當開關按下後，總電壓與總電流應為多少安培？

- (A) 1.5V, 0.225A      (B) 1.5V, 0.075A
- (C) 6V, 0.9A          (D) 6V, 0.6A



10-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 電池串聯，總電壓 6V；兩電阻均與電池並聯，電壓相同，分別算出分電流相加後，總電流 0.9A。
- (B) 電池串聯，總電壓 6V；電阻並聯時，電流只會通過電阻值較小者，因此總電流為 0.6A。
- (C) 電池並聯，總電壓 1.5V，電阻並聯時，電流只會通過電阻值較高者，因此總電流為 0.075A。
- (D) 電池並聯，總電壓 1.5V，兩電阻均與電池並聯，電壓相同，分別算出分電流後相加，總電流為 0.225A。



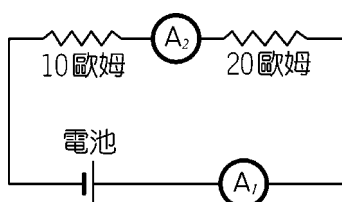
11-1 承上題，總電阻應為多少？

- (A) 10  $\Omega$       (B) 12  $\Omega$       (C) 30  $\Omega$       (D) 20/3  $\Omega$

11-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 並聯時，甲、乙兩電阻值相加。
- (B) 並聯時，甲、乙兩電阻值相減。
- (C) 並聯時，總電阻為電阻值較高者。
- (D) 並聯時，電壓相同，算出總電流，在根據歐姆定律算出總電阻。

12-1 如下圖，請問電路的總電阻應為多少？



- (A) 10  $\Omega$       (B) 15  $\Omega$       (C) 20  $\Omega$       (D) 30  $\Omega$

12-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 串聯時，總電阻為電阻大的減電阻小的。

- (B) 串聯時，總電阻為兩電阻值相加。
- (C) 串聯時，總電阻為所有電阻值的平均值。
- (D) 串聯時，電路主要只受電阻值大的電阻影響，故總電阻為電阻值大的電阻。

13-1 承上，若電池的電壓為 1.5V，安培計 A<sub>1</sub> 的讀數應該是多少？

- (A) 0.15A
- (B) 0.075A
- (C) 0.05A
- (D) 0.225A

13-2 作答時，你所依據的原因是？

- (A) 電阻串聯電壓一樣，所以通過 10Ω 的電流為 0.15A，通過 20Ω 的電流為 0.75A，總電流為兩個電流相加。
- (B) 電阻串聯，總電流要看電流最大的。
- (C) 電阻串聯，總電流要看電流最小的。
- (D) 電阻串聯，總電阻相加為 30Ω，根據歐姆定律，算出總電流為 0.05A



# 科學推理測驗 多重選擇版本

## 學生的指引

這個能力測驗，主要是測驗你在科學或數學方面的推理能力，判斷你是否能進行情境的分析，並做出預測或解決問題。在每一題中，選一個最佳的答案，並在答案紙作答。如果你不是很瞭解每一個題目所問的問題，

請詢問測驗指導者，測驗指導者會給你清楚的說明。

**在測驗開始之前，請勿翻開此測驗本！**

1. 假設給你兩個相同形狀、重量與大小的黏土球。其中一個球將它壓平成薄煎餅形狀，下列哪一個情況是對的？

- A. 薄餅形的黏土重量比另一個球狀黏土的重量還重。
- B. 兩個黏土不管形狀如何，它們的重量還是相同。
- C. 球狀黏土的重量比薄煎餅狀的黏土重量還要重。

2. 你所根據的理由是：

- A. 因為薄煎餅狀的黏土面積比較大。
- B. 因為同一點往下壓，壓的越平，其重量就會越大。
- C. 因為當物體弄成薄餅狀時，會失去一些重量。
- D. 因為黏土沒有增加或減少。
- E. 因為當物體被弄成平版狀的時候，重量會增加。

3. 在右圖中有兩個量筒注滿了相同高度的水，兩個量筒的形狀與大小皆相同。

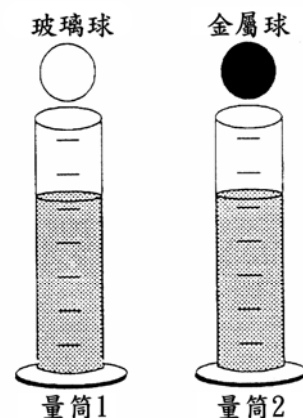
在右圖中，有兩個小球，一個是玻璃製的，另一個是鐵製的。兩個球體形狀相同，但是鐵球的重量比玻璃球還要重。

把玻璃球放入量筒 1 後，發現玻璃球沈到量筒的底部，然後發現量筒的水位上升到刻度 6 的位置。假如我們將鐵球放入量筒 2 後，請問水面會上升到哪個刻度？

- A. 與量筒 1 的水位高度相同(刻度都是 6)。
- B. 比量筒 1 的水位還要高(比刻度 6 還要高)。
- C. 比量筒 1 的水位還要低(比刻度 6 還要低)。

4. 你所根據的理由是：

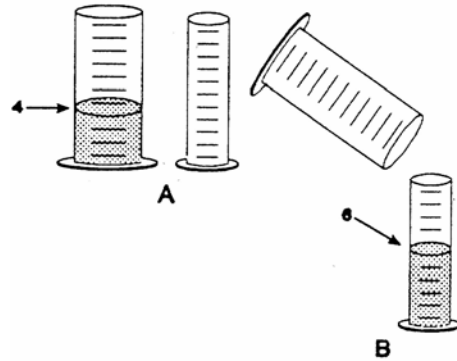
- A. 因為鐵球沈到量筒底部的速度較快。
- B. 因為兩個球狀物是不同的材質所製成的。
- C. 因為鐵球的重量比玻璃球的重量還要重。
- D. 因為玻璃球所造成的壓力比較小。
- E. 兩個球的體積相同。



5. 右圖有兩個量筒，一個口徑比較寬，一個口徑比較窄。兩個量筒具有相同的刻度。在寬口徑的量筒中倒入水，讓水位上升到刻度 4 的位置（圖 A）。然後將寬口徑量筒中的水，倒入窄口徑的量筒，發現水位上升到刻度 6 的位置。

假設兩個量筒都是空的，然後將水加入寬口徑的量筒中，直到水位上升到刻度 6 的位置。那麼如果將這些水倒入窄口徑的量筒中，請問水位的高度是多少？

- A.大約刻度 8 的位置。
- B.大約刻度 9 的位置。
- C.大約刻度 10 的位置。
- D.大約刻度 12 的位置。
- E.以上皆非。



6.你所根據的理由是：

- A.給的相關資訊不足，因此無法判斷答案。
- B.因為之前寬口徑量筒的水倒入窄口徑的量筒中，水位上升 2 個刻度，因此後來的刻度也應該上升 2 個刻度。
- C.因為寬口徑量筒上升 2 個刻度，對於窄口徑的量筒而言，會上升 3 個刻度。
- D.因為第二個窄口徑的量筒更窄了。
- E.我們必須實際地將寬口徑量筒的水倒入窄口徑的量筒中，並加以觀察，才可以做出正確的結論。

7.現在如果將水倒入窄口徑量筒中(在題目 5 中的描述相同)，使水位上升到刻度 11 的位置。那麼如果將這些水倒入空的寬口徑量筒中，請你預測水位會上升到哪一個刻度？

- A.大約刻度 7.5 的位置。
- B.大約刻度 9 的位置。
- C.大約刻度 8 的位置。
- D.大約刻度 7 又  $\frac{1}{3}$  的位置。
- E.以上皆非。

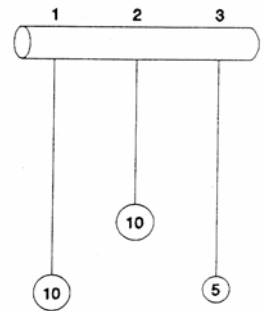
8.你所根據的理由是：

- A.寬口徑量筒與窄口徑量筒水位上升的比例應該會相同。
- B.我們必須實際地進行操作與觀察，才能得到正確答案。
- C.提供的資料不足，使我們無法決定正確答案是哪一個。
- D.因上一題水位差 2 個刻度，所以這一題的狀況中，也應該差 2 個刻度。
- E.窄口徑量筒水位上升 3 個刻度，倒入寬口徑量筒時，將窄口徑量筒刻度減去 2 就是寬口徑量筒水位的高度。

9. 在右圖中，木棍上繫著三條線。在每條線的末端都繫著金屬重物，線條 1 與線條 3 的長度相同，線條 2 短一點。線條 1 與 2 末端繫著重量為 10 單位的重物，線條 3 末端繫著重量為 5 單位的重物。繩子（包括末端的重物）可以前後擺動，而且擺動的時間是可以被測量的。

假設你想要找出長度與擺動時間的關係，哪些線可以讓你找出這個關係？

- A. 只有 1 條線就夠了。
- B. 三條線都可以
- C. 線條 2 與 3
- D. 線條 1 與 3
- E. 線條 1 與 2

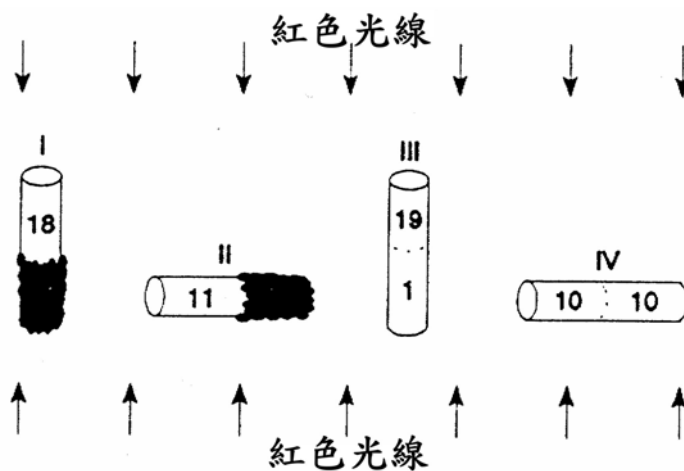


10. 你所根據的理由是：

- A. 你必須使用最長的線條。
- B. 你必須要比較末端繫著 5 單位重量與 10 單位重量的線條。
- C. 只有長度上的不同。
- D. 必須去嘗試所有可能的比較。
- E. 重量的不同。



11. 四個玻璃管中，都放入 20 隻果蠅，且每個玻璃管的兩端都是封住的。玻璃管 1 與玻璃管 2 有某部分被黑色的紙包起來，玻璃管 3 與 4 則沒有被黑色紙包住。這些玻璃管放置的方式如圖所示，然後把這些玻璃管放置在紅色光線下五分鐘。下圖顯示了沒有被黑色紙包住的果蠅數目。



這個實驗顯示出果蠅的反應是？（這些反應是指果蠅靠近或遠離）

- A. 對紅色光線有反應，但對重力沒反應。

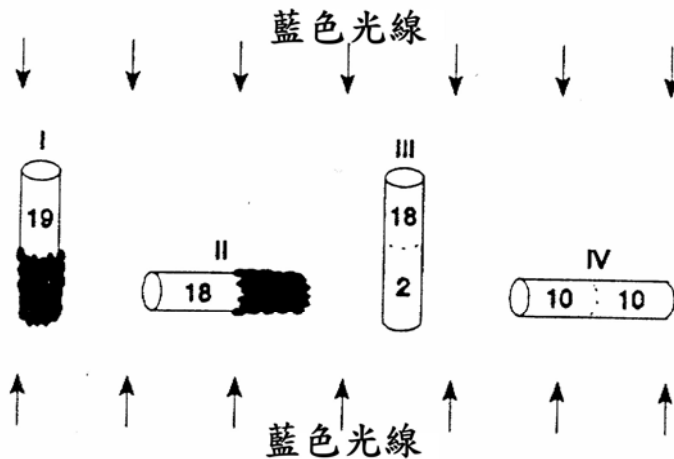


- B.對重力有反應，但對紅色光線沒反應。
- C.對重力與紅色光線都有反應。
- D.對重力與紅色光線都沒反應。

12.你所根據的理由是：

- A.大多數的果蠅分佈在玻璃管3的頂端，但卻平均散佈在玻璃管2中。
- B.在玻璃管1與玻璃管3中，大多數的果蠅都不在管子底部。
- C.果蠅需要光線才看的見，而且果蠅飛行必須反抗重力。
- D.大部分的果蠅都分佈在管子的頂端，以及被照亮的管子端。
- E.每一個玻璃管的兩端均有一些果蠅的分佈。

13.在第二個實驗中，使用不同品種的蒼蠅跟藍色的光線。而實驗的結果表示於下列圖示中：



這些資料顯示出這些果蠅的反應是？（這裡的反應是指果蠅靠近或遠離）

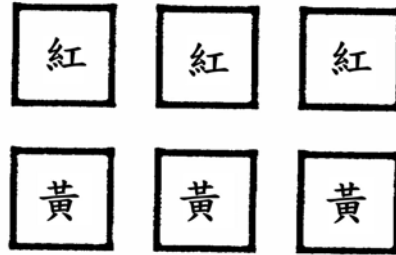
- A.對藍色光現有反應，但對重力沒有反應。
- B.對重力有反應，但對藍色光線沒反應。
- C.對重力與藍色光線都有反應。
- D.對重力與藍色光線都沒反應。

14.你所根據的理由是：

- A.每一個玻璃管的兩端均有一些果蠅的分佈。
- B.果蠅需要光線才看的見，而且果蠅飛行必須反抗重力。
- C.因為果蠅平均分佈在玻璃管4中，但是玻璃管3中的果蠅大多分佈在頂端。
- D.大多數的果蠅分佈在玻璃管2的亮端，但沒有分佈玻璃管1與3的底端。
- E.大多數的果蠅在玻璃管1的頂端，以及在玻璃管2的亮端。

15. 六個正方形的木塊被放進布袋中，並均勻的混合。這六塊木塊大小與形狀都相同，但是有三塊木塊是黃色，其他三塊是紅色。假設某人伸手進入布袋中（沒往內看），並拿出一塊木塊。拿到紅色的機率有多少？

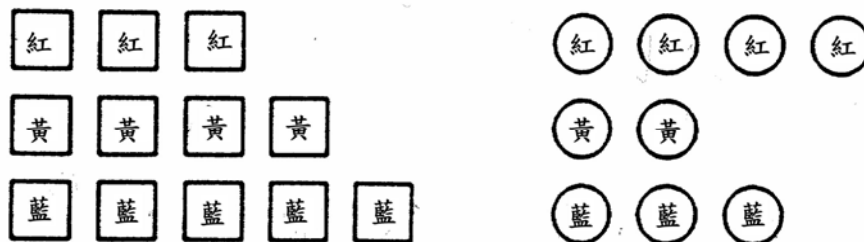
- A. 1/6 的機率
- B. 1/3 的機率
- C. 1/2 的機率
- D. 100% 的機率。
- E. 無法決定



16. 你所根據的理由是：

- A. 因為六塊木塊中，有三個是紅色的。
- B. 沒有辦法說明那一塊木塊會被拿出來。
- C. 六塊木塊中，只有一塊紅色的會被拿出來。
- D. 六塊木塊中，形狀與大小都相同。
- E. 三塊紅色的木板中，只有一個會被拿出來。

17. 布袋中，放入方形的木塊，其中紅色 3 個、黃色 4 個以及藍色 5 個，另外再放入圓形木塊，其中紅色 4 個、黃色 2 個以及藍色 3 個。所有的木塊都被放入布袋中，並均勻的混合（不可以觀看，也不可以用手感覺形狀）。然後從布袋中拿出一個木塊。



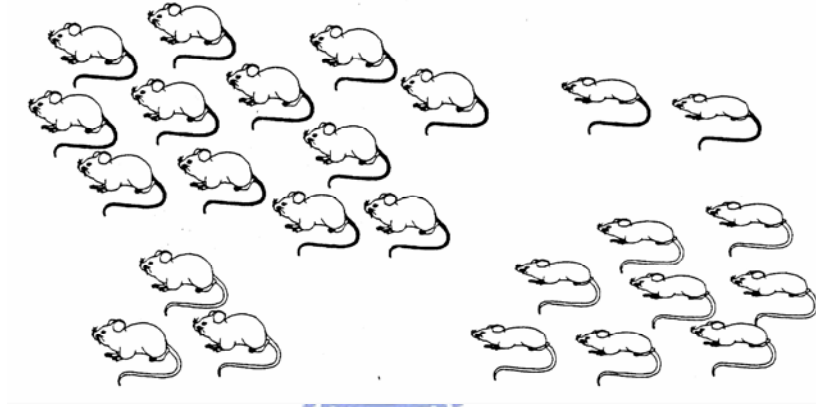
請問拿到紅色圓木塊或藍色圓木塊的機率為多少？

- A. 資料不足，無法決定。
- B. 1/3 的機率。
- C. 1/21 的機率。
- D. 15/21 的機率。
- E. 1/2 的機率。

18. 你所根據的理由是：

- A. 兩個形狀中，有一種是圓的。
- B. 21 各木塊中，有 15 個藍色與紅色的。
- C. 沒有辦法知道拿出來的木塊會是哪一種。
- D. 21 個木塊中，只有一個會被拿出來。
- E. 3 個中木塊中，就有一個會是紅色的木塊或藍色的木塊。

19. 布朗農夫在他的農田中發現老鼠，而且這些老鼠有瘦有肥，它們的尾巴的顏色有黑色也有白色。因為這樣的觀察，讓布朗農夫想要知道老鼠的體型與老鼠尾巴的顏色是否有相關連。所以他捕捉了農田某部分土地的所有老鼠，並且觀察它們。下圖中的老鼠就是他抓到的：



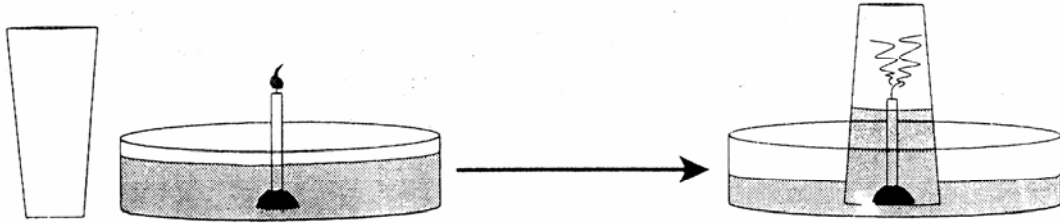
你認為老鼠的體型與老鼠尾巴的顏色是否有某些關連？

- A. 似乎有某些關連。
- B. 沒有關連。
- C. 無法進行合理的推理。

20. 你所根據的理由是：

- A. 因為每一種類型的老鼠都有抓到一些。
- B. 在老鼠尺寸與老鼠尾巴顏色可能有基因上的關連。
- C. 這裡所抓到的老鼠數量不足，無法進行判斷。
- D. 大多數肥胖的老鼠，它們的尾巴都是黑色，而且大多數瘦的老鼠都有白色尾巴。
- E. 當老鼠越來越肥胖，它們的尾巴也會越來越黑。

21. 下圖中，左圖裡有玻璃杯，以及點燃的生日蠟燭，而生日蠟燭被小塊的黏土固定在水盤底端。右圖中，將玻璃杯蓋住燃燒且放在水盤中的蠟燭。此時，蠟燭會快速的熄滅，玻璃杯的水位也會上升。



這個觀察的結果引發出一個有趣的問題：為什麼玻璃杯中的水位會上升呢？

可能的解釋是：燃燒的過程，蠟燭與氧氣燃燒後，產生二氧化碳，因為氧氣無法快速溶解在水中，但二氧化碳可以，因此燃燒產生的二氧化碳快速的溶解在水中，導致玻璃杯的壓力變小，玻璃杯內的水位因此而上升。

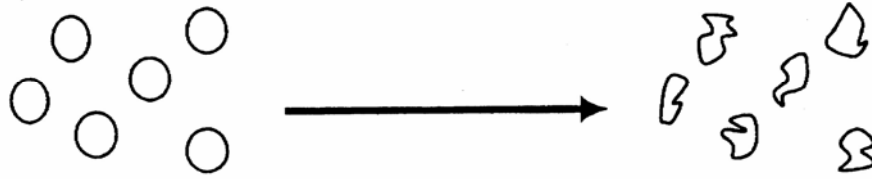
假設提供你上述的所有的實驗器材與材料，並額外供給你一些火柴與乾冰，你要怎樣驗證上述敘述之可能性？

- A. 讓水中充滿了二氧化碳，並重做上面的實驗，注意水位上升的高度。
- B. 水位的上升是因為氧氣被消耗了，所以精確的重做實驗來證明水位的上升是因為氧氣的消耗。
- C. 設計一個對照組，變更蠟燭的數目，然後看看實驗結果是否有何不同。
- D. 水位上升的可能原因是因為吸力，所以製作一個通管，並在通管的頂端放一個氣球，並將燃燒的蠟燭放置於此裝置內。
- E. 重做實驗，並確定控制住所有的依變項，然後再進行水位上升的測量。

22. 哪一個實驗的結果（第 21 題中所提到的）將會顯示出你的解釋可能是錯的？

- A. 水位上升的高度與之前的實驗相同。
- B. 水位上升的高度與之前的實驗低。
- C. 氣球膨脹了。
- D. 氣球收縮了。

23. 一個學生將一滴血液放在顯微鏡下觀察，所看到的結果如下圖所示，紅血球在顯微鏡下看起來像是一個圓球。但是在一滴血中滴入幾滴鹽水後，學生經由顯微鏡觀察後發現，紅血球的形狀似乎變小了。



血液中紅血球的形狀

加了鹽水後的紅血球

這個觀察結果引起了一個很有趣的問題：為什麼紅血球的形狀會變小？

這裡有兩個可能的解釋：第一個解釋，鹽離子（鈉離子與氯離子）推擠細胞膜，因此讓細胞變小了。第二個解釋，水分子受到鹽離子的吸引，因此細胞內的水分子就被吸引出來，因此血球的尺寸就變小了。

為了驗證這些解釋，這學生使用配置好的鹽水（有很正確的重量百分濃度），以及一些裝有水的塑膠袋，並且假裝塑膠袋就像血球的細胞膜。此實驗中所使用的塑膠袋水球，事先經過精確的重量測量，然後放入鹽水中十分鐘，再拿出來測量水袋的重量。

下列哪一個敘述可以證明第一個解釋是錯誤的？

- A. 水袋的重量減少。
- B. 水袋的重量相同。
- C. 水袋變小了。



24. 下列哪一個敘述可以證明第二個解釋是錯誤的？

- A. 水袋的重量減少。
- B. 水袋的重量相同。
- C. 水袋變小了。

## 附錄五 電學單元訪談問題

### 電學概念訪談

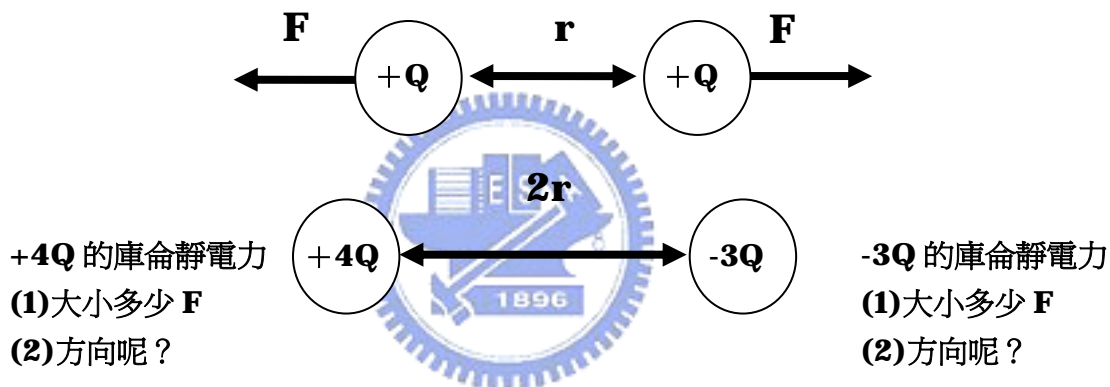
#### 主題一：靜電感應與感應起電

1. 『靜電』是什麼呢？你可以舉例子說明嗎？

2. 生活上，我們可以用布摩擦氣球，然後氣球就會吸引頭髮；吃飯時打開衛生筷，外面的塑膠套會黏在手上，請你解釋造成這些現象可能的原因？

3-1 影響庫倫靜電力『大小』與『方向』的因素是什麼呢？

3-2 請你幫我推測下圖的『 $+4Q$ 』與『 $-3Q$ 』的庫倫靜電力的大小與方向



你的理由是：

4-1(1)國二有學過原子概念，請問原子內有什麼呢？可以請你描述一下嗎？

(2)國二已經學過電中性的概念，請問何謂電中性？

4-2 絲絹摩擦玻璃棒後，絲絹帶『負電』，玻璃棒帶\_\_\_\_\_電，請你解釋一下？

5.(1)導體，例如銅、鐵等金屬，他們可以導電的原因是什麼呢？

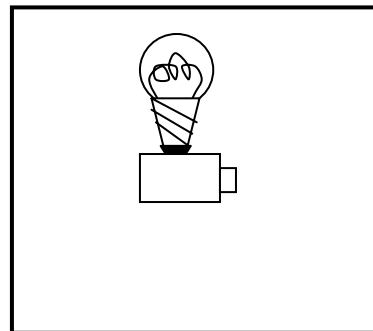
(2)若有一帶『負電』的帶電棒靠近導體，導體內正負電會有什麼變化呢？



6.若在剛剛的過程中，帶電棒尚未移開，則用手指接觸導體，請你推測導體內的電荷會有什麼變化呢？



主題二 電壓  
一、基本電路



1.構成一個基本電路需要哪些東西？

2.要怎樣連接，燈泡才會發光？（請直接在圖上作答）

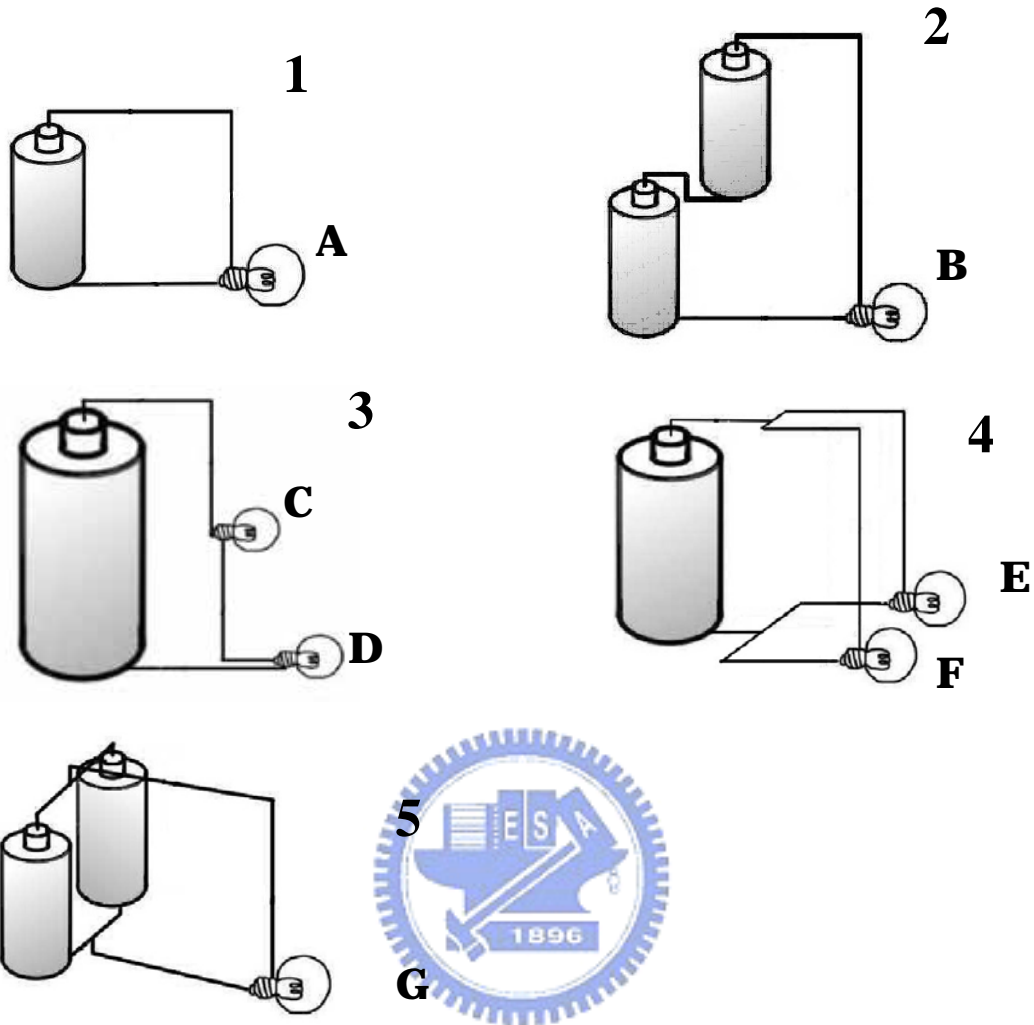
**你的解釋是：**

3.請你幫我畫出『通路』、『斷路』與『短路』，並說明你判斷的依據。

	通路	斷路	短路
電路圖			
解釋			

4. (1)電池為什麼可以讓燈泡發光？  
 (2)電池在電路中所扮演的角色？  
 (3)一段時間之後，電池會不會用完？  
 (4)電池數目跟燈泡亮度有沒有關係？

5. 下列燈泡、電池的規格均相同，請回答下列問題



(1) 哪些燈泡最亮：\_\_\_\_\_

**你的理由是**

(2) 哪些燈泡最暗：\_\_\_\_\_

**你的理由是**

(3) 『燈泡亮度』跟哪些因素有關係？

7. 請在上圖標示每個電池與燈泡兩端的電位差(電池提供的電位差為 1.5V)

### 主題三 電流

#### 一、導線問題

1. 日常生活中，當隨身聽裝入乾電池之後，就可以聽音樂；燈泡接上電池，燈泡就會發亮！請問什麼東西，讓這些裝置產生反應？

2-1 請你畫出導線內部的微觀圖



## 導線無限制放大圖

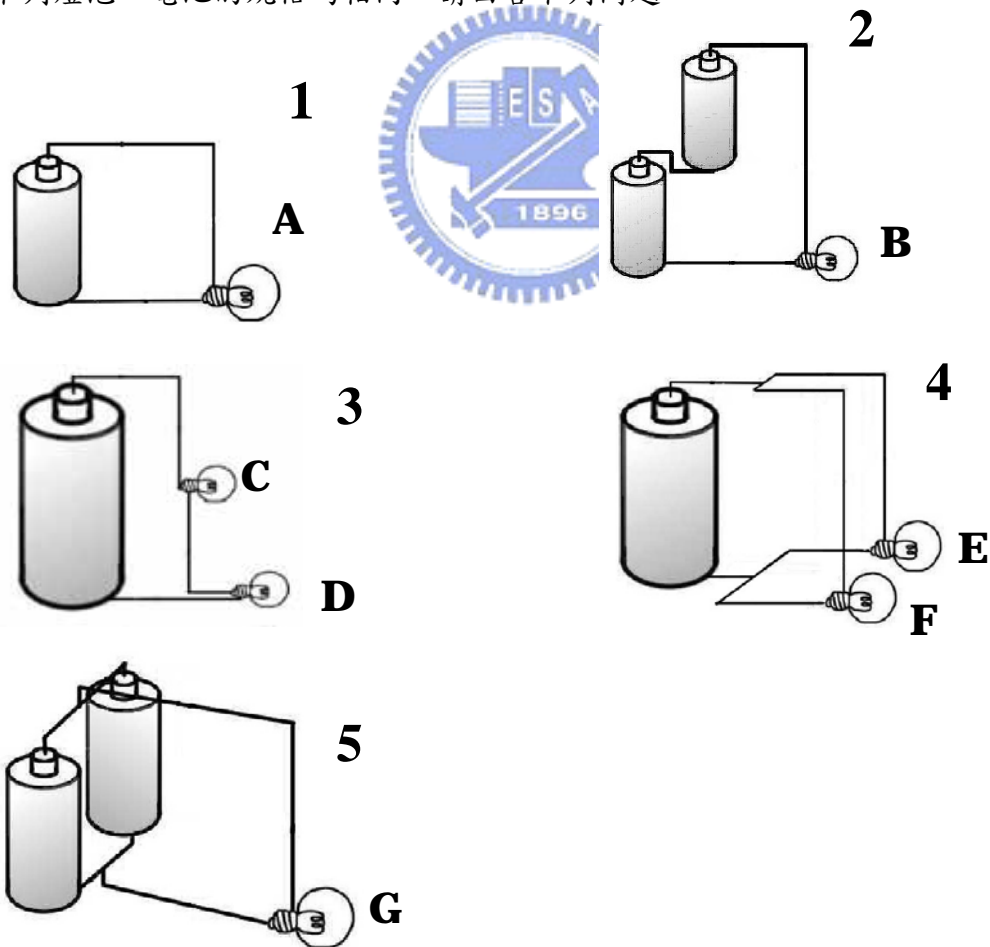
2-2.若將電池取出，這些裝置就會無法作用，請問有裝電池與沒裝電池，差別在哪裡？  
這時導線內部是怎樣的呢？

2-3 畫出並解釋『電子流』如何通過導線（可以直接畫在 2-1 的圖上）。

3.『電流大小』跟『燈泡亮度』有沒有關係呢？

4.請畫出簡單電路圖(電池、燈泡各一)，其『電流』與『電子流』的方向為何？

5.下列燈泡、電池的規格均相同，請回答下列問題



(1)請在上面各圖描述通過各電池與燈泡的電流大小

(2)通過那些燈泡的電流最大：\_\_\_\_\_

**你的理由是**

(3)通過那些燈泡的電流最小：\_\_\_\_\_

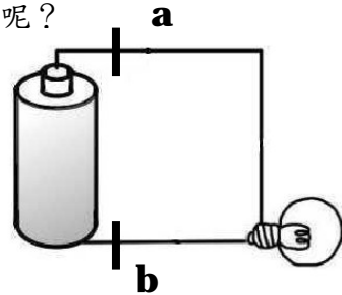
**你的理由是**

(4)電池提供的電流大小一樣嗎？

6.(1)將燈泡改接在『a點』或『b點』，亮度會不會有差別呢？

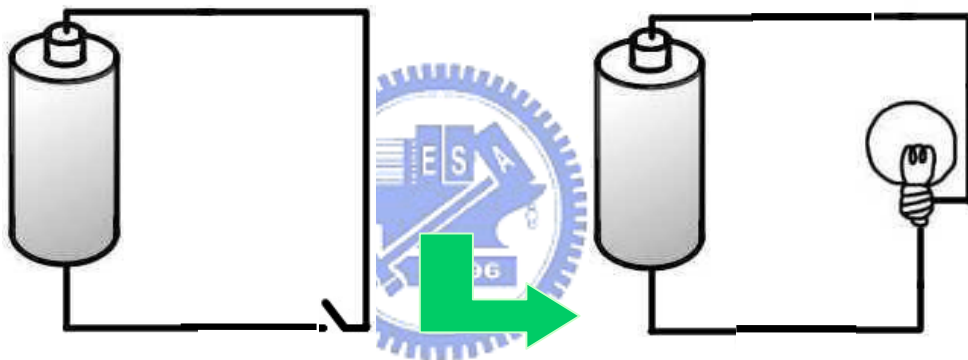
(2)通過『a點』與『b點』的電流是否相同？

(燈泡留在原來的的位置)



#### 主題四 電阻

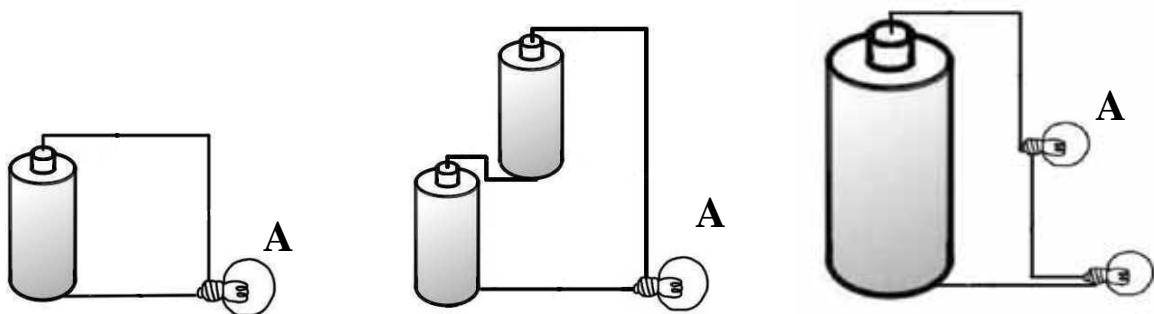
1. 請問左、右兩電路圖中，電流大小是否相同？為什麼？請你詳細解釋。



2-1 為何會有電阻，請你仔細說明！

2-2 影響同一材質的電阻值大小的因素有導線『長度』與『粗細』。請你敘述各因素對電阻大小的影響，並解釋之。

3.(1)圖(一)、圖(二)與圖(三)中，燈泡 A 電阻是否相同？(電池與燈泡規格均相同)



圖(一)

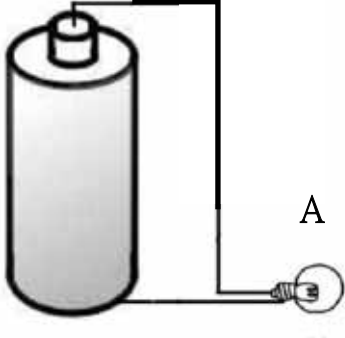
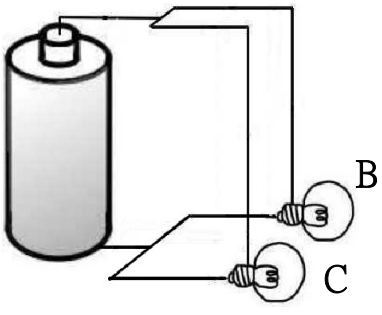
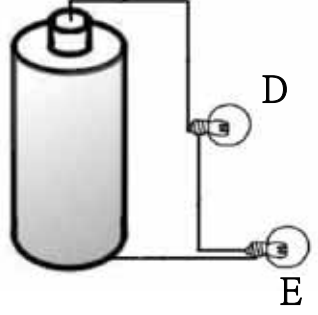
圖(二)

圖(三)

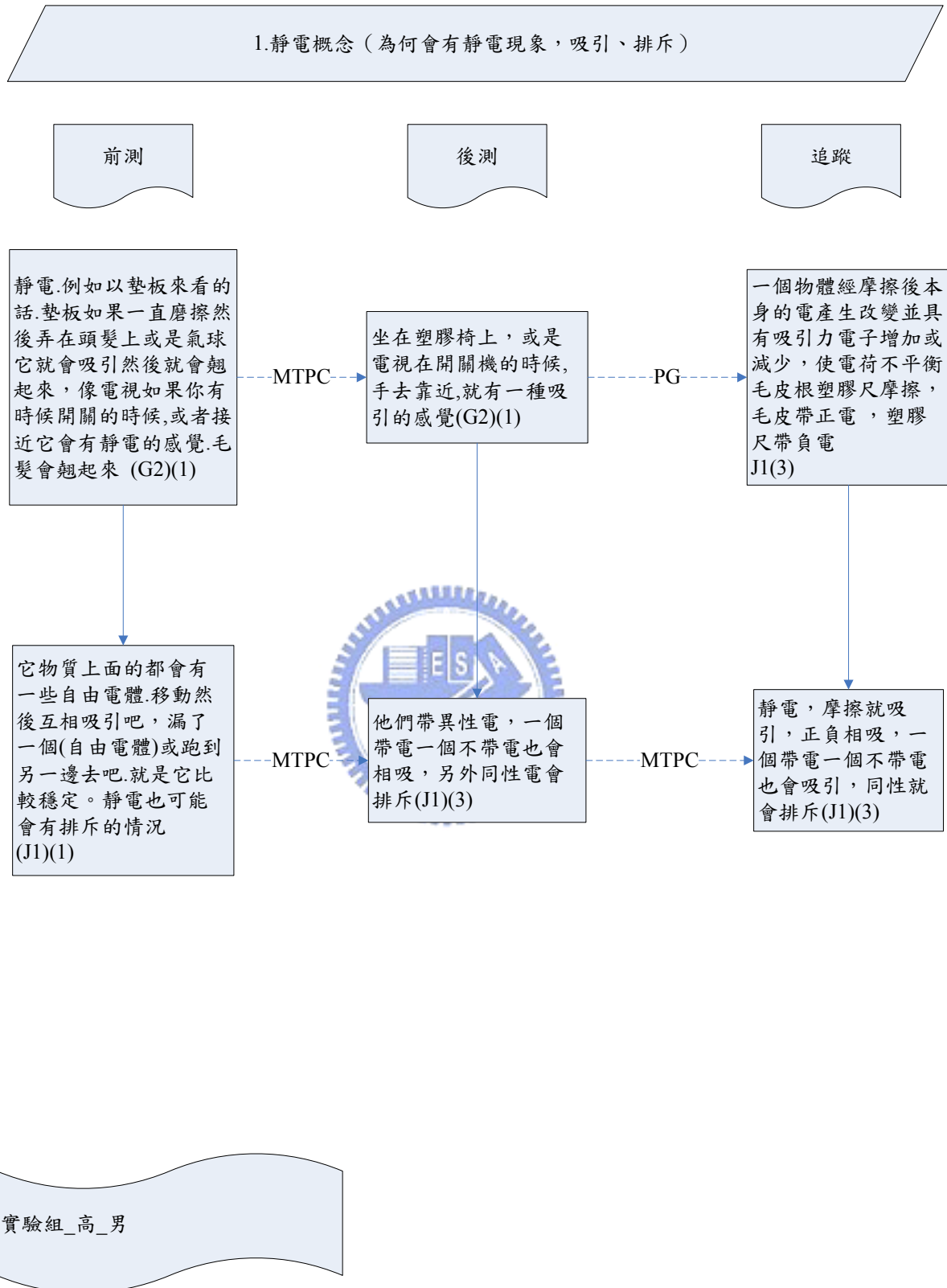
(2)這三個圖中，『整個電路的電阻』，何者較大？你的解釋？

4.請你描述歐姆定律？

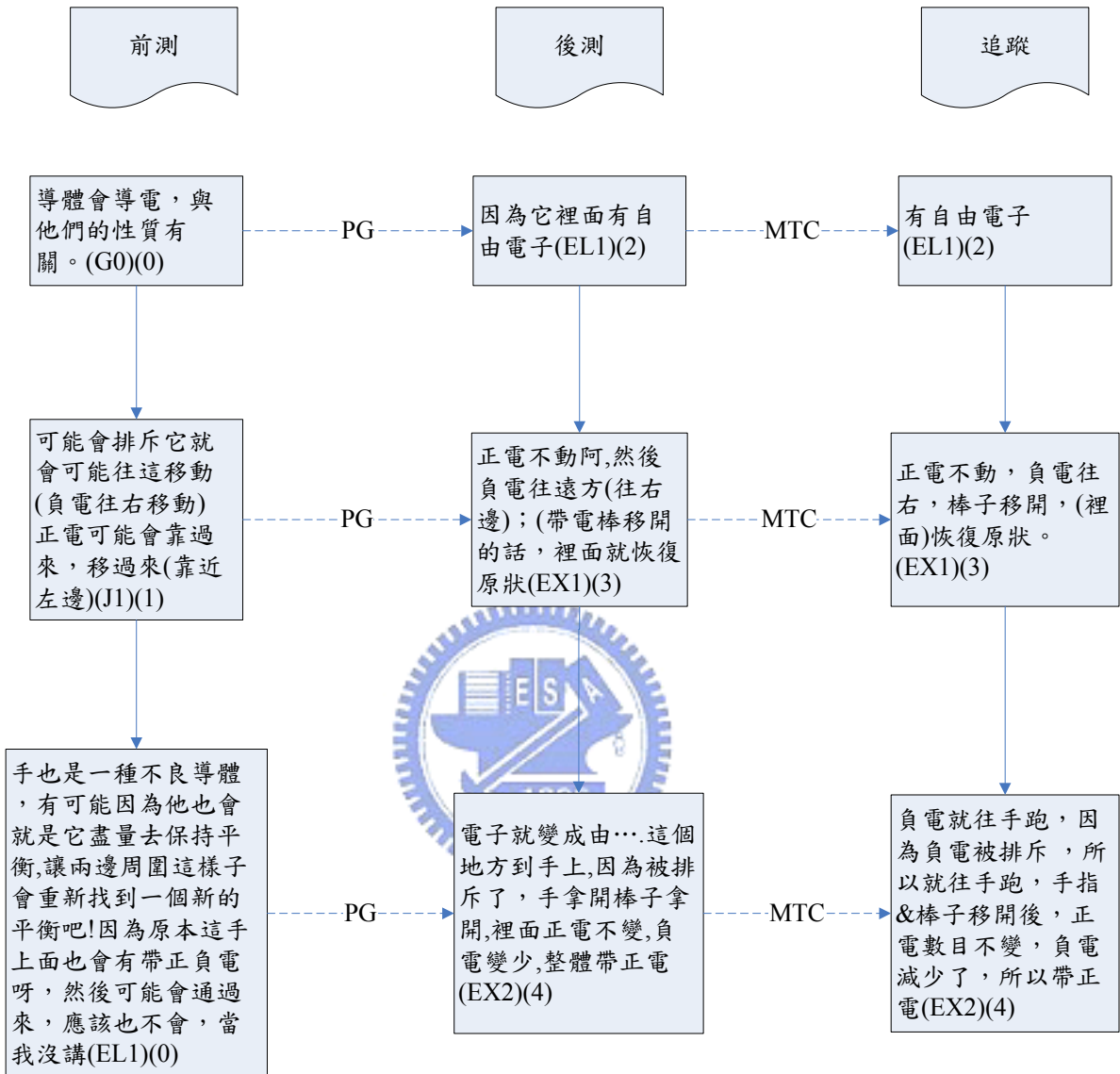
5.計算歐姆定律（讓學生做變數的控制）每個電池電壓 1.5V，五個燈泡均相同，電阻均為 1 歐姆，請回答下列問題：

		
圖一	圖二	圖三
總電壓： _____ 總電阻： _____ 總電流： _____	總電壓： _____ 總電阻： _____ 總電流： _____	總電壓： _____ 總電阻： _____ 總電流： _____
計算過程	計算過程	計算過程

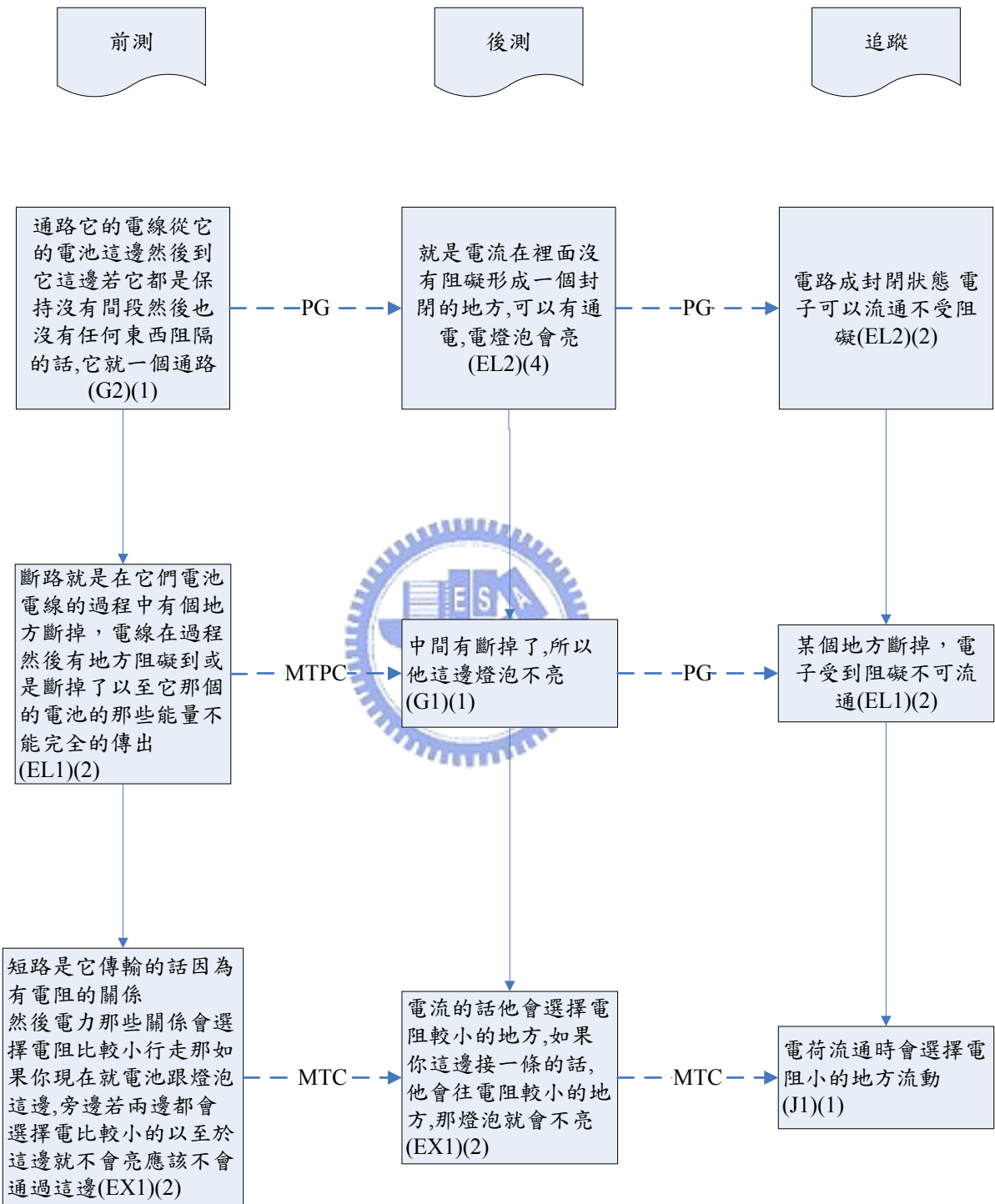
附錄六：墊學單元訪談語意流程圖



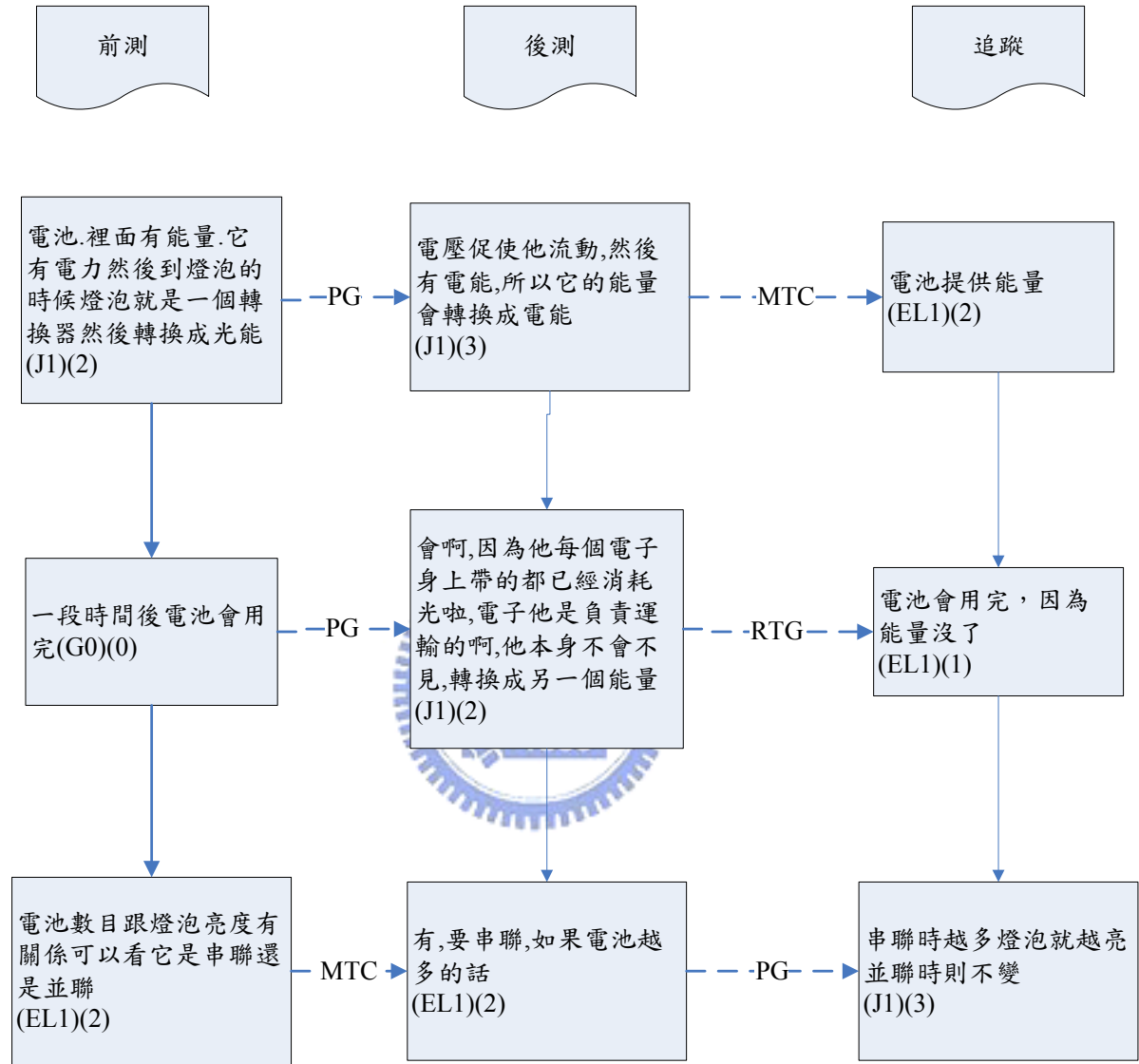
## 2. 導體、靜電感應、感應起電



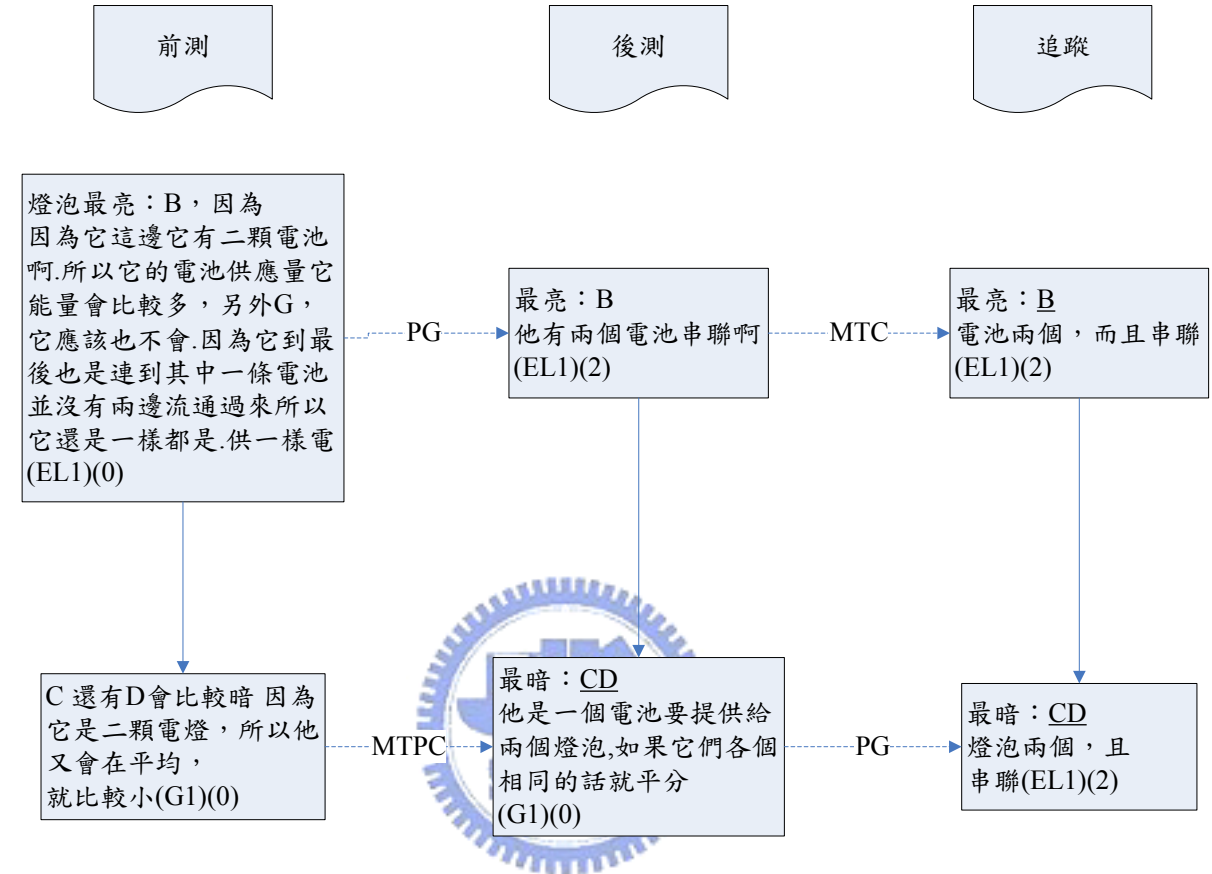
### 3. 通路、斷路、短路的概念



4. 電的概念(能量)

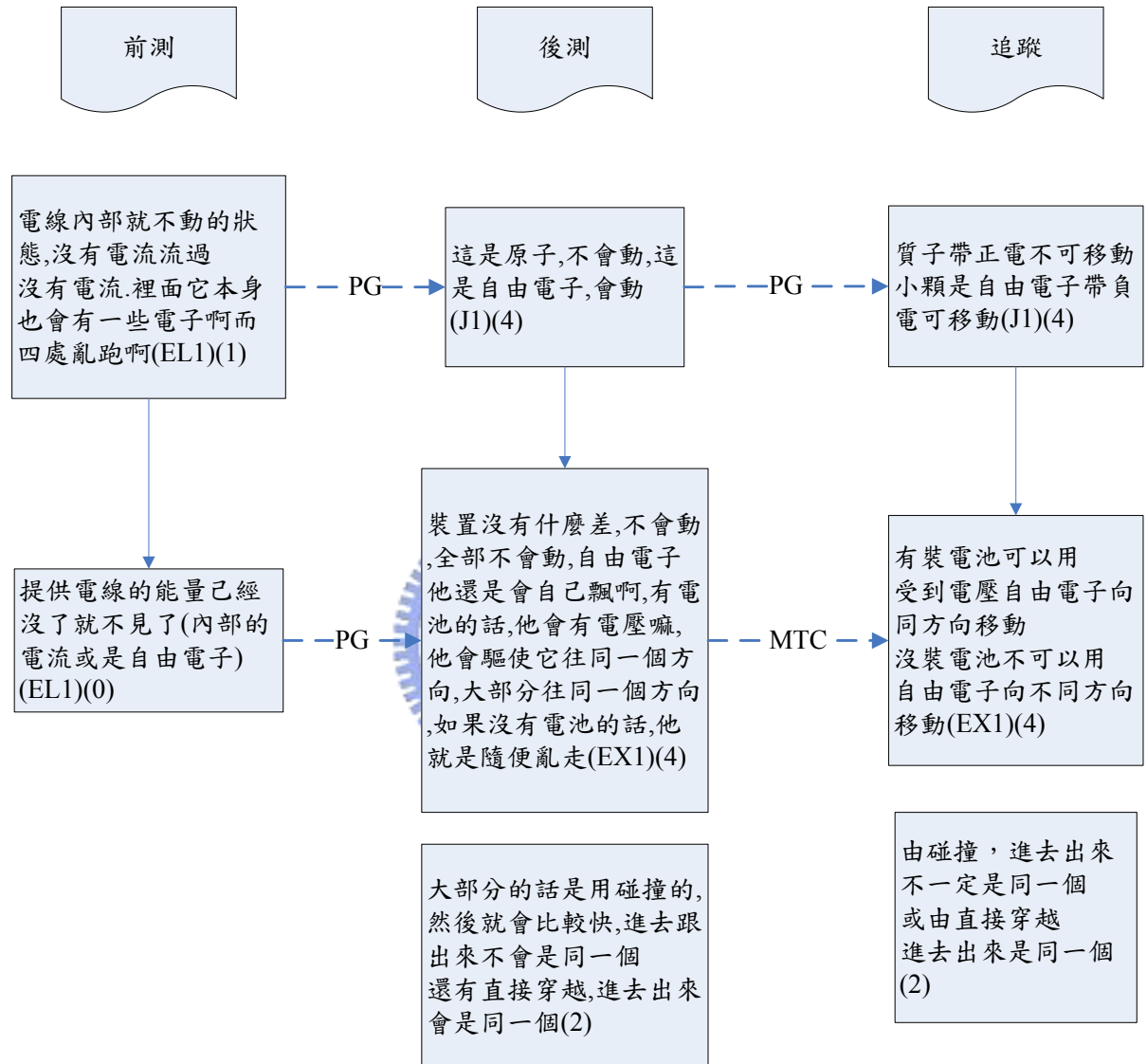


5.燈泡亮度與(1)電池接法、數目、(2)燈泡數目、接法的關係





## 6. 導線的微觀概念



## 7. 電流與電子流概念

前測

後測

追蹤

電流..電子流的反方向  
電子流往這邊然後電流就是它的反方向  
電子流是電子的流動  
電流.其時不能說是所謂流動它只是相較於電子流因為電子往那邊流動看起來像是正極的那邊  
(EX1)(4)

MTC

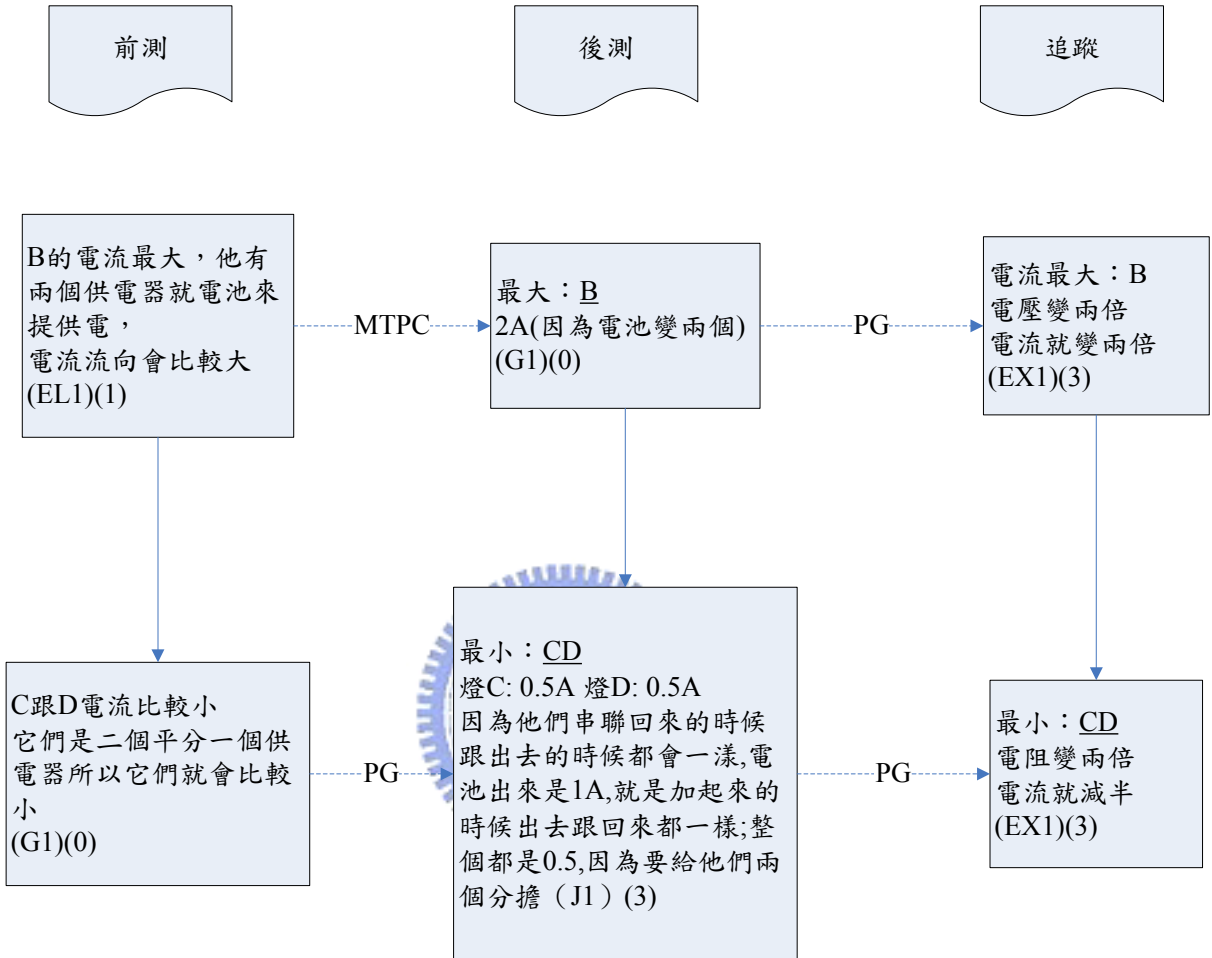
電流是正電荷的流動方向,那是相對的看起來像是它往反方向移動,正電荷不會移動  
(EX1)(4)

MTC

電子流會繞一圈,電流不存在,只用電子流判斷方向(與電子流相反)  
(EX1)(4)



燈泡個數與接法、電池個數與接法對電流大小的影響



9.同一迴路中，電流大小相同？

前測

後測

追蹤

靠近電池，或遠離電池，亮度不會有差別  
G1(0)

亮度不會有差別  
拿類比來推的話  
G0(0)

亮度沒有差別，因為  
整個電流的大小不變  
EL1(2)

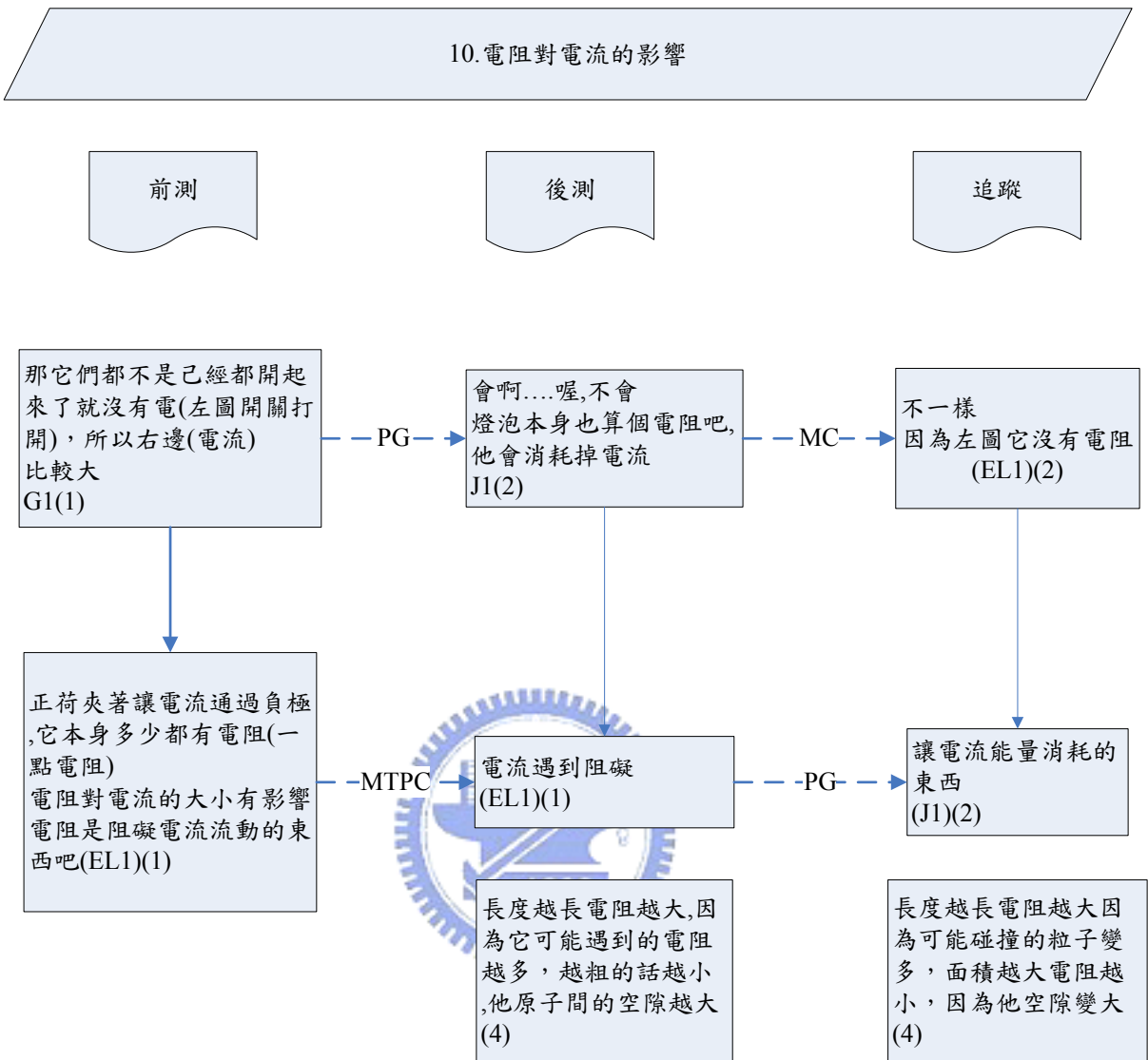
通過A點跟B點電流相同  
嗯..等一下好像不太相同  
B會比較大.B會大於A  
嗯.應該是B大於A  
(G0)(0)

一樣  
也是一樣,就水流不變啊  
(J1)(2)

相同  
因為是電荷能量改變  
(J1)(2)



## 10. 電阻對電流的影響



## 11. 電阻概念(包括歐姆定律)

