

第一章 緒論

本章共分為五節，內容包括研究背景、研究動機與目的、研究問題、重要名詞解釋與研究限制。

第一節 研究背景

長久以來，探究教學的概念常被認定為直接灌輸的觀念，自從一九五七年蘇聯發射了「Sputnik」人造衛星後，便激發教育學者對於科學教育的重視與改革，尤其是在探究學習的部分，為科學教育注入了新的想法。在 1960 年成為科學教育的主流，科學界讓科學教育的課程強調從小培養學生當科學家，強調教導科學實驗活動與技巧。隨著科學哲學觀的改變，教學開始著重在個人科學素養與主動，開始讓科學探究逐漸轉變成學習者從探究活動的互動中學習如何探究的方法與建構知識的歷程。許多學者開始重視科學探究的過程和主動的科學態度，在科學探究的過程中，對於學生的助益遠優於傳統式的教學。而科學探究的方法，強調學生從一個現象的問題開始，先提出假設，再根據假設蒐集並分析證據，進而設計實驗並進行研究，而非只是學習自然現象的答案 (AAAS, 1989)。而學生可以在探究的課程中，發現問題後根據問題假設自行設計實驗來驗證，讓學生在學習當中培養出探究能力，運用在生活中解決問題，且在科學探究的過程中，亦可以看出學生的動機和態度 (Tuan, Chin, Tasi, & Cheng, 2005)。

教師應鼓勵學生做科學探究的活動，將探究作出較仔細的描述，探究包括觀察、提出問題、參考書本及其他資源、計劃探究、檢視已有的知識、運用工具來蒐集等 (NRC, 1996)。近幾年在台灣的教育趨勢對於科學探究上也逐漸重視，希望從教學上能夠培養孩子探究能力，讓學生經由探究的活動，去操作各種過程技能，幫助學生建構和理解科學概念，來解決生活上的問題。現今所進行的九年一貫課程中，相當強調基本能力的培養 (教育部，2000)，在 97 課綱中仍強調教學應以能培養探究能力、能進行分工合作的學習、能獲得科學智能、習得各種操作技能、達成課程目標為原則 (教育部，2000)。這已明白指出自然與生活科技領域的教學應該使用探究及實作，提供學生動手操作、觀

察、探究和推論等機會，鼓勵學生思考。在國小五、六年級學童的過程技能被認定也強調其重要性。如同美國所推行的 SAPA (Science-A Process Approach) 課程中所提到的「科學過程技能」，其實就是探究能力的前身，兩者皆立足於問題解決及歷程中所需的能力，因此在探究教學過程中強調科學過程技能的訓練，可以協助學生發展科學探究能力。因此科學探究能力被認為是學生在科學學習的過程中，重點培養的能力之一。

在科學探究歷程中，學生本身必須要先明白自變項及依變項之間的關係，進而才能自行形成假設及設計實驗，因此推理能力是必須具備的能力之一。在Lawson(1978, 1988, 1992; Lawson, Alkhoury, Benford, Clark, & Falconer, 2000) 所設計之推理測驗中，包含六種推理層次，分別為守恆 (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)，說明了在測學生的推理能力時，包含有自變項和依變項的項目，似乎透露出科學推理在探究上的某種關係。從Hogan和Fisher(2000)的研究中說到，他們將科學推理當作科學探究中的思想過程，且科學推理在科學探究中扮演舉足輕重的角色。在探索自然現象的歷程中，科學推理可以幫助學生學習進而做出推論或判斷，在在顯示科學推理能力與探究有某種程度的相關性。

第二節 研究動機與目的

基於以上可得知，過去的研究指出探究教學能提升學生的探究能力以及學業成就，而且科學探究活動是科學教育上相當重要的一環 (丁素雯，2008)。而科學推理一直是科學教育中許多學者研究的主題之一 (Driver, Leach, Millar, & Scott, 1995; Hogan, Nastasi, & Pressley, 2000; Kuhn, 1993; Lawson & Johnson, 2002; She & Liao, 2010; Vosniadou & Brewer, 1992)。在迷人的科學探究中，科學推理能力和科學探究能力皆被認為是科學學習相當重要的因素。

雖然科學推理和科學探究都是科學學習重要的主題之一，卻尚未有研究指出其關聯性，以及科學推理是否為科學探究的必要因素。國內亦有相關科學推理與探究教學的研究，但尚未有將科學推理能力融入探究教學進行探討的研究，因此若將科學推理明顯融入到探究課程中，對於學生之科學探究能力與科學推理之相關性，及影響教學和學生學習程度如何，是相當值得探討的部分。因此本研究將立基於探究教學模式，融入科學推理的因素，設計融入科學推理的探究教學課程進行學習活動，企圖瞭解融入科學推理之探究教學對於學生的探究能力、科學推理能力以及科學概念建構之影響。

第三節 研究問題與假設

基於上述目的，本研究的待答問題如下所示：

一、不同教學模式（分科學推理融入探究教學與探究教學兩組）對學習者在概念測驗的成效上有何差異？

1-1不同教學模式學生的概念測驗（後測、追蹤測）達顯著差異。

二、不同教學模式（分科學推理融入探究教學與探究教學兩組）對學習者在主題相依推理測驗上有何差異？

2-1不同教學模式學生的主題相依推理測驗（後測、追蹤測）達顯著差異。

三、不同教學模式（分科學推理融入探究教學與探究教學兩組）對學習者在探究能力測驗上有何差異？

3-1不同教學模式學生的探究能力測驗（後測、追蹤測）達顯著差異。

四、科學探究、科學推理與科學概念之相關性為何？

五、利用學習單來瞭解學生在三個單元的學習歷程（分科學推理融入探究教學與探究教學兩組），其概念與探究之內涵。

5-1 不同教學模式學生在探究能力（形成假設和做出結論）之概念正確性的差異。

5-2 不同教學模式學生在假設的可驗證性上的差異。

5-3 對於探究教學融入科學推理（實驗組）的學生在科學推理層級的差異性。

第四節 名詞釋義

一、科學探究

科學探究被定義成有系統、具研究性目的且描述和發現物體和事件的關係的活動，運用科學方法，像是客觀觀察、實驗、比較、推論等等，發現問題進而解決問題的過程（Trowbridge & Bybee, 1986）。

二、科學推理融入探究教學

探究教學法乃是最接近科學活動模式的教學法，教師營造一個教學情境，引導學生發現問題並解決問題並從中學習，強調問題解決、高層次的思考與合作學習。本研究之對照組模式採用Herron（1971）所提出之引導式探究（guided inquiry），而實驗組則是將引導式探究（guided inquiry）課程前後加上科學推理的部分，即所謂科學推理融入引導式探究（guided inquiry）教學。

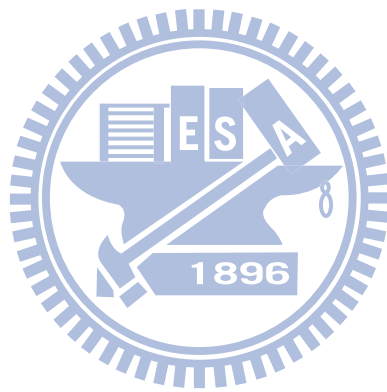
三、科學推理

在本研究所指的科學推理修改Lawson（1978）的定義，是指學生在遇到問題進行預測與形成結論時，使用觀察、操弄具體實物、控制變因、假設和推測的思考過程，進行組織形成他們的最佳支持的原因。

第五節 研究範圍與限制

本研究對象為新竹市某國小五年級的學生，僅以兩班為實驗組，兩班為對照組，所以不具有全國小學五年級學生的代表性，且教材範圍以九十七學年度康軒版國小自然與生活科技領域內容為主。基於研究區域及研究樣本之限制，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

本研究主要探討融入科學推理之探究教學與單採用探究教學的課程對學生在科學概念、主題相依推理、探究能力與科學推理層級的影響。本章共分三節，分別為科學探究與教學、科學推理、科學推理與探究教學等進行探討。

第一節 科學探究與教學

一、科學探究

美國國家科學教育標準 (NRC, 1996) 指出探究是多面向的活動，包含觀察、界定問題、驗證資訊來源、了解已知的知識內容、計畫和進行探索活動、運用工具進行蒐集和分析、反覆思考實驗得來的資料以及對其資料進行詮釋和結果等多面向的活動，即科學就是探究的想法，而探究的概念儼然成為科學教育的本質 (Keys & Bryan, 2000)，而五年級到八年級課程內容可以採用部分探究 (partial inquiry) 的設計，讓學生在過程中瞭解並發展相關能力。本研究是採用教學者提出問題，由學生形成假設並自行設計實驗來驗證，並根據活動所得到之數據或現象進行不同的解釋。

Driver 等人 (1994) 認為探究活動乃是從建構主義的理論基礎，而近來受建構主義之影響，科學探究活動從過程技能的反覆練習而逐漸轉變成重視探究能力的培養。是以有許多的探究模式被提出：

(一) 探究教學模式 (Scientific inquiry Model)

Schwab (1962) 提出探究教學的方式進行科學教學，由教師逐步引導學生讓學生找出問題並蒐集資料，解決問題，主要在訓練科學方法的應用，所以稱為過程探究模式。根據學生在學習上的開放性，將科學探究分成四個階層，由易到難分別為 level 1 (實驗式探究) 為在研究問題、解決方法和步驟都是由老師提出，學生只要按著方法及步驟，即可找到實驗活動的答案；而 level 2 (探究活動) 則是僅提供實驗的問題，而方法與步驟，以及答案均未提供；level 3 (開放性科學活動) 是研究問題、解決方法和步驟都是學生未被告知的。

(二) Herron 提出之模型

Herron (1971) 依循 Schwab (1962) 的科學探究模式，除了依照教師給學生的問題是否有結構或是已知的答案來分類外，再加上另一個零層次，即問題、方法步驟及答案均提供給學生，學生只要按此步驟去做實驗，驗證已知的結果。而將探究分成確認式、結構式、引導式及開放式探究，如表 2-1-1。

表 2-1-1 修改 Herron (1971) 之科學探究模式

探究層級	Level 0 確認式 (Confirmation)	Level 1 結構式 (Structured)	Level 2 引導式 (Guided)	Level 3 開放式 (Open)
教師提供學生問題	√	√	√	
教師有一定的程序	√	√		
已知解決的方法	√			

「確認式」(Confirmation) 層級是指學生依據指定的步驟來確認課本的知識。「結構式」(Structured) 即提供問題和步驟，由學生實驗完後做出結論。「引導式」(Guided) 層級是只提供問題，讓學生進行探究活動。而「開放式」(Open) 是讓學生自行發現問題，並且自行設計實驗解決。

(三) 學習環 (Learning Cycle)

Karplus (1960) 所提出學習環的理論，認為國小自然科學的學習應該以學童本身的觀察和經驗為基礎，用實驗或活動帶領學生，提供給學生直接的經驗來進行探究後形成概念。經過演變後其內涵包括探索階段、名詞引介階段及概念應用三個階段 (Karplus & Their, 1967; Karplus & Lawson, 1977; Lawson, Abraham, & Renner, 1989)。

1. 探索階段：以學生自己的先備知識為基礎，教師進行協助或只在旁觀察，提出開放發散性的問題，讓學生去思考，不設限任何想法和物質幫助，且不給於學生明確的答案。
2. 名詞引介階段：教師在這階段直接說明或是定義新的名詞呈現給學生，讓學生能夠與在上一階段所得到的結果作結合形成概念。
3. 概念應用：教師提出多一些的應用概念的新情境，讓學生作概念的延伸。

(四) 5E 建構式學習環教學模式

這五個階段分別為：投入 (engagement)、探索 (exploration)、解釋 (explanation)、精緻化 (elaboration)、評量 (evaluation) (Bybee & Landes, 1988)。5E建構式學習環教學模式是修改在1967年Karplus和Their提出學習環，已被當作一種有效的課程編排方式。此模式不像傳統式的三步驟，是先介紹新字彙，然後提供逐步的實驗來證明呈現的資訊，最後以每章節後面的問題或測驗來做最後的結束。分別為「投入 (E1) →探索 (E2) →解釋 (E3) →精緻化 (E4) →評鑑 (E5)」五階段教學活動：

1. 投入階段：引起學生投入和激發學生的學習興趣，並先瞭解學生之先備知識的程度。
2. 探討階段：讓學生進行探索某個想法，分享先備知識，讓學生運用新的知識或經驗與既存的先備知識，做出澄清。
3. 解釋階段：將上階段的結果作合理化的解釋，教師應讓學生的觀點接近科學家的觀點，加強學生知識的理解。
4. 精緻化階段：將學生所學習到的新知識提供機會運用在不同情境上。
5. 評量階段：鼓勵學生評估自己所學到概念或能力，讓學生可以重複學習環的階段，促進學生在概念上或是技能上的改變。(引自王美芬、熊召弟，1995)

綜合以上提出模式發現，探究活動實施的目的已逐漸轉為轉變為重視學生探究能力的培養，且科學的解題活動並無一定的流程，因此本研究修改Herron (1971) 所提出的引導式探究，但重點是強調將科學推理融入於其中，本研究在規劃上較有結構性。教學設計上是經由老師給予學生研究問題後，讓學生自行形成假設與變因、自行選用實驗器材、進行實驗設計、操作，並提出可能的解釋及結論。

二、探究教學在科學教育的發現

科學教育的學者及專家從1980年便開始提倡科學探究，認為探究能提升學生發展科學思考和探究技巧的能力和 method，為有效學習科學的策略(AAAS, 1989; Tamir & Lunetta, 1981)。而科學探究為科學教育的目標，進而促進科學知識與理解(Kanari & Millar, 2004)，而隨著科學教育改革演進，探究(Inquiry)已成為科學教育的本質(Keys & Bryan, 2000)。研究顯示探究教學有助於學生認知與探究能力的提升(Abd-El Khalick et al., 2004; Gibon & Chase, 2000)。探究教學可以提升學生的知識建構(Ryder, Leach, & Driver, 1999)。Stoddart等人(2002)研究指出探究可協助學生理解科學概念、主動思考及科學過程技能(Su, 2002)，甚至於提升較低成就學生的論述能力(Yerrick, 2000)。除了可以增進認知的部分外，有研究顯示探究教學可促進學習者的學習動機，且優於傳統式的教學(Tuan, Tsai, Chin, & Cheng, 2005)。另有許多研究顯示探究教學能提升學生對科學本質的理解、科學學習成就、科學過程技巧、科學知識的建構等(Ertepinar & Geban, 1996; Gibson & Chase, 2002; Ryder, Leach, & Driver, 1999)。Wideen(1975)比較國小三至六年級的學生接受SAPA探究學習和傳統講述教學的學習成效，研究結果發現探究組學生相較於傳統組在興趣上、科學態度、科學知識及過程技能顯著提升。

Abd-El-Khalick等人(2004)更指出“探究”不單只是種教學方法，同時也是種重要的學習成果。透過探究教學不但能幫助學生學習到科學知識和技能外，同時也能夠讓學生經歷到科學家探究自然界的過程，從過程中瞭解科學的本質並內化，進行有意義且主動的學習來促進科學知識的形成。

從以上文獻的得知，探究教學一直是科學學習的中心策略，NRC(1996)也提出五到八年級學生應有完全探究或部份探究的機會，在部份探究的部份，依據教學內容與目標，培養科學探究能力與科學概念的理解，因此本研究者對探究教學持肯定探究教學於科學學習上的助益。

第二節 科學推理

在科學學習上將科學推理視為相當重要的能力，這是學習者在學習科學時，可藉由操作、觀察的直觀方式來發展邏輯思考與獲得新知識的能力的緣故。在教學的情境中，無法呈現所有的科學現象，包括抽象的或是微觀的，需要藉由「推理」的方式來達成概念的理解，可以見得推理能力的重要性。

一、推理

推理是指從已知資訊推導到新資訊的思考歷程，根據系統性來建立訊息間的特定關係性(Rosser, 1994)。推理的種類中，最常被提到的是「演繹推理」(Deductive reasoning)和「歸納推理」(Inductive reasoning)。演繹推理是從一般規律、規則或是原理，推到特殊情形並做出新結論的活動(Vosniadou, 1989)。在運用演繹推理時，從某一普遍法則出發，將其運用於具體或特殊事例。因此演繹推理得出的結論是受原始前提制約的，原始前提如正確，結論也就正確。而歸納推理則是藉由觀察眾多個別事物的特質，從其中抽取出一般規律的共通性並概括到同類事物上。從觀察得到的資料出發，加以概括，從而解釋所觀察到的事物之間的關係，即是從特殊情形中引出一般結論的活動。因果推論和分類推廣為常用之歸納推理。因果推論是依據已有的事物性質的資料或觀察，獲得可能的因果推論，尋求其中共通性而推導出結論。因為從客觀角度去認識事物，必須兩種方法共同發展；演繹需要可靠的歸納基礎才能產生具有信度的結論，而歸納是在一般原理、原則或某種假說、猜想下進行的。

二、科學推理

科學推理是指學生在建構於科學上知識和預測時，他們之間關係如何、怎樣操縱變因、運用假設、組織形成他們的最佳支持的原因(Tytler & Peterson, 2003)，形成判斷的過程，包含守恆推理、比例推理、機率推理、相關性推理、控制變因和假設演繹等形式推理能力(Lawson, 1978)。

Piaget (1962)認為若要進行科學的推理過程，必須先要有一定程度的邏輯能力才能完成，而過去在教學實務上大多認為國小的兒童屬於具體運思期，無法進行抽象的科學

推理過程，故鮮少進行較抽象的科學推理教學。

在Driver 等人的知識論推理 (epistemological reasoning) 探討學生如何進行科學探索活動 (science inquiry) 以及學生如何看待科學理論的本質和狀態，和學生「使用理論所作出的解釋」和「描述證據」之間的關係，來分析學生進行科學推理活動的表徵(Driver, Leach, Millar, & Scott, 1995)，並將推理歸納為三類，包括「現象推理」(phenomenon-based reasoning)，表示其科學理論來自於對現象採用情境化描述，且學生將對直接觀察的現象描述直接作為證據；「關係推理」(relation-based reasoning) 其科學理論來自歸納法，從經驗的通則化中，找出可觀察的現象中所包含的特性或變數之間的關係，仍使用現象的觀察來作為證據描述，並以變數之間的關連做為解釋的理論依據，探討起始因素和結果之間的關係；「模型推理」(model-based reasoning) 其科學理論是經由「創意」來產生理論模型，同時存在多個可能的理論模型。理論的存在是暫時性的，且理論解釋並非來自於觀察，而是以理論系統的科學機制來解釋，以證據來評估各種模型的優劣。

Lawson、Abraham和Renner (1989) 提出學習環包含了描述 (descriptive)、經驗-誘導 (empirical-abductive) 和假設-推論 (hypothetico-deductive) 三部分，而每種學習環的型式可由低到高歸類成不同層級的科學推理模式。Lawson等人 (2000) 的研究將科學推理分成三個層次，Level 3 是屬於描述性層次 (descriptive level)，與皮亞傑的具體操作期相似，只能運用描述性的概念；轉變階層 (transitional level)，介於Level 3與Level 4之間；Level 4是屬於進階層次 (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是屬於更進階層次 (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。

Hogan和Fisher(2000)將科學推理定義為六種型式，包括分析式推理 (analytical reasoning)、類比式推理 (analogical reasoning)、對話式推理 (dialogical reasoning)、對話式推理 (dialogical reasoning)、推論式推理 (inferential reasoning)、評價式推理

(evaluative reasoning) 和統整式推理 (integrative reasoning)。而在Hogan、Nastasi和Pressley (2000) 研究指出學生的知識觀點會引導科學推理中的計畫、監控和評估等執行的歷程，所以學生知識觀的標準與知識的建構對於進行科學推理有極為重要的影響，根據12個八年級學生所做的訪談研究內容將科學推理的層級分為以下六種，。

概述 (generativity) 是指學生以直覺的觀察結果或質樸的想法及主張等較低階的思考來說明待解答的現象；精緻化 (elaboration) 表示能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；辯證 (justification) 可分為「證據取向」及「推論取向」兩類來判斷待解答的現象。學生的每個想法若能運用越多的證據及推論來確認判斷，得分越高；解釋 (explanation) 乃指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；邏輯一致性 (logical coherence) 表示學生對現象的論述中包含了判斷或解釋，這些論述並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；綜合 (synthesis) 是表示評斷學生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Driver 等人的認識論角度來看Hogan 等人定義的推理層級，則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，解釋以上的能力則相當於模型推理的層級。而本研究以引導式探究課程為主軸，融入科學推理在國小五年級自然課程中，學生將進行形成假設、找出變數、科學解釋等探究活動，希望可以從學生在探究過程中進行概念建構時，了解科學推理層級的影響，因此參考並簡化Hogan等人的推理層級分類，將學生在學習歷程中所運用的推理層級定為四級。不相關 (None, N)：學生的回答中完全不包含任何與問題相關的論述；概述 (Generativity, G) 是指學生僅描述現象的觀察或以質樸概念來回答；精緻化 (Elaboration, EL) 是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。辯證 (Justification, J) 則是在「證據取向」時，學生能夠運用變因和結果間的關係來解釋現象。

Keys (1998) 研究指出國小六年級在科學實驗中在問題假設和設計實驗的表現，發現了科學推理能力是有助於批判、確認和評估證據等科學學習的，而使用推理策略也可

以引出學生的概念，且澄清、建構科學概念。而科學推理能力對於解決問題和學習遷移是有助益的，而且影響到個人的學習（Krulik & Rudnick, 1993）。由此可知推理能力是一種高層次的認知能力，它可以協助學生瞭解生活中的前因後果，尤其是在科學的學習上，可以見得推理能力的重要性。

因此學生的推理能力，除了科學推理技巧之外，還需考慮與學生學習相關主題的概念推理能力，故設計相關單元主題相依測驗，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相關概念的瞭解，因而增進學生對該概念的推理能力，根據學生前測所測驗出之成績，視其在教學後及追蹤測瞭解學生之推理能力是否提升。

第三節 科學探究與科學推理

在 NRC（2000）所提出的六項探究能力，包括以下六點：「確認可經由科學探究來回答的問題」、「選用適合的工具和技術來蒐集、分析及詮釋資料」、「利用證據發展出自己的描述、解釋、預測和模式」、「透過精確且邏輯地思考來決定證據與解釋間的關係」、「辨識並分析另有解釋及預測」、「進行科學探究流程與結果的溝通」。其中的「透過精確且邏輯地思考來決定證據與解釋間的關係」，如果沒有科學推理的部分在裡面，如何可以獲得關係？而在 Hogan、Nastasi 和 Pressley（2000）的研究中對於科學推理之定義為在抽象邏輯之假設-演繹及歸納-推理等技能。也有學者將其定義為探究、實驗、評估理論、推論等技能，而運用這些思考能力來幫助概念的改變或是科學的理解（Zimmerman, 2005）。Lawson（2004）亦認為在日常生活中和科學探究的推理似乎在一個假設演繹的思考上開始作用。在種種跡象中似乎透露出在探究過程中，科學推理存在的關鍵點。

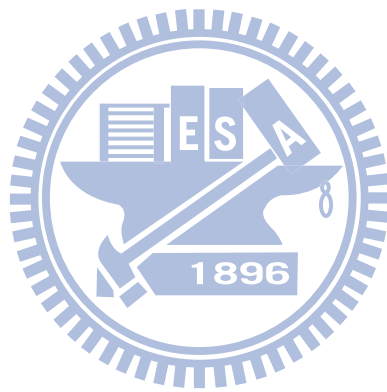
在 2061 計劃提到，對於科學探究著重於學生在進行資料或是推論假設時，應該符合邏輯推理原則。在科學探究歷程中，有四個推理活動階段，分別為形成問題與假設（form questions and hypotheses）、設計實驗和蒐集資料（design investigations and generate data）、詮釋資料和整合資訊（interpret data and integrate information）、建立並與人溝通論點（build and communicate arguments）。亦有研究指出，教師能在教學中如果可以讓

學生參與如同科學家的問題解決歷程，將能夠增進學生的推理技能（Lawson, 1995）。而 Lawson（2005）研究科學探究和歸納演繹推理的角色中，發現學生越來越意識到自己的假設演繹思維過程，在應用上越來越熟練。在探究活動中不但讓學生自主的討論研究設計，更經由探究教學建立學生邏輯推理思考，並引導學生建立良好的知識架構來發展高層次的思考能力。

Hogan 和 Fisherkeller（2000）提到，科學探究歷程中的四個推理活動階段分為以下四個，包括形成問題與假設（form questions and hypotheses）、設計研究與蒐集資料（design investigations and generate data）、解析資料與整合資訊（interpret data and integrate information）、建立與傳達論點（build and communicate arguments）。在這些推理活動中，很明顯的發現科學推理與探究是緊密結合的關係，從形成問題、假設到設計實驗等都是如此。

在 Lawson（1978, 1988, 1992；Lawson, Alkhoury, Benford, Clark, & Falconer, 2000）所設計之推理測驗中，包含以下六種推理層次，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，而在測驗中可以發現，所出的題目有很多觀念上都隱含著科學探究的內容，像是實驗設計中假設、自變項和依變項。

而從以上文獻中，不難發現探究與科學推理有著密切的關係，推理被視為科學探究中的思考過程，而科學家在探索自然界時，也是運用了探究與推理的過程來預測或解釋。許多蛛絲馬跡，明白顯示出在科學探究中，隱約有一塊科學推理的部分，雖然在許多科學教育學者都認同這樣的想法，卻未有研究指出其相關性，因此研究者除了驗證研究中所提到探究教學是否能提升探究能力以及推理能力外，欲探討在探究教學下，不同推理層級之學生的科學探究能力與推理能力是否有相關，以及學生的探究能力與科學推理之關係為何。因此本研究將探討在研究設計中的科學推理融入探究模式下，學生在科學推理層級與探究能力是否有明顯之改變。



第三章 研究方法

本研究是運用科學推理與探究教學活動結合，採用準實驗設計的方法進行。本章內容以研究對象、研究設計、研究流程、研究工具、教學設計及資料的收集與分析等分別加以敘述與說明。

第一節 研究對象

本研究是以新竹市某國小五年級的四個班級學生為研究對象，以便利抽樣的方式採用四個常態編班的班級，學生人數共 115 人。將學生分成兩組，包括實驗組和對照組各兩個班級，其中前者採用科學推理融入探究教學，共 61 人；後者則採用探究教學，共 54 人，如表 3-1-1 所示。

表 3-1-1 教學模式與人數整理表

組別 項目	實驗組	對照組
教學模式	科學推理融入探究教學	探究教學
人數	61 人（兩班）	54 人（兩班）

由於本研究於九十七學年度下學期進行研究，為了確保實驗組與對照組學生在自然與生活科技領域中學業成績無顯著差異，因此研究者於進行研究前，蒐集這兩組學生在九十六學年度上下學期的自然與生活科技領域之學期總成績（各三次段考成績與平時成績），進行獨立樣本 t 檢定的統計分析，分析結果實驗組與對照組無顯著差異，如下：

表 3-1-2 實驗組與對照組學生自然與生活科技領域學業成績差異檢定摘要表

項目	實驗組		對照組		平均差異 (對－實)	t 值
	平均數	標準差	平均數	標準差		
成績	48.92	6.38	49.35	5.54	.33	.383

註：N=115

第二節 研究設計

依據本研究之研究目的與參考相關文獻，研究者採實驗研究法之準實驗設計 (quasi-experimental design)。本研究問題是在探討不同教學模式下，學生在相關課程(包含美麗的星空、熱的傳播與保溫、聲音與樂器)進行半學期共九節課，進而探討學生在概念建構、科學探究能力和主題相依推理能力上的差異。自變項是教學模式(實驗組—科學推理融入探究教學、對照組—探究教學)，依變項為概念建構測驗、科學探究能力測驗、主題相依推理測驗及學習單分析，如圖 3-2-1。



圖 3-2-1 研究架構圖

一、自變項：

本研究自變項為「教學模式」，實驗組採用「科學推理融入探究教學」，而對照組則是採用「探究教學」。

二、依變項：

依變相為「概念測驗」、「科學探究能力測驗」與「主題相依推理測驗」。在學習單結果質性分析方面，是針對其「形成假設」與「做出結論」之概念正確性、假設的可驗證性與科學推理層級之改變。

第三節 研究流程

研究歷程分為三個階段，依序為研究準備階段、科學推理融入探究教學階段及資料分析階段，研究流程如圖3-3-1。

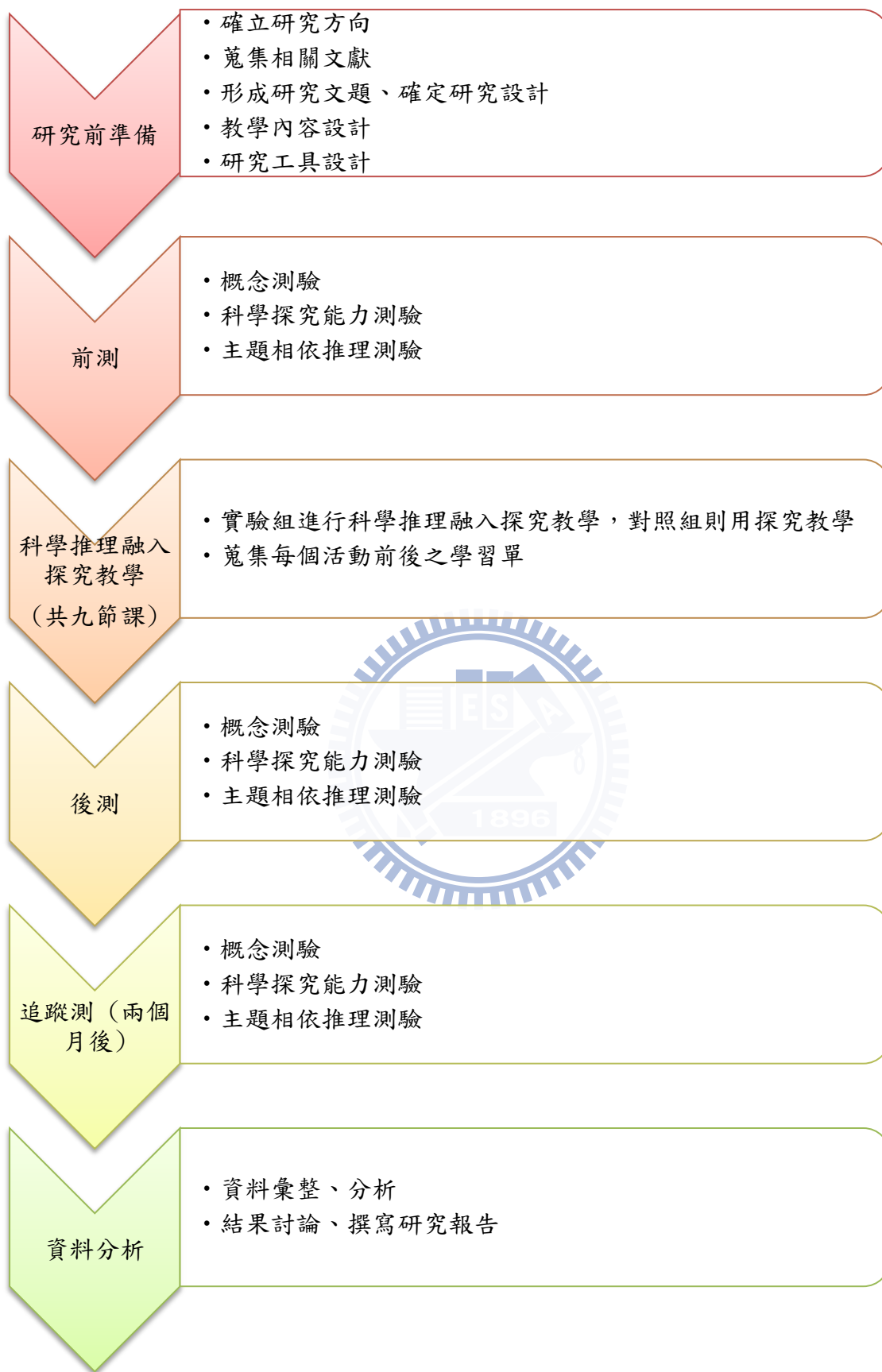


圖 3-3-1 研究流程圖

第一階段：研究準備階段。首先確立研究目的與問題，並蒐集相關文獻進行探討，以及設計測驗工具並確立其信效度，依照科學推理及探究理論為基礎設計相關課程。而本階段之重點在於如何將科學推理融入探究教學的部分，與專家討論教材內容並進行修正。

第二階段：科學推理融入探究教學階段。針對不同教學模式進行教學前、後和追蹤各項測驗，以及在教學前與活動後所完成之活動學習單。實驗組之學生於下學期其中三個單元採用科學推理融入探究課程，而對照組則進行相同單元之探究課程。

第三階段：資料分析階段。是將本研究期間所蒐集到的所有資料，包含「概念測驗」、「科學探究能力測驗」、「主題相依推理測驗」與「學習單」，進行處理與彙整分析，並撰寫研究結果報告。

第四節 研究工具

本研究運用的教學工具有相關課程之概念測驗、主題相依推理測驗、科學探究能力測驗以及學習單，將於以下說明之。

一、概念測驗

本研究是希望經由不同的教學模式，瞭解國小五年級學生在下學期學習科學概念上是否有顯著差異存在。由研究者依據課程內容編製相關的認知部分測驗進行紙本測驗，內容採單一選擇題型式，每個單元各10題，共30題（詳見附錄一）。

於九十七學年度下學期課程教學前、後時施測，每題1分，共30分。選擇題編寫試題時，由三位自然與生活科技領域教師及二位科學教育專家共同檢驗，以求其內容效度。由實驗組與對照組於教學前、後及兩個月後追蹤進行施測，整體試卷前、後與追蹤信度 α 值分別為0.60、0.74和0.81，可得知此份測驗度達理想範圍。

二、主題相依推理測驗

此測驗是用以檢核學生在五年級下學期的「美麗的星空」、「熱的傳播與保溫」及「聲音與樂器」單元概念的推理能力所設計，題目型式為二階層式選擇題，第一層題目的出題範圍為學生可觀察到的自然現象或科學事實的真偽，第二層題目則為以上一層題目進行科學推理後所得到的理由或證據（詳見附錄二）。

而本測驗選擇題編寫試題時，係由三位自然與生活科技領域教師及二位科學教育專家共同檢驗，以求其內容效度。由實驗組與對照組於教學前、後及兩個月後追蹤進行施測，整體試卷前、後與追蹤信度 α 值分別為0.74、0.83和0.89，得知此份測驗度達理想範圍。

三、科學探究能力測驗

研究者將 NRC (2000) 提出的學生課室探究表徵，包含「形成問題」、「實驗設計」、「資料蒐集」、「解釋分析」共四個面向來做修改成「形成假設」、「找出變數」、「設計實驗」、「圖表解釋」、「分析結果」四個面向的探究能力，選用五年級下學期的「美麗的星空」、「熱的傳播與保溫」及「聲音與樂器」單元活動內容，進而設計科學探究能力測驗。選擇題編寫試題時，由三位自然與生活科技領域教師及二位科學教育專家共同檢驗，以求其內容效度。共有六大題，每題皆包含以上四個面向的探究能力（詳見附錄三）。

在內容設計上有包含基本的科學過程技能與 PISA 測驗中的「形成科學性議題」、「科學解釋」與「科學舉證」的面向，並可連接到關鍵的認知能力，例如歸納/演繹推理、系統思考、關鍵決策、轉換訊息、建構並溝通討論來解釋數據資料等(OECD, 2006)，以了解學生在科學探究上的成效。

由實驗組與對照組於教學前、後及兩個月後追蹤進行施測，整體試卷前、後與追蹤信度 α 值分別為0.92、0.90和0.96，可得知此份測驗度達理想範圍。

四、學習單

研究者根據研究目的與課程來設計實驗組及對照組三個單元之學習單，每個單元之學習單分成兩個部分，包含科學推理與探究實驗。科學推理的部分是實驗組學生在教學前預測課程主要問題或是提出先備知識，並解釋所支持之理由為何後，再進行示範實驗，學生經觀察及思考後，再次回答先前課程主要問題。而探究實驗的部分乃改編 NRC (2000) 所提到的內容，設計包含「形成假設」、「找出變數」、「實驗設計」、「解釋分析」和「提出結果」的流程，每個單元有一至兩個探究實驗，由教師給予學生研究問題，由學生自行進行以上四個流程。在實驗結束後，實驗組的學生會要求再一次思考探究實驗之研究問題，讓學生解釋其理由為何，以科學推理的歷程進行問答（詳見附件五）。

第五節 教學設計

本研究在國小五年級下學期進行一學期其中三單元，配合九十七學年度康軒版自然與生活科技教材，選取其中「美麗的星空」、「熱傳播與保溫」、「聲音與樂器」三個單元各三節課進行教學實驗，共九節課（每節課四十分鐘）。

科學推理融入探究課程與探究課程由三位自然與生活科技領域的資深教師及兩位科學教育專家與研究者配合其課程綱要及內容所改編，且由研究者進行教學實驗活動，課程進行中有原科任教師從旁協助，並無參與教學。

在實驗組每個單元活動的教學依照流程分成兩個階段，即融入科學推理的探究教學及探究教學，而對照組的部分則是在單元活動中單純採用探究教學法進行課程教學（詳情請見附件四）。

第六節 資料蒐集與分析

本研究蒐集資料的部分包括相關課程之概念測驗、科學探究能力測驗、主題相依推理測驗、科學推理測驗，其測驗部分的數據資料主要是以 SPSS 12.0 套裝軟體進行統計分析，而學習單則是加以說明其統計分析的結果，增加研究的多元性。

一、概念測驗

以「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析 (one-way MANCOVA)，當分析資料時以「教學模式」為自變項，共變量為「概念測驗之前測成績」，依變項為「概念測驗後測和追蹤測成績」，比較教學模式（實驗組—科學推理融入探究教學、對照組—探究教學）在後測及追蹤測的成績表現有何差異。

二、主題相依推理測驗

以「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析 (one-way MANCOVA)，當分析資料時以「教學模式」為自變項，共變量為「主題相依推理測驗前測成績」，依變項為「主題相依推理測驗後測與追蹤測成績」，比較教學模式（實驗組—科學推理融入探究教學、對照組—探究教學）在後測及追蹤測的成績表現有何差異。

三、科學探究能力測驗

以「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析 (one-way MANCOVA)，當分析資料時以「教學模式」為自變項，共變量為「科學探究能力測驗前測成績」，依變項為「科學探究能力測驗後測和追蹤之成績」，比較教學模式（實驗組—科學推理融入探究教學、對照組—探究教學）在後測及追蹤測的成績表現有何差異。

四、科學推理測驗

以「教學模式」變項進行單因子多變量共變數分析 (one-way MANCOVA)，當分析資料時以「教學模式」為自變項，共變量為「科學推理測驗前測成績」，依變項為「科學推理測驗後測及追蹤測成績」，比較教學模式（實驗組—科學推理融入探究教學、對照組—探究教學）在後測和追蹤測的成績表現有何差異。

五、學習單

「美麗的星空」、「熱傳播與保溫」、「聲音與樂器」三個單元共十一個活動，依據本研究所用之探究能力分成三個部分，包含「形成假設」、「變因」、「做出結論」進行分析。從兩組學生的所寫出學習單之探究能力內容依其概念正確性及假設的可驗證性進行分析，前者分成完全正確（C）、部分正確（PC）、完全不正確（IC）三個項目各自進行分析，其各單元評分者間信度為.96、.96及.99。在「形成假設」與「做出結論」中依照學生所寫出之學習單內容，將其概念分成概念之完全正確（C）、部分正確（PC）、完全不正確（IC），若有則給1分，沒有則是0分。例如「直笛為什麼可以吹出高低不同的聲音？」，若回答「假如按的越用力，則聲音越低/高」，在完全不正確的項目上給1分，其他兩個項目給0分；若是寫出「假如沒按洞（直笛全放）/全按時，聲音越高/低」則是在部分正確的項目給1分，其他兩個項目給0分；若是呈現「假如按住的孔（洞）數越多/少，聲音越低/高」，在完全正確的項目給1分，其他兩個項目給0分（詳見附錄五）。

而假設的可驗證性則是依據學生所呈現之內容，依照是否可現驗證性之分別給予2分、1分和0分來進行分析，例如「如何讓0°C的冰溫度上升最慢？」，若孩童所寫出之內容為「水的溫度越低，冰融化得越快」是給0分，如果「放進冰箱（冷凍庫）」則是給1分，那如果是「將冰放在密閉盒內（保麗龍），溫度上升較慢」者給2分。

在實驗組的學習單中對於概念推理層級分析，因應國小五年級學生的推理能力，而依據Hogan等人（2000）的推理層級定義進行修改，將學生對問題所推理之想法將其區分為無（None, N）、概述（Generativity, G）、精緻化（Elaboration, EL）、辯證（Justification, J）四個層級，其各單元評分者間信度為.88、.89及.90（詳見附錄六）。

第四章 研究結果與討論

本研究探討是否將科學推理融入於探究教學模式，對於國小五年級學童在科學推理與探究教學之學習時，其於概念建構測驗、主題相依推理測驗和探究測驗上的差異性。根據研究問題進行統計與質性分析，進行驗證。

本章將分為三小節，第一節是融入科學推理之探究教學在三個測驗（前測、後測及追蹤測）的成效分析；第二節則是將學習單內容轉化成量化資料的分析結果；第三節則是針對實驗組科學推理的部分進行層級之分析，以具體瞭解學生的學習情況。

第一節 探究教學與融入科學推理之探究教學之成效分析

本節將針對實驗組與對照組在概念測驗、主題相依推理測驗和探究測驗在不同教學模式下的表現差異性逐一討論。測驗結果如下：

一、教學前後之概念建構測驗成效分析

依據研究問題一「不同教學模式實驗組（科學推理融入探究教學）、對照組（探究教學）對學習者在概念測驗上有何差異？」進而以敘述性統計與數據分析，結果如表4-1-1所示。

（一）概念測驗之敘述性統計分析

針對不同教學模式（科學推理融入探究教學、探究教學）的概念測驗成績（前測、後測、追蹤測）進行敘述性統計分析，結果如表4-1-1。

表 4-1-1 兩組不同教學模式在概念測驗之敘述性統計

組別	人數	教學前測		教學後測		教學追蹤測	
		M	SD	M	SD	M	SD
對照組	54	12.70	4.42	15.57	5.16	13.15	6.09
實驗組	62	13.37	3.28	17.65	4.56	17.37	5.45
總和	116	13.06	3.85	16.68	4.94	15.40	6.11

從教學模式來看，由表4-1-1顯示在概念測驗前測中，雖然實驗組學生成績較對照組成績高些，但是在經過不同模式之後，兩組學生皆在後測與追蹤測的成績明顯高於前測成績。

(二)概念測驗之推論統計分析

將不同教學模式在概念測驗進行單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA)，以『教學模式』為自變項，『前測成績』為共變數，依變項分別為『後測成績』和『追蹤測成績』，結果呈現於表4-1-2：

表 4-1-2 教學模式對概念測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
共變量(概念建構前測)	0.60	2	112	37.80***	.000
教學模式(實驗組、對照組)	0.87	2	112	8.40***	.000

註：1. *** $p < .0001$ ；*df1*：假設自由度，*df2*：誤差自由度

從表 4-1-2 可知在概念測驗後測及追蹤測中，「教學模式」(Wilk's $\Lambda = .87, p = .000$) 對概念測驗後測及追蹤測的成績影響達顯著差異，因此繼續進行主要效果分析，其結果如下表 4-1-3：

表 4-1-3 教學模式分組對概念測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilk's Λ	單變量		事後比較
		後測	追蹤測	
教學模式	0.87***	4.56*	16.21***	後測：實驗 > 對照 追蹤：實驗 > 對照

註：1. *** $p < .0001$, * $p < .05$

由表4-1-3中可知，在不同教學模式下進行單因子多變量共變量分析，結果顯示不同教學模式在概念後測 ($F=4.56, p=.035$) 和追蹤測 ($F=16.21, p=.000$) 均達顯著差異，經事後比較後發現實驗組的學生在後測與追蹤測的成績皆優於對照組。

根據上述推論統計結果，支持研究假設1-1不同教學模式對學生在概念測驗上有顯著差異，表示「融入科學推理之探究課程」較「探究教學課程」效果佳。

二、教學前後之主題相依推理測驗成效分析

此部分乃為回答研究問題二「不同教學模式(分科學推理融入探究教學與探究教學)對學習者在主題相依推理測驗上有何差異?」進行分析，並於下列呈現其分析結果。

(一) 主題相依推理測驗之敘述性統計分析

依據教學模式(實驗組與對照組)進行主題相依推理測驗成績(前測、後測、追蹤測)敘述性統計的分析，結果如表 4-1-4。

表 4-1-4 主題相依推理測驗之敘述統計

組別	人數	教學前測		教學後測		教學追蹤測	
		M	SD	M	SD	M	SD
對照組	54	18.69	6.40	25.91	8.67	20.59	9.34
實驗組	62	19.82	6.81	28.39	8.32	27.87	8.89
總和	116	19.29	6.61	27.23	8.54	24.48	9.77

由教學模式來看，依據表 4-1-4 在後測與追蹤測中，不論是實驗組或是對照組，於此測驗中均有明顯進步，表示兩種教學模式在主題相依的學習效果和保留效果都很好。而實驗組的成績明顯高於對照組的成績，因此得知實驗組教學模式優於對照組。

(二) 教學模式對主題相依推理成效影響之推論性統計

將不同教學模式在概念測驗進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)，以『教學模式』為自變項，控制變項為『前測成績』，依變項分別為『後測成績』和『追蹤測成績』，結果呈現於表4-1-5：

表 4-1-5 教學模式對主題相依推理測驗後測及追蹤測之單因子共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	df1	df2	F	p
共變量(主題相依前測)	0.62	2	112	33.95***	<.001
教學模式(實驗組、對照組)	0.83	2	112	11.30***	<.001

註：1.*** p <.001；df1：假設自由度, df2：誤差自由度

從表 4-1-5 可知在主題相依推理測驗後測及追蹤測中，「教學模式」(Wilk's Λ = 0.83, p < .001) 對主題相依推理測驗後測及追蹤測的成績影響達顯著差異，因此繼續進行主要效果分析，其結果如下表 4-1-6：

表 4-1-6 教學模式分組對主題相依推理測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量	單變量		事後比較
	Wilk's Λ	後測	追蹤測	
教學模式	0.83***	1.59	19.09***	追蹤：實驗 > 對照

註：1.*** p <.001

由表4-1-6中可知，在不同教學模式下進行單因子多變量共變數分析，結果顯示不同教學模式在追蹤測 (F=19.09, p < .001) 達顯著差異，經事後比較後發現實驗組的學生在追蹤測的成績較對照組高。

根據上述推論統計結果，支持研究假設2-1不同教學模式對學生在主題相依推理測驗上有顯著差異，表示「融入科學推理之探究課程」在主題相依推理效果較「探究教學課程」佳。

三、教學前後之探究能力測驗成效分析

此部分乃為回答研究問題三「不同教學模式(分科學推理融入探究教學與探究教學兩組)對學習者在探究能力測驗上有何差異?」，針對教學模式(實驗組與對照組)的探究能力測驗成績(前測、後測、追蹤測)進行敘述性統計分析，並在下列呈現其結果。

(一)探究測驗之敘述性統計分析

將學生的探究測驗成績(前測、後測、追蹤測)，依據教學模式分組(實驗組與對照組)進行敘述性統計的分析，結果如表 4-1-7。

表 4-1-7 科學探究能力測驗之敘述統計

組別	人數	教學前測		教學後測		教學追蹤測	
		M	SD	M	SD	M	SD
對照組	54	17.00	10.92	21.61	11.80	20.94	10.03
實驗組	62	15.63	10.49	25.26	10.38	26.26	9.80
總和	116	16.27	10.67	23.56	11.17	23.78	10.22

由表 4-1-7 得知在探究測驗前測中，對照組 ($M_{\text{前測}}=17.00$) 的學生平均成績略高於實驗組 ($M_{\text{前測}}=15.63$) 的學生成績，在經過不同教學模式之後，兩組學生都有進步，但似乎實驗組較對照組在後測與追蹤測的成績明顯更高，進步更多，因此由表 4-1-7 可以得知實驗組教學優於對照組。

(二)教學模式對探究能力成效影響之推論性統計

將教學模式當作單一因子，進行單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA)，以『教學模式』為自變項，控制變項為『前測成績』，依變項分別為『後測成績』和『追蹤測成績』，結果呈現於表 4-1-8：

表 4-1-8 教學模式對探究能力後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilk's Λ	$df1$	$df2$	F	p
共變量(探究能力前測)	0.42	2	112	78.05***	<.001
教學模式(實驗組、對照組)	0.76	2	112	17.32***	<.001

註：1.*** $p<.001$ ； $df1$ ：假設自由度， $df2$ ：誤差自由度

由表4-1-8中得知 (Wilk's $\Lambda=0.76, p<.001$)，表示在不同教學模式下，探究能力後測和追蹤測均達顯著水準，經事後比較在後測與追蹤測皆為實驗組優於對照組。「融入科學推理之探究課程」探究能力測驗效果較「探究教學課程」佳，結果支持研究假設3-1 不同教學模式對學生在探究能力測驗上有顯著差異。而下表則是進行主要效果分析：

表 4-1-9 教學模式分組對探究能力測驗之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilk's Λ	單變量		事後比較
		後測	追蹤測	
教學模式	0.76***	6.15*	23.26***	後測：實驗 > 對照 追蹤：實驗 > 對照

註：1.*** $p < .001$, * $p < .05$

由表4-1-9中可知，在不同教學模式下進行單因子多變量共變量分析，結果顯示不同教學模式在探究能力後測（ $F=6.15, p=.02$ ）和追蹤測（ $F=23.26, p < .001$ ）均達顯著差異，經事後比較後發現實驗組的學生在後測與追蹤測的成績皆優於對照組。

根據上述推論統計結果，支持研究假設 1-1 不同教學模式對學生在探究能力測驗上有顯著差異，表示「融入科學推理之探究課程」在探究能力效果較「探究教學課程」佳。

四、概念建構測驗、主題相依推理測驗與探究能力測驗的逐步迴歸分析

為了瞭解概念建構測驗、主題相依推理能力測驗和探究測驗間是否預測力，因此進行概念建構測驗、主題相依推理能力測驗和探究能力測驗的前測、後測與追蹤測的逐步迴歸（Stepwise regression）分析，結果如表 4-1-10。

表 4-1-10 融入科學推理之探究教學之逐步迴歸分析摘要表

選入變數	標準化係數 (Beta 分配)	解釋變異量	t	p
預測變數：探究後測				
主題相依推理後測	0.62	.386	8.46***	<.001
R	0.62			
R ²	0.39			
預測變數：探究追蹤測				
主題相依推理後測	0.67	.447	9.61***	<.001
R	0.67			
R ²	0.45			

*** $p < 0.001$

根據表 4-1-10 顯示，運用主題相依推理後測來預測探究後測之逐步迴歸分析，其結果顯示主題相依推理後測的標準化係數為 0.62 ($t=8.46, p<.001$) 達顯著，表示主題相依推理後測越高，則探究後測越高。主題相依推理後測可獨立解釋探究後測 38.6% 的變異量。而採用主題相依推理後測來預測探究追蹤測之逐步迴歸分析，結果顯示主題相依推理後測的標準化係數為 0.67 ($t=3.14, p=.002$) 達顯著，表示主題相依推理後測分數越高，則探究後測越高。主題相依推理後測可獨立解釋探究後測 44.7% 的變異量。從以上迴歸分析發現「主題相依推理後測」對「探究後測」有預測力，以及「主題相依推理後測」對「探究追蹤測」有預測力。其中「主題相依推理後測」對「探究後測」有最佳預測力，顯示出科學推理與探究能力息息相關，若缺乏科學推理的支持，則探究能力會降低。

五、小結

本節藉由三份測驗的結果，來分析學生經過不同教學模式的課程之後，在探究能力、主題相依推理能力和概念建構能力改變的狀況。在課程結束後，兩組學生在探究能力上不論是學習成效或是保留效果都相當好，實驗組的成效優於對照組；在主題相依推理能力上的學習成效是保留效果較顯著，而實驗組的成效優於對照組；在概念建構能力上不論是學習成效或是保留效果都相當好，實驗組的成效優於對照組。以迴歸而言，其中「主題相依推理後測」對「探究後測」有最佳解釋力，顯示出科學推理與探究能力關係密切，若孩童具有科學推理的支持，則探究能力會提升。

本研究在設計上讓實驗組的學生要求在課程前引發問題與課程結束後的導出結論進行問題預測並說明原因與解釋，其餘皆是相同的課程設計，因此根據以上的分析結果，顯示科學推理在探究教學上是一個相當重要的環節。

第二節 融入科學推理之探究教學在學習單之質性資料分析

本節將依據研究問題四「利用學習單來瞭解學生的學習歷程(分科學推理融入探究教學與探究教學兩組)，其概念與探究之內涵。」欲知不同教學模式下，兩組學生在學習單上的差異，包含探究部分—「形成假設」與「做出結論」的概念正確性與可驗證性，以及科學推理部分。而科學推理在設計上要求實驗組的學生在課程開始前先根據問題提出原因再進行解釋，因此實驗組會加以探討科學推理層級的部分。

一、學生對於形成假設在概念正確性之資料分析

將學生在課程前所完成的學習單內容，探討兩組學生在形成假設的正確性的改變情形，用單因子重複量數(one-factor repeated measure)進行分析，以兩種不同之教學模式為受試者間因子，單元為受試者內因子，進而比較學生在三個單元中「形成假設」的部分。

表 4-2-1 不同教學模式分組在形成假設的概念正確性之重複量數主要摘要表

單元	對照組			實驗組			變異來源-融入推理之探究教學 單元間			成對比較	
	N	M	SD	N	M	SD	F	F	F	單元	教學模式
完全正確 C											
1	56	.17	.19	60	.33	.27	174.85***	1.394	7.63***	2 > 1***	
2	56	.52	.29	60	.47	.28	($p < .001$)	($p = .240$)	($p = .001$)	3 > 1***	-
3	56	.75	.29	60	.78	.26	$\eta^2 = .605$	$\eta^2 = .012$	$\eta^2 = .063$	3 > 2***	
部分正確 PC											
1	56	.01	.06	62	.02	.08	90.90***	.69	1.90	3 > 1***	
2	56	.004	.03	62	.012	.05	($p < .001$)	($p = .407$)	($p = .153$)	3 > 2**	-
3	56	.25	.25	62	.20	.19	$\eta^2 = .439$	$\eta^2 = .006$	$\eta^2 = .016$		
完全不正確 IC											
1	56	.42	.28	62	.29	.26	47.11***	8.51**	5.19**	1 > 2***	對照組 >
2	56	.14	.18	62	.15	.17	($p < .001$)	($p = .004$)	($p = .008$)	1 > 3***	實驗組
3	56	.21	.20	62	.09	.16	$\eta^2 = .29$	$\eta^2 = .07$	$\eta^2 = .04$		

註：1. ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

在形成假設的概念正確性部分，實驗組學生的完全正確（C）概念在第一單元（ $M_{實}=.33$ ； $M_{對}=.17$ ）和第三單元（ $M_{實}=.78$ ； $M_{對}=.75$ ）的平均分數皆高於對照組，經單因子重複量數考驗後，完全正確概念在單元間達顯著差異（ $F=174.85, p<.001$ ）；不同教學模式之間未達顯著差異（ $F=1.39, p=.240$ ），但不同單元與教學模式之間達顯著差異（ $F=7.63, p=.001$ ），表示兩者之間具有交互作用（詳見表 4-2-1），因此再進行單純主要效果分析，實驗組在單元間達顯著差異（ $F=64.92, p<.001$ ），經事後比較顯示單元三顯著大於單元二與單元一，且單元二顯著大於單元一，可以得知實驗組學生在經過科學推理融入探究學習課程之後，其完全正確概念有顯著增加的趨勢。

對照組的完全正確（C）概念在單元間達顯著性（ $F=122.61, p=.001$ ），經事後比較顯示對照組單元三顯著大於單元二與單元一，且單元二顯著大於單元一，因此對照組學生在經過探究學習課程之後，其完全正確概念亦有顯著增加的趨勢。尤其在單元一中，在實驗組的平均分數大於對照組且（ $F=14.47, p=.000$ ）達顯著性（詳見表 4-2-2）。

在部分正確（PC）的部分，實驗組學生在第一單元和第二單元的平均分數高於對照組，而在單元間部分正確（PC）達顯著差異（ $F=90.90, p<.001$ ），顯示單元間有差異；不同教學模式未達顯著差異（ $F=.69, p=.407$ ），且單元間與教學模式亦未達顯著性（ $F=1.90, p=.153$ ），經事後比較顯示單元三顯著大於單元二與單元一，且單元二顯著大於單元一（詳見表 4-2-2）。

而完全不正確（IC）的部分，對照組學生在第一單元（ $M_{實}=.29$ ； $M_{對}=.42$ ）和第三單元（ $M_{實}=.09$ ； $M_{對}=.21$ ）的平均分數高於實驗組，而單因子重複量數在單元間達顯著差異（ $F=47.11, p=.000$ ）；不同教學模式達顯著差異（ $F=8.51, p=.004$ ），且單元間與教學模式有出現交互作用，且達顯著性（ $F=5.19, p=.008$ ），因此進行單純主要效果分析，結果發現兩組在單元間完全不正確（IC）的部分皆達顯著性（ $F_{實}=17.63, p<.001$ ； $F_{對}=28.48, p<.001$ ），經事後比較顯示兩組學生皆在單元一大於單元二與單元三，表示在經過課程之後，其不正確之概念有明顯下降的趨勢。在單元一與單元三中實驗組的平均分數小於對照組且達顯著性（ $F_{實}=7.59, p=.007$ ； $F_{對}=11.05, p=.001$ ）。

表 4-2-2 不同教學模式下單元間「形成假設」之單純主要效果分析

	單元	M	SD	F	(p)	η^2	事後比較	
完全正確 C	對照組	1	0.17	122.61***	<.001	0.690	2>1***,	
		2	0.52				0.04	3>1***,
		3	0.75				0.04	3>2***
	實驗組	1	0.33	64.92***	<.001	0.524	2>1***,	
		2	0.47				0.04	3>1***,
		3	.775				.033	3>2***
	第一單元	對照組	0.17	0.19	14.47***	<.001	0.112	實驗組>對照組
		實驗組	0.33	0.27				
	第二單元	對照組	0.52	0.29	.92	.340	0.008	-
		實驗組	0.47	0.28				
	第三單元	對照組	0.75	0.29	.223	.631	0.002	-
		實驗組	0.77	0.25				
完全不正確 IC	對照組	1	0.42	28.48***	<.001	0.513	1>2***,	
		2	0.14				.024	1>3***
		3	0.21				.027	
	實驗組	1	0.29	17.63***	<.001	0.224	1>2***,	
		2	0.15				.022	1>3***
		3	0.09				.021	
	第一單元	對照組	0.42	0.28	7.59**	.01	0.61	對照組>實驗組
		實驗組	0.28	0.26				
	第二單元	對照組	0.14	0.18	.112	.738	0.001	-
		實驗組	0.15	0.17				
	第三單元	對照組	0.21	0.20	11.05**	.034	0.087	對照組>實驗組
		實驗組	0.09	0.16				

註：1.* $p < 0.01$, ** $p < 0.001$, *** $p < 0.0001$

二、學生對於做出結論在概念正確性之資料分析

將學生在課程後所完成的學習單內容，將兩組學生在做出結論的概念正確性的改變情形，用單因子重複量數（one-factor repeated measure）進行分析，以兩種不同之教

學模式為受試者間因子，單元為受試者內因子，進而比較學生在三個單元中「做出結論」的部分，其數據如表 4-2-3。

表 4-2-3 不同教學模式分組在做出結論的概念正確性之重複量數摘要表

單元	變異來源-融入推理之探究教學			變異來源-融入推理之探究教學			變異來源-融入推理之探究教學			成對比較	
	對照組			實驗組			單元間	教學模式 (探究、 融入推理)	單元× 教學模式	單元	教學模式
	N	M	SD	N	M	SD	F	F	F		
完全正確 C											
1	55	.18	.23	59	.33	.35	179.43***	15.95***	2.00	2 > 1***	
2	55	.67	.30	59	.75	.25	($p < .001$)	($p < .001$)	($p < .001$)	3 > 1***	實 > 對***
3	55	.71	.28	59	.92	.18	$\eta^2 = .616$	$\eta^2 = .125$	$\eta^2 = .018$	3 > 2***	
部分正確 PC											
1	55	.06	.13	62	.09	.17	42.99***	1.39	2.33	2 > 1***	
2	55	.22	.19	62	.22	.19	($p < .001$)	($p = .240$)	($p = .102$)	3 > 1***	-
3	55	.27	.24	62	.29	.25	$\eta^2 = .272$	$\eta^2 = .125$	$\eta^2 = .020$		
完全不正確 IC											
1	56	.10	.18	62	.18	.22	27.93***	1.87	4.53	1 > 2***	
2	56	.07	.15	62	.06	.17	($p < .001$)	($p = .174$)	($p = .015$)	1 > 3***	-
3	56	.01	.03	62	.00	.00	$\eta^2 = .194$	$\eta^2 = .016$	$\eta^2 = .038$	2 > 3***	

註：1.* $p < 0.01$, ** $p < 0.001$, *** $p < 0.0001$

結果顯示形成假設完全正確 (C) 概念的部分，實驗組學生在三單元的平均成績皆高於對照組，而單元間達顯著差異 ($F = 179.43, p < .001$)；不同教學模式達顯著差異 ($F = 15.95, p < .001$)，且單元間與教學模式未達顯著性 ($F = 2.00, p = .139$)，經事後比較顯示單元三大於單元二與單元一，且單元二大於單元一，實驗組亦大於對照組。

在部分正確 (PC) 概念的部分，而在單元間達顯著差異 ($F = 42.99, p < .001$)，事後比較顯示單元二與單元三大於單元一；而不同教學模式未達顯著差異 ($F = 1.39, p = .204$)，且單元間與教學模式亦未達顯著性 ($F = 2.33, p = .102$) (詳見表 4-2-3)。

在完全不正確 (IC) 概念的部分，於單元間之達顯著差異 ($F=27.93, p<.001$)，不同教學模式未達顯著差異 ($F=1.87, p=.174$)，且單元間與教學模式亦未達顯著性 ($F=4.53, p=.015$)，未出現交互作用。經事後比較顯示單元一大於單元二與單元三，且單元二大於單元三，發現兩組學生在經過科學推理融入探究學習課程之後，其不正確之概念有明顯降低的趨勢。

三、假設的可驗證性

將學生在課程中所完成的學習單內容，將兩組學生在形成假設時所呈現之內容之可驗證性的改變情形，用單因子重複量數 (one-factor repeated measure) 進行分析，以兩種不同之教學模式為受試者間因子，單元為受試者內因子，進而比較學生在三個單元中「假設的可驗證性」的部分，其數據如表 4-2-5。

表 4-2-4 不同模式分組在假設的可驗證性之重複量數

單元	對照組		實驗組			變異來源-融入推理之探究教學		教學模式		單元×教學模式		成對比較
	N	M	SD	N	M	SD	F	F	F	單元	教學模式	
1	56	0.52	0.50	60	0.64	0.63	139.49***	9.88**	0.49	單元	教學模式	2>1***
2	56	1.31	.45	60	1.50	0.42	($p<.001$)	($p=.002$)	($p=.589$)	單元	教學模式	3>1*** 實驗組>對照組
3	56	1.33	0.50	60	1.58	0.39	$\eta^2=0.548$	$\eta^2=0.079$	$\eta^2=0.004$	單元	教學模式	3>2***

註 1：* $p<0.01$, ** $p<0.001$, *** $p<0.0001$

結果顯示實驗組學生在單元間的平均成績皆高於對照組，而在單元間假設的可驗證性之重複量數值達顯著差異 ($F=139.49, p<.001$)，且事後比較單元三大於單元二與單元一，且單元二大於單元一；不同教學模式的數值達顯著差異 ($F=9.88, p=.002$)，經事後比較得知實驗組顯著大於對照組。此外，單元間與教學模式未達顯著性。

四、融入科學推理之探究教學之資料分析

實驗組的學生在課程設計時，要求學生在活動進行前的引發問題與活動進行後的做出結論部分，必須針對問題先做預測推理與解釋，因此將此質性之資料分析，視其科學推理層級之改變情形。

針對三個單元，活動前後對學生做科學推理層級之重複量數（repeated measure），其數據如下：

表 4-2-5 進行活動前之科學推理層級重複量數分析

單元	N	M	SD	F	p	η^2	成對比較
推理階層 N							
1	62	0.39	0.37				1 > 2**, 1 > 3***, 2 > 3***
2	62	0.22	0.18	21.27***	<.001	0.259	
3	62	0.09	0.18				
推理階層 G							
1	62	0.51	0.30				1 > 2**
2	62	0.37	0.22	4.07*	.022	0.063	
3	62	0.44	0.31				
推理階層 EL							
1	62	0.15	0.18				3 > 1*, 3 > 2*
2	62	0.20	0.12	9.46***	<.001	0.134	
3	62	0.27	0.19				
推理階層 J							
1	62	0.00	0.00				
2	62	0.02	0.08	2.20	.132	0.035	-
3	62	0.03	0.12				

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

結果顯示在活動前科學推理階 N 的部分，其平均分數隨著單元越來越低，在單元間達顯著差異（ $F = 21.27, p < .001$ ），經事後比較單元一大於單元二與單元三，表示學生使用科學推理階層 N 逐漸降低；而在科學推理階層 G 的部分，其平均成績有增高，單元間達顯著差異（ $F = 4.07, p = .022$ ），經事後比較單元一大於單元二；在科學推理階層

EL 的部分，單元三平均成績高於單元一與單元二，單元間 ($F= 9.46, p<.001$) 達顯著差異，經事後比較單元三大於單元一與單元二，表示學生在科學推理的層級進步；而科學推理階層 J 在單元間 ($F= 2.20, p=.132$) 未達顯著差異。

表 4-2-6 進行活動後之科學推理層級重複量數分析

單元	N	M	SD	F	p	η^2	成對比較
推理階層 N							
1	62	0.45	0.35	42.38***	<.001	0.41	1>2***,
2	62	0.20	0.21				1>3***,
3	62	0.03	0.10				2>3***
推理階層 G							
1	62	0.17	0.23	2.98	.058	0.05	-
2	62	0.12	0.13				
3	62	0.09	0.16				
推理階層 EL							
1	62	0.25	0.20	3.70*	.039	0.57	3>1*, 3>2*
2	62	0.30	0.26				
3	62	0.35	0.28				
推理階層 J							
1	62	0.06	0.16	35.33***	<.001	0.37	2>1***,
2	62	0.25	0.24				3>1***,
3	62	0.37	0.22				3>2**

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

結果顯示在活動後，科學推理階層 N 的部分，其平均成績是亦越來越低，單元間 ($F= 42.38, p<.001$) 達顯著差異，經事後比較單元一大於單元二與大於單元三，表示學生使用科學推理階層 N 有明顯降低；而在科學推理階層 G 的部分，單元間 ($F=2.98, p=.058$) 未達顯著差異；在科學推理階層 EL 的部分，單元間 ($F= 3.70, p=.028$) 達顯著差異；而科學推理階層 J 在單元間 ($F= 35.33, p<.001$) 達顯著差異，經事後比較單元三大於單元二與單元一，且單元二大於單元一。

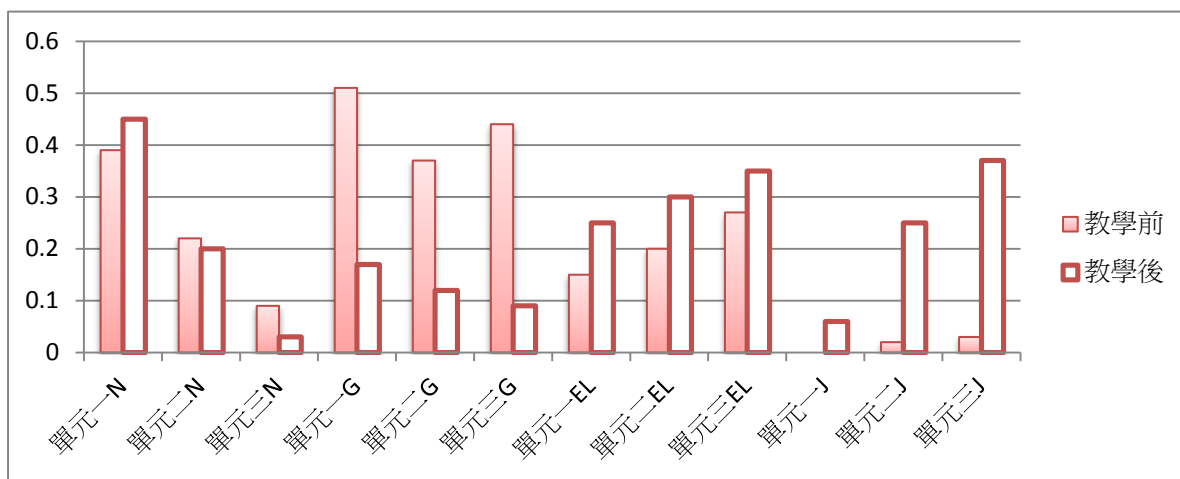


圖 4-2-1 不同教學模式科學推理層級長條圖

從圖 4-2-1 發現學生在教學前後，其科學推理層級 N 皆明顯下降，且在科學推理層級 EL 皆明顯提升，而教學後比教學前更明顯，結果顯示探究教學對於科學推理層級是有助益的。而且在科學推理層級 J 在教學後有顯著提升，表示科學推理融入探究教學是較探究教學更可以提升孩童的科學推理能力，也是顯示出探究教學與科學推理是密不可分，有相互提升的效果。

三、小結

本節藉由學生在兩種不同教學模式下之探究能力與科學推理的結果，進行分析了解學生在三個單元的學習歷程中探究能力與科學推理階層變化。

首先在形成假設的概念正確性方面，完全正確 (C) 概念上是單元三大於單元二與單元一，單元二又大於單元一，且在第一單元實驗組顯著大於對照組；而完全不正確 (IC) 概念是單元一大於單元二與單元三，且在第一單元與第三單元皆為對照組明顯大於實驗組；在做出結論的完全正確 (C) 概念上亦是單元三大於單元二大於單元一，且在單元間實驗組顯著大於對照組，而完全不正確 (IC) 概念是單元一大於單元二與單元三，而單元二大於單元三，且在第一單元對照組大於實驗組。以上表示融入科學推理之探究教學與探究教學都能讓學生在建構正確概念上有成長，也降低了完全不正確的概念，但融入科學推理之探究教學會比單採用探究教學有更好、更顯著的效果，似乎已透露出科學

推理在探究教學上的重要關鍵角色。

其次在假設的可驗證性方面，結果顯示實驗組明顯大於對照組，且單元三大於單元二與單元一，而單元二大於單元一，表示融入科學推理之探究教學較探究教學更能提升孩童這方面的能力。

最後是科學推理層級方面，結果是在活動前的科學推理階層 N 是單元一大於單元二與單元三，且單元二大於單元三，而科學推理階層 EL 則是單元三大於單元二與單元一；而在活動後的科學推理階層 N 亦是單元一大於單元二與單元三，單元二大於單元三，但是科學推理階層 J 則是單元三大於單元二與單元一，單元二大於單元一。

以上本節的結果回答問題「4-1 不同教學模式學生在探究能力（形成假設和做出結論）上的概念正確性上的差異」、「4-2 不同教學模式學生在假設的可驗證性上的差異」和「4-3 對於探究教學融入科學推理（實驗組）的學生在科學推理層級的差異性」。



第五章 結論與建議

本章共分為兩節，第一節主要就本研究之結果進行彙整討論後做出結論，而第二節就本研究的結論提出對教學與研究上的建議。

第一節 結論與討論

一、教學前後之測驗成效分析

不論在概念建構測驗上、主題相依推理測驗或是探究測驗，實驗組皆顯著優於對照組，尤其是在保留的部分上更是顯著。表示學生在經過「融入科學推理之探究課程」後，比「探究教學課程」的學生在概念建構、主題相依推理和探究能力的效果更好也更持久，由此可推測科學推理與探究結合在科學概念、主題相依推理和探究能力的成效，是優於單採用探究的成效。而「主題相依推理後測」對「探究追蹤測」有最佳預測力，其次則是用「概念建構追蹤測」預測「探究追蹤測」。

從 Marshall 和 Dorward (2000) 提出探究教學可以提升學生的測驗成績，也可以提升學生的知識建構 (Ryder, Leach, & Driver, 1999) 都支持本研究結果，從 She 和 Liao (2010) 研究顯示科學推理融入概念改變教學，亦顯示其對於科學概念建構成效優於不採用科學推理者。She 和 Lee (2010) 研究顯示科學推理融入課程，可有效促進學生之主題相依推理能力的提昇。探究教學有助學生認知與探究能力的提升 (Gibon & Chase, 2000; Abd-El Khalick et al., 2004)，而在 Cuevas、Lee、Hart 和 Deaktor (2005) 認為探究教學可以提升孩童的科學探究能力。顯示出科學推理與探究能力息息相關，若缺乏科學推理的支持，則探究能力會降低。研究充分支持學生的主題相依推理的提昇有助於探究能力的提昇。

二、學生對於在概念正確性之資料分析

使用重複量數分析學生在概念正確性的變化情形，顯示出實驗組學生在經過科學推理融入探究學習課程之後，其正確之概念有明顯增加的趨勢，而對照組的部分亦相同。但實驗組的學生表現顯然更優於對照組，表示學生在進行探究活動時，若能增其科學推理的部分，將有效提升學生在形成假設部分的概念完全正確性，且概念完全不正確性有

明顯降低。此部分研究支持量的資料，再一次顯示科學推理有助於科學正確概念之建構。

進行重複量數分析結果顯示，實驗組與對照組在經過探究學習課程之後，表示其正確之概念有明顯增加的趨勢，且三個單元中實驗組的表現都顯著高於對照組。在不正確的概念上，在實驗組學生在經過科學推理融入探究學習課程之後，有明顯降低的趨勢，而對照組雖有降低，但其效果較實驗組來得差。以上可以得知在探究課程中融入科學推理，讓學生在完全正確的概念是明顯提升，也降低了完全不正確的概念，此結果再次印證使用探究教學可以明顯提升學生科學概念正確性，而王慈君(2008)與徐慶雲(2008)研究亦發現探究教學可以提升科學概念的理解。

研究顯示兩組的假設的可驗證性均隨著單元間有明顯的進步，且實驗組學生在三單元的平均成績皆明顯高於對照組，而且在單元間也有顯著差異，顯示出科學推理融入探究課程中，的確可以讓探究能力中的形成假設上有明顯進步。本研究充分證明科學推理對探究之可驗證假設的形成有顯著的影響。在洪振方(2010)研究指出引導式探究教學可以提升學生的可驗證之假設。

結果顯示實驗組在活動前科學推理階層 N 的部分，隨著單元學生使用越來越少，而在科學推理階層 EL 的部分越來越多，表示學生在科學推理的層級進步；活動進行後，科學推理階層 N 的部分，其平均成績是亦越來越低，表示學生使用科學推理階層 N 有明顯降低，而在科學推理階層 EL 與科學推理階層 J 皆是平均成績是越來越高，表示越多學生使用較高等的科學推理層級，表示科學推理融入探究教學是較探究教學更可以提升孩童的科學推理能力，也是顯示出探究教學與科學推理是密不可分，有相互提升的效果。吳佳蓮(2005)研究指出在經過探究活動後，學生產生解釋的推理過程的能力成長趨勢最為明顯，呈現出與本研究相同之成效，也充分支持 Liao 和 She (2009)以及 Lee 和 She (2010)科學推理融入課程可有效提升學生科學推理使用的層級。

第二節 建議

本節將針對科學推理融入探究教學的課程設計，提出以下建議，期盼能提供教學者與後續研究者參考。

一、對科學推理融入探究教學與教材設計上的建議：

(一) 設計合適的課程學習內容

以探究教學為主要教學部分，因此在選擇活動主題為就必須考慮其可行性，並不是每個生活與自然科技領域的主題都適合。本研究主要目的是培養探究能力，而非把所有的課程均結合探究。

(二) 實施探究課程

學生若無任何探究教學的經驗，或是不熟悉探究教學之內涵，必須在教學前先進行探究教學，讓學生瞭解探究教學和與研究相關的操作型定義（例如：形成假設、變因等等），即老師是問題引導者，學生才是主體而非只是單純的接受者等觀念。本研究相關課程只連貫性的進行九節課，在時間上最好可以整個學期都能持續進行。

(三) 教師適時提供協助

單元活動未進行前，研究者兼教學者就開始到教室中，讓學生熟悉。當進行時，原授課教師會陪在教室中，然後漸漸抽離，讓學生完全信任教學者，但因為有進度上的需求，因此學生在整個單元結束後，會讓原授課教師教導或補充其他相關的概念，給予學生適時的幫助。

一、對於未來研究的建議

本研究結果是希望可以瞭解科學推理是否為探究教學上一個關鍵點，但是應該仍有其他可能之中介變項，提供不同思維的科學學習。但由於本研究受限於時間與人力，在取樣上分析定有未完善之處，僅以以下幾點建議，希望後續供欲研究者能參酌。

(一) 本研究所施測之受試者，乃選擇新竹區一間市區國小五年級學生，建議未來研究者可以擴大施測對象，針對不同的年段進行設計，以其明瞭學生在探究教學之認知歷程

或是技能態度上是否有相通性。

(二) 本研究以探究教學為主軸，探討運用科學推理的方式來進行，將來可以繼續找尋其他可能與探究教學相輔相成之關鍵能力，以其對教師與學生提供不同角度之思維。



參考資料

一、中文參考文獻

- 丁素雯 (2008)。以探究式教學提升學生探究能力與學習動機之行動研究。彰化市：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文 (未出版)。
- 王美芬、熊召弟 (1995)。國民小學自然科教材教法。台北：心理出版社。
- 王慈君 (2008)。
- 吳佳蓮 (2005)。科學探究活動中國小五年級學童科學解釋能力及認識論之研究。台北市：臺灣師範大學科學教育研究所學位論文 (未出版)。
- 洪振方 (2010)。思考導向的探究式學習對國二學生科學探究能力的影響。科學教育學刊, 18 (5), 389-415。
- 徐慶雲 (2008)。實施探究式科學闖關遊戲提升國小學童科學學習成就之行動研究。屏東市：屏東教育大學數理研究所碩士論文 (未出版)。
- 熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫 (1996)。科學學習心理學。臺北：心理。
- 魏明通 (1997)。科學教育。臺北：五南。
- 羅廷瑛 (2004)。兩種建構取向教學模式對國小學生「自然與生活科技領域」科學學習表現之影響 (國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文)。全國博碩士論文摘要檢索系統編號：92NTNU0328001。
- 蔡執仲 (2007)。「巢狀探究教學模式」對國二學生科學學習環境知覺與學習動機影響之研究。彰化市：彰化師範大學科學教育研究所博士論文 (未出版)。
- 教育部 (2000)。國民中學九年一貫課程綱要。台北市：教育部。
- 莊明樺 (2009)。探討純粹比對類比與傳達屬性類比網路課程對國小學生科學概念建構與類比推理能力之影響。新竹市：國立交通大學教育研究所碩士論文 (未出版)。
- 陳倩嫻 (2008)。探討數位論證學習課程對中學生科學概念建構與論證能力之影響。新竹市：國立交通大學教育研究所碩士論文 (未出版)。
- 陳梅香 (2010)。探討鷹架式網路形成科學議題課程對國小學生形成科學議題能力與科學探究能力之影響。新竹市：國立交通大學教育研究所碩士論文 (未出版)。

二、英文參考文獻

- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: what research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1989). *Science for all Americans: A project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology*. Washington, DC: AAAS.
- Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. L. (2004). Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88(5), 785-810.
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry? *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Brewer, W. F. (1991). Children's theories v.s Scientific theories: Difference in Reasoning or Difference in Knowledge. In R. R. Hoffman, & D. S. Palermo, (Eds.). *Cognition and the Symbolic Processes: Applied and Ecological Perspectives* (pp.209-231). NJ : Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Bybee, R. W., & Landes, N. M. (1988). The biological science curriculum study (BSCS). *Science and Children*, 25(8), 36-37.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23, 42-44.
- Crawford, B.A. (2000). Embracing the essence of inquiry: new roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 631-645.
- Crawford, B. A., Zembal-Saul, C., Munford, D., & Friedrichsen, P. (2005). Confronting prospective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 613-637.
- Cuevas, P., Lee, O., Hart, J., & Deaktor, R. (2005). Improving Science Inquiry with Elementary Students of Diverse Background. *Journal of Research in Science Teaching*,

42(3), 337-357.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5 – 12.

Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122

Duschl, R.A., & Osborne, J. (2002). Support and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.

Ertepinar, H. & Geban, Ö. (1996). Effect of instruction supplied with the investigative-oriented laboratory approach on achievement in a science course. *Educational Research*, 38, 333-341.

Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science. *Science Education*, 86, 693 - 705

Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79, 171-212.

Hogan, K., Nastasi, B. K., & Pressley, M. (2000). Discourse patterns and collaborative scientific reasoning in peer and teacher-guided discussions. *Cognition and Instruction*, 17(4), 379-432.

Kanari, Z. & Millar, R. (2004). Reasoning from data: how students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 748-769.

Karplus, R., & Their, H. D. (1967). *A new look at elementary school science: science curriculum improvement study*. Chicago : Rand McNally & Company.

Keys, C.W., & Bryan, L.A. (1998). Co-constructing inquiry-base science with teachers: essential research for lasting reform. *Journal of research in Science Teaching*, 38, 631-645.

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*, 79, 415-435.
- Kuhn, D. (1993). Science argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Lawson, A. E. (1987). Hofstein and Mandler's use and interpretations of the Lawson test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(7), 683-686.
- Lawson, A. E. (2005). What is the role of induction and deduction in reasoning and scientific inquiry? *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 716-740.
- Lee, C. Q., & She, H. C. (2010). Facilitating students' conceptual change and scientific reasoning involving the unit of combustion. *Research in Science Education*, 40(4), 479-504.
- Liao, Y.W., & She, H.C. (2009). Enhancing eight grade students' scientific conceptual change and scientific reasoning through a web-based learning program. *Educational Technology & Society*, 12(4), 228-240.
- Loving, C. C. (1997). From the summit of truth to its slippery slopes: Science education's journey through positivist-postmodern territory. *American Educational Research Journal*, 34(3), 421-452.
- Marshall, J. A., & Dorward, J. T. (2000). Inquiry experience as a lecture supplement for preservice elementary teachers and general education students. *American Journal of Physics*, 68(7), S27-S36.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.
- National Research Council (2000). *Inquiry and national science education standards*. Washington DC: National Academy Press.
- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD.
- Piaget, J. (1962). *Play, dreams, and imitation in childhood*. New York: Norton. Preservice

- Elementary Teachers and General Education Students. *American Journal of Physics*, 68(7), S27-S36.
- Ritchie, S. M., & Rigano D. L. (1996). Laboratory apprenticeship through a student research project. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 799-815.
- Ryder, J., Leach, J., & Driver, R. (1999). Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 201-219.
- Schwab, J. (1960). What do scientists do? *Behavioral Science*, 5, 1-27.
- She, H. C., & Lee, C. Q. (2008). SCCR digital learning system for scientific conceptual change and scientific reasoning. *Computers & Education*, 51, 724-742.
- She, H.C., & Liao, Y.W. (2010). Bridging scientific reasoning and conceptual change through adaptive web-based learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(1), 99-119.
- Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry-related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65, 477-484.
- Tuan, H. L., Chin, C. C., Tasi, C. C., & Cheng, S. F. (2005). Investigating the effectiveness of inquiry instruction on the motivation of different learning styles students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 541-566.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2003). Tracing young children's scientific reasoning. *Research in Science Education*, 33, 433-465.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (1989). *Similarity and analogical reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Wideen, M. F. (1975). Comparison of outcomes for science-A process approach and traditional science teaching for third, fourth, fifth, and sixth grade classes: A product evaluation. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(1), 31-39.

White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: making science accessible to all students'. *Cognition and Instruction*, 16, 3 – 118.

Yerk, R.K. (2000). Lower track science students' argumentation and open inquiry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 807-838.

Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.



概念建構測驗



給同學的建議：

這份試卷主要是測驗你在星星、聲音高低和熱傳播的概念，請在答案卷上選出最適當的答案，如果題目有不懂的地方，請舉手向監考老師發問。

在監考老師要求你開始作答之前，請勿翻閱試卷

1.小明坐在火車上看到窗外的電線桿往後退，這是因為

- (1)電線桿往後運動
- (2)火車向前運動
- (3)電線桿向後運動而火車向前運動
- (4)火車向前運動比電線桿向前運動的快

2.每天我們都可看到太陽東邊升起、西邊落下，這是因為

- (1)太陽在天空中由東往西繞著地球轉
- (2)太陽在天空中由西往東繞著地球轉
- (3)地球由東往西繞著太陽轉
- (4)地球由西往東繞著太陽轉

3.晚上看到很多星星從東邊升起、西邊落下，這是什麼原因造成的？

- (1)星星繞著地球轉
- (2)星星繞著太陽轉
- (3)地球由西向東自轉
- (4)地球繞著太陽公轉

4.晚上看到天空的北斗七星，又稱為大熊星座，這七顆星星的敘述，下列哪一個是正確的？

- (1)七顆星離地球都一樣遠
- (2)七顆星在天空中都一樣亮
- (3)它的形狀會隨觀測時間而改變
- (4)七顆星在天空中沒有彼此間沒有任何關係



5.轉星座盤時可看到有一顆星不會移動，位置一直固定在星座盤上，這顆星稱為北極星，主要原因是

- (1)地球的自轉軸對準著北極星
- (2)地球繞著北極星公轉
- (3)北極星和地球一樣繞著太陽公轉
- (4)在宇宙中北極星的位置不會移動

6.晚上看星星有的亮有的暗，這是因為

- (1)它們本身都一樣亮，只是離地球遠近不同
- (2)它們離地球都一樣遠，只是本身發亮的強度不同
- (3)它們離地球遠近不同，發亮的強度也不同
- (4)地表上空氣流動所造成

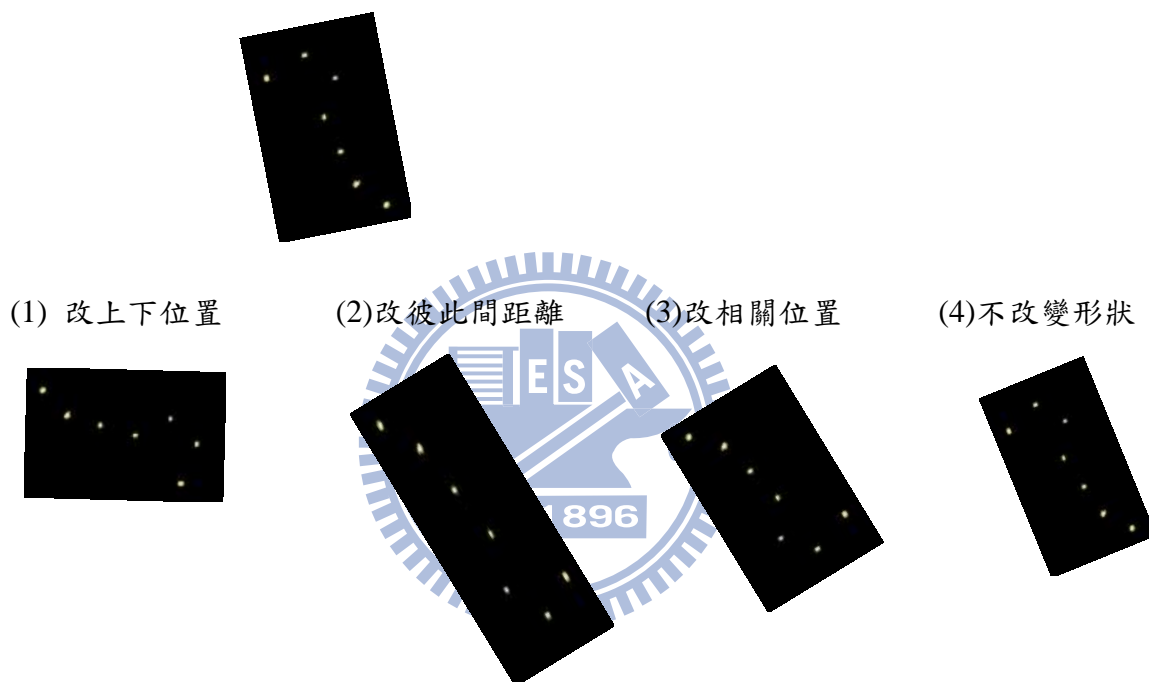
7. 星星的顏色有紅的、黃的、藍白色的，你認為造成星星有不同顏色的理由是

- (1) 離地球遠近不同
- (2) 本身發光程度不同
- (3) 觀看的角度不同
- (4) 本身的大小不同

8. 晚上看到天空中的星星和下列哪一個星體相類似？

- (A) 月球 (B) 火星 (C) 太陽 (D) 太空隕石

9. 右圖是你今晚在天空中看到北斗七星的形狀，明天晚上你在天空中又看到北斗七星，它的形狀是下列哪一個？



10. 晚上看得到天空的星星，但是到了白天卻看不到，這是因為

- (1) 白天或晚上時，星星都在天空中，只是白天太亮而看不到
- (2) 白天太陽在天空，到了晚上是星星在天空
- (3) 白天星星會消失在天空中，到了晚上又出現了
- (4) 白天星星離地球較遠，到了晚上星星離地球較近

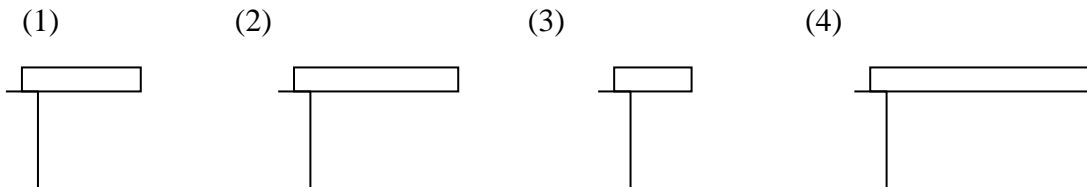
11. 下列哪一個在你身邊時，你可以聽到聲音？

- (1) 牆邊的鋼琴
- (2) 地上的大鼓
- (3) 桌上的吉他
- (4) 敲擊的三角鐵

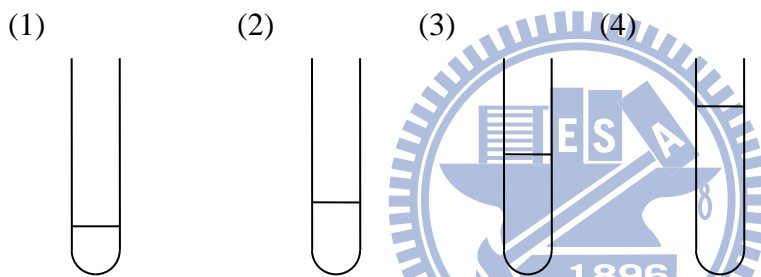
12. 當一個電子鬧鐘在滴答響時，將這個鬧鐘放在下列哪一個方式你幾乎聽不到聲音？

- (1) 用塑膠袋綁住
- (2) 用報紙包起來
- (3) 用玻璃瓶罩住
- (4) 放入真空罐並抽調罐內的空氣

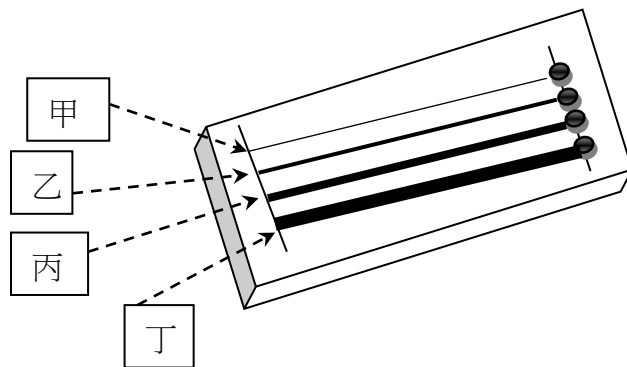
13. 有四支直尺，一端壓在桌上，另一端用一樣的力壓直尺後立刻放開，則哪一支直尺來回振動最快？



14. 有四支相同的試管分別一些裝水，對著瓶口吹氣，空氣在試管內來回振動最快的是哪一支？

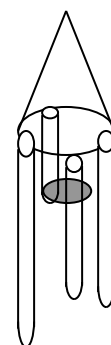


15. 小君用長度相同但粗細不同的弦線，自己製做的樂器，如下圖，請問小君撥哪一條弦線發出的聲音會最高？ (1) 甲 (2) 乙 (3) 丙 (4) 丁



16. 小明買了一個風鈴掛在窗戶邊，當風吹動時，叮叮噹噹響，感覺好好聽，當風鈴中的哪一支響時聲音會最低？（按順序由左至右為甲、乙、丙和丁）

- (1) 甲 (2) 乙 (3) 丙 (4) 丁



17.吹奏陶笛時，利用手指頭放開不同的洞口，可以產生高低不同的聲音，這是因為不同的洞口：

- (1)陶瓷厚度不同
- (2)洞的大小不同
- (3)空氣來回振動路線長度不同
- (4)吹奏時用力大小不同

18.彈奏吉他時可發出美妙動人的旋律，用下列哪一種方法可使吉他會發出高低不同的聲音？

- (1)手撥弦線的快慢
- (2)手撥弦線的力量
- (3)手按住弦線的不同位置
- (4)手撥動弦線的地方

19.下列哪一種樂器不能產生高低不同的聲音？

- (1)口哨
- (2)小提琴
- (3)直笛
- (4)鋼琴

20.一般男生講話都比較低沉，女人講話都比較高亢；唱歌時，有人能唱出很高的音，有人能唱出很低的音。這是因為：

- (1)每個人講話時用力大小不同
- (2)每個人聲帶結構不同
- (3)每個人講話的習慣不同
- (4)每個人說話或唱歌的快慢不同

21.冬天時，在公園裡有一張塑膠椅子、鐵做的單槓、木頭做的平衡木，哪一個溫度最高？

- (1)塑膠椅子
- (2)鐵做的單槓
- (3)木頭做的平衡木
- (4)一樣高



22. 烤肉時因為烤肉架太髒了，想先洗一洗刷一刷後再來烤肉，結果當烤肉架放到臉盆的水中，看到水發出嘶嘶聲，水的溫度

- (1) 變高了
- (2) 變低了
- (3) 溫度不變
- (4) 溫度先變高再變低

23. 將冰塊放入礦泉水中一段時間，發現到冰塊熔化了，也可以喝到冰涼的礦泉水，這是因為

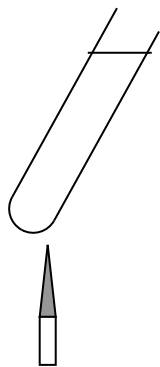
- (1) 礦泉水吸收熱量
- (2) 礦泉水放出熱量
- (3) 冰塊放出熱量
- (4) 空氣吸收熱量

24. 想要讓烤肉片很快熟，將烤肉片放在下列哪一個物體上會最快？

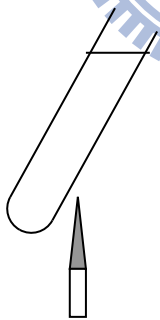
- (1) 木板
- (2) 塑膠板
- (3) 鐵板
- (4) 石板

25. 要將一支試管的水加熱到沸騰，下列哪一種方法最快？

(1)



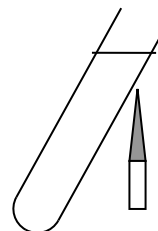
(2)



(3)



(4)

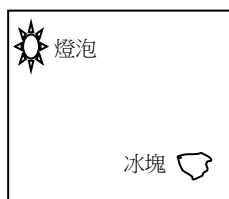


26. 有一個透明的箱子，在箱子內有煙霧，將一個燈泡與一個冰塊要怎樣放置，最容易看到煙霧能夠上下流動？

(1)



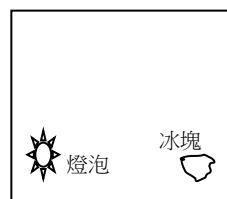
(2)



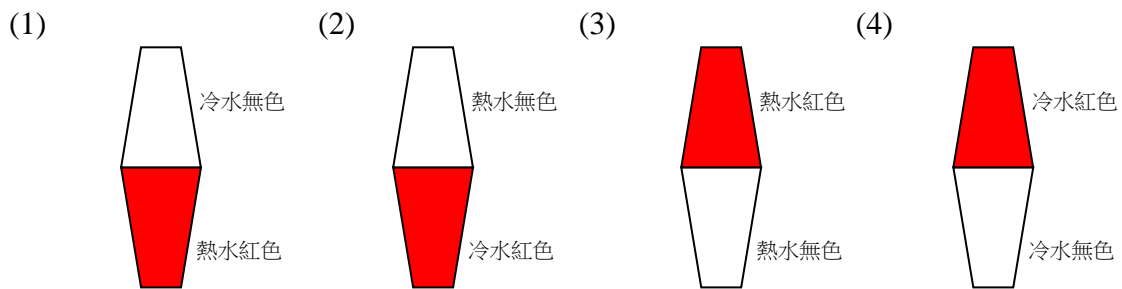
(3)



(4)



27.有兩杯水，如果在其中一杯水中加入紅墨水染色，則下列哪一種方式兩杯的水最先都變成紅色？



28.在太陽下會感覺到很熱，但是到了樹蔭下就立刻感覺不熱了，這是太陽利用哪一種傳熱方式所造成的？

- (1)傳導
- (2)對流
- (3)輻射
- (4)傳導、對流、輻射三種都有

29.冬天好冷啊！晚上睡覺蓋著棉被好暖和，白天穿著羽毛衣也感覺很溫暖，但是棉被和與毛衣都很蓬鬆，這是防止身上的熱利用哪一種方式散失到空氣中？

- (1)傳導
- (2)對流
- (3)輻射
- (4)傳導、對流、輻射三種都有

30.保溫杯可以保持杯內的水溫，而保溫杯的蓋子用塑膠做的，杯內也都亮亮的，還有杯外標示寫著「真空」斷熱，這是防止杯內的熱以哪一種方式散失到空氣中？

- (1)傳導
- (2)對流
- (3)輻射
- (4)傳導、對流、輻射三種都有

主題相依推理測驗



給同學的建議：

這份試卷主要是測驗你在星星、聲音高低與熱傳播概念上的推理方式，做出預測及解決問題的能力，請在答案卷上選出最適當的答案，如果題目有不懂的地方，請舉手向監考老師發問。

在監考老師要求你開始作答之前，請勿翻閱試卷

1-1.天花板上有三個球，分別是紅色、綠色、藍色，當你站在哪一個球的正下方轉圈圈時，會發現紅色的球不會轉？

- (1) 三個球任何一個都可以 (2) 紅色 (3) 綠色 (4) 藍色

1-2.你的理由是

- (1) 天花板上的球原來就沒有動，所以都不會轉
 (2) 頭頂正方的球不會轉動
 (3) 離頭頂愈遠的球不會轉動
 (4) 離頭頂愈近的球不會轉動

2-1.天花板上有三個球，分別是紅色、綠色、藍色，都在頭頂上方附近，當你站在原地逆時針方向轉圈圈時，會發現這三個球會如何呢？

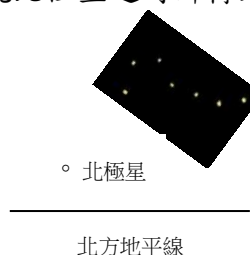
- (1) 都逆時針旋轉
 (2) 都順時針旋轉
 (3) 都靜止不動
 (4) 有的順時針轉、有的逆時針轉

2-2.你的理由是

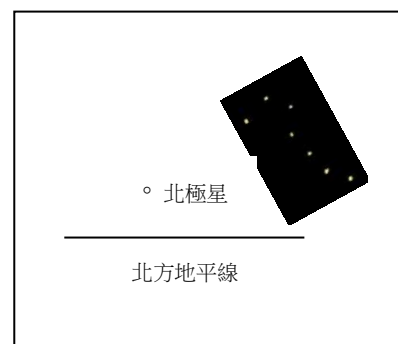
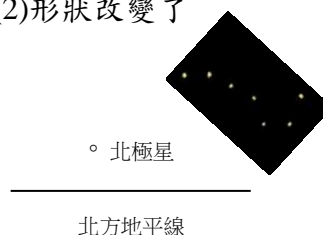
- (1) 天花板上的球原來就沒有動
 (2) 離近的順時針轉、遠的逆時針轉
 (3) 因為你逆時針轉所以看到球順時針轉
 (4) 天花板的球跟著你轉

3-1.晚上8點在家附近空曠又沒有光害的地方看到北斗七星，如右圖，到了當天晚上10點在看到的北斗七星是如何？

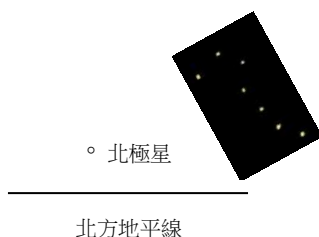
(1) 繞北極星逆時針轉動一些



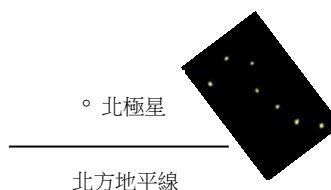
(2) 形狀改變了



(3) 在原來位置不動



(4) 往東方落下一些



3-2.你的理由是

- (1) 星星在宇宙中本身位置不會改變
- (2) 地球逆時針自轉
- (3) 地球自轉軸對著北極星由西向東自轉
- (4) 星星在天空中彼此的位置會發生改變

4-1.晚上抬頭看天空中的星星，它們本身的亮度如何？

- (1) 都一樣亮暗
- (2) 亮暗會隨觀察角度而改變
- (3) 亮暗會隨觀測時間而改變
- (4) 有的暗、有的亮

4-2.你的理由是

- (1) 因為地球表面的空氣流動
- (2) 觀察的仰角不同，光線射入眼睛的方向改變
- (3) 星星離地球遠近不同，本身發光強度也不同
- (4) 星星離地球都很遠

5-1.天空中有些星星是紅色、有些是黃色、有些是藍白色，這是什麼原因造成的？

- (1) 星星本身的大小
- (2) 星星本身發光的溫度
- (3) 星星離地球的遠近
- (4) 星星在天空中的位置



5-2.你的理由是

- (1) 星星發光強度越強的越藍，越弱的愈紅
- (2) 星星離地平線越近愈藍，越高愈紅
- (3) 星星離地球越近愈藍，越遠愈紅
- (4) 星星體積越大顏色愈藍，體積越小愈紅

6-1.我們談話聊天時經常會提到你屬於什麼星座，一個星座由許多星星所組成，這些星星在天空中彼此間的關係是什麼？

- (1) 沒有任何關係
- (2) 彼此間距離很近
- (3) 離地球距離相同
- (4) 天空中看起來亮度一樣

6-2.你的理由是

- (1) 星星亮度一樣的才會在天空出現位置很靠近
- (2) 星星離地球距離一樣的才會在天空出現位置很靠近
- (3) 星星彼此距離很近才會在天空出現位置很靠近
- (4) 星座中的星星是人的想像將它連起來的

7-1.右圖是攝影家在晚上拍攝出星軌的相片，你會發現好像天空中的星星繞著一顆星旋轉，這顆星是

- (1) 月亮
- (2) 北極星
- (3) 太陽
- (4) 火星



7-2.你的理由是

- (1) 地球繞著太陽公轉
- (2) 火星是離地球最近的行星
- (3) 月亮繞著地球公轉
- (4) 地球自轉軸對著北極星

8-1.小時經常會唱「一閃一閃亮晶晶，滿天許多小星星，掛在天空放光明，好像許多小眼睛」，這些亮晶晶的小星星

- (1) 離地球近的是亮的，離遠的是不亮的
- (2) 本身都是不亮的
- (3) 本身都是亮的
- (4) 有的本身是亮，有的是不亮的

8-2. 你的理由是

- (1) 本身和太陽一樣會發光的
- (2) 有月光照射而反光的
- (3) 地球上的光投射到天空而反光的
- (4) 有太陽光照射而反光的

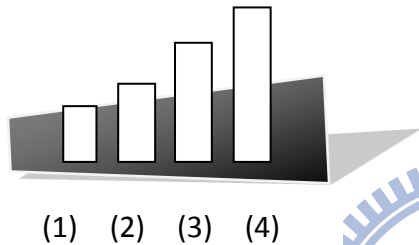
9-1 以下四種樂器可以發出高低不同的聲音呢？

- (1) 鈴鼓
- (2) 三角鐵
- (3) 笛子
- (4) 響板

9-2 你選擇的理由是？

- (1) 打越多下，聲音會越來越高
- (2) 按住的孔位置越短，可以讓聲音越來越高
- (3) 拍得越大力，聲音會越來越高
- (4) 敲得越快，會讓聲音越來越高

10-1 圖中有四片鐵琴片，請問哪一片敲出的聲音最高呢？



10-2 你選擇的理由是？

- (1) 鐵片越長，敲後鐵片的來回振動越快，則聲音越高
- (2) 鐵片越短，敲後鐵片的來回振動越快，則聲音越高
- (3) 鐵片越長，敲後空氣的來回振動越快，則聲音越高
- (4) 鐵片越短，敲後空氣的來回振動越快，則聲音越高

11-1 小可使用水壺倒水到水杯中時，他發現聲音會：

- (1) 越來越高
- (2) 越來越低
- (3) 越來越大聲
- (4) 越來越小聲

11-2 你的理由是

- (1) 因為水越多，水會來回振動越大力，所以聲音會越大聲
- (2) 因為空氣越少，空氣來回振動會越小力，所以聲音會越小聲
- (3) 因為水越多，水來回振動會越慢，所以聲音會越低
- (4) 因為空氣越少，空氣來回振動會越快，所以聲音會越高

12-1 你如何使用吸管製造出高低不同的聲音呢？

- (1) 使用粗細不同的吸管
- (2) 用力吹和輕輕吹
- (3) 吹的時間長短
- (4) 用會彎的吸管和直的吸管

12-2 你設計的理由是？

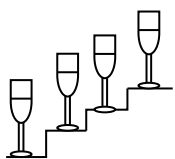
- (1) 越用力吹，吸管來回振動會越快，所以聲音會越高
- (2) 吹得越久，空氣會振動的越遠，所以聲音越低
- (3) 越彎的吸管，空氣振動會越慢，所以聲音越來越低
- (4) 越細的吸管，空氣來回振動越快，所以聲音會越來越高

13-1 下面圖中有四個杯子要怎麼做才能吹出高低不同的聲音呢？

- (1) 倒入不同的液體但是相同的水量



- (2) 倒入相同的水量，放置在不同高度的地方



- (3) 倒入不同的水量製造出不同高低的空氣柱



(依照順序是鹽水、糖水、牛奶、紅茶)

- (4) 倒入相同的水量，用力吹和輕輕吹

13-2 你的理由是？

- (1) 從不同的高度讓空氣來回有快慢
- (2) 空氣柱的高低是因為來回運動的快慢的緣故
- (3) 用力吹會讓空氣柱變更長，所以讓聲音高低不同
- (4) 不同的液體讓自己本身來回運動有快慢的關係

14-1 你知道陶笛為什麼可以發出高低不同的聲音嗎？

- (1) 因為它有大小不一樣的洞
- (2) 用力和輕輕吹會讓聲音高低不同
- (3) 因為按的洞和吹嘴的距離不一樣
- (4) 吹得久一點和短一點會有高低不同聲音

14-2 你的理由是

- (1) 越用力吹，陶笛振動變快，所以聲音會越高
- (2) 吹得越久，陶笛振動變快，所以聲音會變高
- (3) 洞越小，表示空氣來回運動更快，所以聲音會越高
- (4) 按的洞與吹嘴的距離越近，空氣來回運動會越快，聲音越高

15-1 魯夫拿出粗細和長度相同的橡皮筋四條，將四條橡皮筋各固定在距離 3 公分、6 公分、9 公分和 12 公分的釘子上，那哪一條聲音會最高？

- (1) 距離 3 公分的橡皮筋
- (2) 距離 6 公分的橡皮筋
- (3) 距離 9 公分的橡皮筋
- (4) 距離 12 公分的橡皮筋

15-2 你的理由是什麼呢？

- (1) 拉的距離越長，橡皮筋的長度就會越長，所以聲音就越高
- (2) 拉的距離越長，橡皮筋就越緊，所以發出的聲音就越高
- (3) 拉的距離越短，橡皮筋就會越鬆，所以聲音越高
- (4) 拉的距離越短，橡皮筋的長度越短，所以聲音就越高

16-1 古箏可以發出高低不同的聲音，你如何撥彈出最高音和最低音呢？

- (1) 最長最粗的線可以發出最低音，最短最細的可以發出最高音
- (2) 用力撥最短的線可以發出最低音，輕輕撥最長的線可以發出最高音
- (3) 最長最細的線可以發出最低音，最短最粗的可以發出最高音
- (4) 輕輕撥最長的線可以發出最高音，用力撥最短的可以發出最低音

16-2 你的理由是什麼？

- (1) 輕輕撥最長的線，弦上下來回振動最慢，所以聲音最高
- (2) 越長越粗的線，弦上下來回振動最慢，所以聲音最低
- (3) 越細越短的線，弦上下來回振動最快，所以聲音最高
- (4) 越用力撥最短的線，弦上下來回振動最慢，所以聲音最低

17-1 熱是怎麼樣傳遞的呢?

- (1) 熱是從質量越多傳到質量越少的物體上
- (2) 不同之東西中的熱會互相傳來傳去
- (3) 熱會從體積大的東西傳到體積小的東西上
- (4) 熱由高溫的地方傳到低溫的地方

17-2 你的理由是：

- (1) 體積愈大含有更多的熱，所以大冰塊會比小冰塊有更多的熱，所以小冰塊比較容易溶化
- (2) 溫度越高，容易將熱傳出去，讓溫度低的東西吸收傳出來的熱。
- (3) 像金屬比塑膠有更多的熱，所以金屬會把熱傳到其他的物體上
- (4) 質量越多表示熱越多，所以會將熱傳出去給質量少的東西。

18-1 將一杯 25°C 、100 cc 水倒入下列哪一個容器會使水的溫度發生改變呢?
(室溫約 25°C)

- (1) 放在室溫下 500 cc 的燒杯
- (2) 放在室溫下的馬克杯(陶瓷的杯子)
- (3) 剛從冷凍庫拿出來的鐵杯
- (4) 放在室溫下的塑膠杯

18-2 你的理由是什麼呢?

- (1) 因為塑膠杯很薄，熱容易傳近來給水，水溫會升高
- (2) 鐵杯的溫度低，導致水的熱量會傳給鐵杯，而溫度會降低
- (3) 因為杯子越大，水的熱量越容易傳出去，所以溫度會變低
- (4) 馬克杯比較厚，因此水的熱會更容易傳出去，水溫會變高

19-1 下列有四種不同材質、厚度一樣杯子，將相同熱水倒入這四個的杯子放置二分鐘，請問那一個杯子傳熱最快?

- (1) 不鏽鋼杯
- (2) 玻璃杯
- (3) 紙杯
- (4) 木製杯子

19-2 你的理由是什麼?

- (1) 紙的材質容易受熱的關係
- (2) 木的材質較不容易將熱傳出去的緣故
- (3) 玻璃較其他材質更容易吸收熱的關係
- (4) 金屬的材質容易將熱傳出去的關係

20-1 小志在上課時，想起媽媽煮蛋花湯時的情況，請問煮湯時可以讓上面的水變熱，這跟下面哪一個現象是類似的呢？

- (1) 用手摸裝熱水的杯子，手會感覺熱熱的
- (2) 拜拜時所點的線香，煙都會自然的向上飄
- (3) 手靠近電暖器的四周會覺得熱熱的
- (4) 廚師在炒菜時，如果拿鐵的握把會覺得很熱

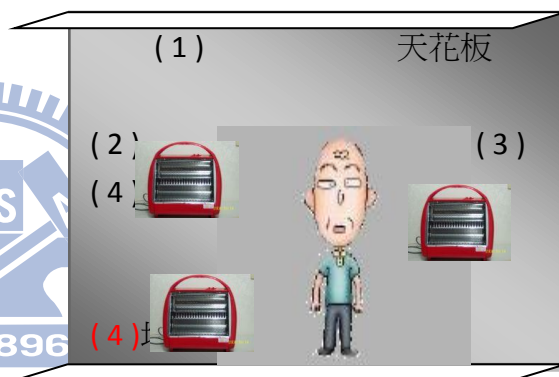
20-2 你最主要的理由是什麼？

- (1) 跟熱所產生的對流有關
- (2) 均沒有碰到，只是在附近就會感覺熱
- (3) 這都是都要有物品要互相接觸才有傳導的現象
- (4) 都是因為水會傳導熱的關係

21-1 天氣冷了，爺爺想要用電暖爐，請問你應該要放在房間的哪裡最好呢？

21-2 你的理由是？

- (1) 放在上面熱輻射的範圍最大
- (2) 這樣可以讓空氣的對流更快速
- (3) 放在下面能讓熱對流更好
- (4) 這樣的高度剛好爺爺可以傳導到熱



22-1 小美將巧克力拿在手上，過了五分鐘後打開，卻發現巧克力的外圍都融化了，你認為下列哪一個現象跟上面的敘述是相關的呢？

- (1) 陽光曬棉被，棉被會變熱
- (2) 裝熱水的杯子會有冒煙
- (3) 用手拿錢包裡的錢幣會覺得冰冰的
- (4) 將冰淇淋拿到冰箱外，過一下會開始融化

22-2 你的理由是？

- (1) 都跟熱的傳導有關
- (2) 這都是應用了熱的輻射原理
- (3) 這都是因為接觸空氣氧化的關係
- (4) 與熱的對流有關

23-1 小花一家人一起去觀光漁港買海鮮，他發現大家所買的海鮮都有放冰塊，請問你冰塊放在哪裡才會讓海鮮最容易保持新鮮呢？

- (1) 將冰塊放在底層，而海鮮放在冰塊上面
- (2) 放在哪裡都可以，效果都一樣
- (3) 將海鮮放在底層，讓冰塊在海鮮的上面
- (4) 將冰塊圍在海鮮的旁邊

23-2 你認為的理由是什麼

- (1) 圍在旁邊的冰塊可以接觸到海鮮，而且可以阻隔外面的熱
- (2) 冰塊放在底層可以讓海鮮接觸到冰塊，讓海鮮保持溫度
- (3) 用傳導的方式讓海鮮保持溫度，因此放哪邊都是一樣的
- (4) 冰塊放在上面不但接觸到海鮮，而冷空氣下降到海鮮上

24-1 露營時，大家圍繞在營火，會覺得熱的原因跟下列哪一個現象是類似的呢？

- (1) 用電磁爐吃火鍋的時候，附近讓人覺得熱
- (2) 站在太陽下可以感覺到溫暖
- (3) 和摸到熱熱的暖暖包一樣
- (4) 站在烤箱旁邊會覺得熱熱的



24-2 你的理由是

- (1) 熱由輻射直接傳到人身上
- (2) 會有熱熱的空氣對流，讓人覺得熱熱的。
- (3) 鐵的附近產生傳導，讓旁邊的人覺得熱。
- (4) 是有摸到熱的東西，所以熱才會傳導。

某天鳴人送給了小櫻一個音樂盒，叮叮噹噹的聲音讓小櫻愛不釋手。佐助看到了就問他們兩個人說：「你們知道音樂盒為什麼可以發出高低不同的聲音嗎？」

小櫻先回答：「是不是音樂盒的裡面有長短不同的金屬線呢？」

鳴人皺眉頭的說：「我覺得是應該是裡面有粗細不同的金屬線的關係吧？」

佐助想了想，便說：「我倒是覺得音樂盒裡應該有鬆緊不一的金屬線耶！」

於是他們各自設計實驗來驗證自己的想法，並且找了我愛羅，請他幫忙拆開音樂盒，後來他們很仔細觀察音樂盒裡的構造。而我愛羅再拆開看完音樂盒後，覺得音樂盒發聲的原因跟小櫻所說得很像……

一、請你根據上述的文章和你學過的科學知識，回答下列問題：

1.你覺得我愛羅實驗的「假設」是什麼？

- (1) 假如越寬的金屬線，則發出的聲音越低
- (2) 假如越長的金屬線，則發出的聲音越低
- (3) 假如越粗的金屬線，則發出的聲音越低
- (4) 假如越鬆的金屬線，則發出的聲音越低

2.請問根據上題，則操縱變因是什麼？

- (1) 長短不同的金屬線 (2) 不同大小的音量
- (3) 粗細不同的金屬線 (4) 鬆緊不同的金屬線

二、依據四位同學的想法，請你將他們的「操縱變因」和「應變變因」，進行正確的配對後將編號填入：(可以重複選取)

人物	小櫻	佐助	我愛羅	鳴人
操縱變因				
應變變因				

- (1) 不同鬆緊的金屬線
- (2) 聲音的快慢
- (3) 不同材質的金屬線
- (4) 不同長短的金屬線
- (5) 聲音的大小
- (6) 用不同力量撥彈金屬線
- (7) 不同粗細的金屬線
- (8) 聲音的高低

三、大家都用自己的想法做完實驗後，準備給他們最愛的卡卡西老師看看，誰知道鳴人不小心將紙給弄髒了，你知道他們所做出的結論嗎？

1. 請問當實驗過後，小櫻的結論是下列哪一個才是正確的？

- (1) 金屬線越短，則發出的聲音越高
- (2) 金屬線越細，則發出的聲音越高
- (3) 金屬線越長，發出的聲音越高
- (4) 金屬線越粗，則發出的聲音越高

2. 請問當實驗過後，佐助的結論是下列哪一個才是正確的？

- (1) 金屬線越短，則發出的聲音越高
- (2) 金屬線越鬆，則發出的聲音越高
- (3) 金屬線越長，發出的聲音越高
- (4) 金屬線越緊，則發出的聲音越高

聽到章魚哥用笛子吹奏出好聽的音樂，讓海綿寶寶、派大星和珊迪決定自己來做像笛子的樂器，於是他們各自回家找材料。

「海綿寶寶有很多一樣的吸管，所以他決定用不同長度的吸管來做」

「派大星只有一根長吸管，所以他決定採用挖洞的方式來製作」

「珊迪發現自己有很多不同粗細的吸管，所以她用不同粗細的吸管來製作」

「而章魚哥則是用笛子來吹出不同高低的聲音」

經過大家仔細的各自實驗後，發現每個人都可以吹出跟章魚哥很像的音樂，而且大家玩得不亦樂乎呢！

請你依照上面的內容來回答下列問題：

一、請問大家的「假設」各是什麼？(可以重複選取)

<u>派大星</u>	
<u>海綿寶寶</u>	
<u>珊迪</u>	
<u>章魚哥</u>	

- (1) 「如果同一支吸管所吹的空氣柱越長，那麼聲音會越低」
- (2) 「如果很多支一樣的吸管，當吸管越長，那麼吹出的聲音會越低」
- (3) 「如果吸管越粗，那麼吹出的聲音會越低」
- (4) 「如果越用力吹，那麼吹出的聲音會越低」

二、請問大家的操縱變因和應變變因為何？(可以重複選取)

人物	操縱變因	應變變因
<u>派大星</u>		
<u>海綿寶寶</u>		
<u>珊迪</u>		
<u>章魚哥</u>		

- (1) 聲音的大小
- (2) 粗細不同的吸管
- (3) 聲音的高低
- (4) 長短不同的吸管
- (5) 聲音的快慢
- (6) 空氣柱的長短
- (7) 不同大小力的吹
- (8) 不同材質的吸管

三、那當做完實驗後，他們的結論為何呢？

1. 請問依照派大星的實驗結果，哪一個結論是正確的？

- (1) 越細的吸管，吹出的聲音越高
- (2) 空氣柱越短，聲音越高
- (3) 越細的吸管，吹出的聲音越快
- (4) 空氣柱越短，聲音越快

2. 請問依照海綿寶寶的實驗結果，哪一個結論是正確的？

- (1) 越短的吸管，吹出的聲音越快
- (2) 越短的吸管，吹出的聲音越高
- (3) 越長的吸管，吹出的聲音越快
- (4) 越長的吸管，吹出的聲音越高

在上自然課時，老師問大家說，什麼樣的情況下容易讓物品變熱？

周杰倫說：「深色的東西比較容易吸熱，讓物品容易變熱。」

而蔡依林倒是認為應該是用金屬(像是鐵的物品)比較容易變熱。

但是羅志祥卻說：「應該是物品的顏色比較淡，容易變熱吧！」

Selina也提出想法說：「我覺得是非金屬(像是塑膠的東西)比較會變熱耶！」

所以他們各設計了一個實驗，想要驗證看看會不會誰所說的比較正確。以下是他們三個人的設計內容：

一、大家的假設是什麼？請你將正確人物的編號填入：

	周杰倫	羅志祥	蔡依林	Selina
實驗假設				

- (1) 假如顏色越深，則溫度會越高
- (2) 假如顏色越淡，則溫度會越高
- (3) 如果是金屬的東西(像是鐵)，則溫度會比較高
- (4) 如果是非金屬的東西(像是塑膠)，則溫度會比較高

二、1. 請問周杰倫的操縱變因是什麼？請你選出正確的答案

- (1) 顏色的深淺
- (2) 熱量的多寡
- (3) 不同的物品(鐵、塑膠等)
- (4) 溫度的高低變化

2. 那蔡依林的操縱變因是哪一個?請你選出正確的答案

- (1) 顏色的深淺
- (2) 熱量的多寡
- (3) 不同的物品材質(鐵、塑膠等)
- (4) 溫度的高低變化

三、當老師看完四個的實驗設計，發現剛好可以分成兩組合做實驗：

1. 你覺得老師會怎麼分?

- (1) 周杰倫和羅志祥一組，蔡依林和 Selina 一組
- (2) 周杰倫和蔡依林一組，羅志祥和 Selina 一組
- (3) 周杰倫和 Selina 一組，羅志祥和蔡依林一組
- (4) 周杰倫、羅志祥和蔡依林一組，Selina 自己一組

2. 請問你下表中，各是哪一組的實驗設計?

實驗設計	(A)	(B)
材料	鐵片 100 克、塑膠球 100 克以及兩個 600 毫升的保特瓶、溫度計	紅色、黃色、透明、藍色、黑色的玻璃紙、五個 600 毫升的保特瓶、溫度計
過程	1. 將鐵片等物品分別裝入寶特瓶中 2. 放置陽光下六個小時，每隔兩小時測一次溫度	1. 用各種玻璃紙包住保特瓶，倒入 300 毫升的水 2. 放置陽光下八個小時，每隔兩小時測一次溫度

- (1) 周杰倫和羅志祥是實驗設計(A)，蔡依林和 Selina 是實驗設計(B)
- (2) 周杰倫和蔡依林是實驗設計(A)，羅志祥和 Selina 是實驗設計(B)
- (3) 周杰倫和 Selina 是實驗設計(A)，羅志祥和蔡依林是實驗設計(B)
- (4) 周杰倫、羅志祥和蔡依林是(A)，Selina 自己是(B)

四、1. 請問哪一個是周杰倫做完實驗後所獲得的結論?

- (1) 當物體是金屬(鐵製)的東西時，溫度會上升得較快
- (2) 當顏物體的顏色越淡時，溫度會上升得越快
- (3) 當顏物體的顏色越深時，溫度會上升得越快
- (4) 當物體是非金屬(塑膠製)的東西時，溫度會上升得較快

2. 請問哪一個是 Selina 做完實驗後所獲得的結論?

- (1) 當物體是金屬(鐵製)的東西時，溫度會上升得較快
- (2) 當顏物體的顏色越淡時，溫度會上升得越快
- (3) 當顏物體的顏色越深時，溫度會上升得越快
- (4) 當物體是非金屬(塑膠製)的東西時，溫度會上升得較快

3. 你認為下列的結論哪一個敘述最正確？
- (1) 當物體是金屬(鐵製)的東西時，溫度會上升得較快
 - (2) 當物體的顏色越淡時，溫度會上升得越快
 - (3) 當物體的顏色越深時，溫度會上升得越快
 - (4) 當物體是非金屬且物體顏色越深時，溫度會上升得較快
 - (5) 當物體的顏色越深且為金屬時，溫度會上升得越快
 - (6) 當物體的顏色越淡且為金屬時，溫度會上升得越快

小丸子班上舉行保溫「冰淇淋」實驗，用溫度計測量溫度，看誰的冰淇淋可以最久才融化，大家都想到用保麗容來進行實驗。

小丸子想用相同的保麗容排冰淇淋的位置是緊密或是鬆散，來看看怎樣比較不會融化；而小山採用不同厚薄的保麗容；小玉則是將保麗容塗上不同的顏色；豬太郎想要用冰淇淋和保麗容的空間大小來試試看。請你根據上面來回答下列的問題：

一、請問小山的假設應該是下列哪一個選項？

- (1) 假如保麗容的顏色越深，則溫度越容易升高
- (2) 假如保麗容越薄，則溫度越容易升高
- (3) 假如冰淇淋排列越鬆散，則溫度越容易升高
- (4) 假如用冰淇淋和保麗容的空間越大，則溫度越容易升高

二、請你將大家的變因配對並填入表格中：(可以重複選取)

人物	操縱變因	應變變因
小丸子		
小山		
小玉		
豬太郎		

- (1) 不同的保麗容顏色
- (2) 溫度的高低變化
- (3) 冰淇淋排列緊密的程度
- (4) 冰淇淋和保麗容之間的空間大小
- (5) 不同厚薄的保麗容
- (6) 冰淇淋融化的快慢

三、

1. 請問小丸子的實驗結論是什麼？

- (1) 冰淇淋排列得越緊密，溫度會升高得較慢
- (2) 保麗容越厚，溫度越不容易升高
- (3) 保麗容顏色越深，溫度越容易升高
- (4) 冰淇淋和保麗容的空間越小，溫度會升高得較快

2. 請問豬太郎的實驗結論是什麼？

- (1) 冰淇淋排列得越緊密，溫度會升高得較慢
- (2) 保麗容越薄，溫度越容易升高
- (3) 保麗容顏色越淡，溫度越不容易升高
- (4) 冰淇淋和保麗容的空間越大，溫度會升高得較快

3. 根據實驗，請問以下所提出的結論哪些是正確的呢？

- (1) A A.冰淇淋和保麗容的空間越小，溫度會升高得較慢
- (2) A 和 B B.保麗容越厚，溫度越不容易升高
- (3) A 和 D C.保麗容顏色越深，溫度越容易升高
- (4) B、C 和 D D.冰淇淋排列得越緊密，溫度不越容易升高

哆啦 A 夢發明了一種新道具，它可以發出紅色、橙色、黃色、白色還有藍白色五種顏色的燈，可以用來模擬天空中的星星顏色。而且可以依據不同的顏色，直接測量有不同的溫度。大雄看到了很開心，就向哆啦 A 夢借這個道具來使用，他想要知道燈的溫度與顏色的關係是什麼，所以設計了實驗來試試看。

一、依照上文，請你幫大雄想一想，回答下列問題：

1.他可能會形成怎麼樣的假設比較符合呢？

- (1) 如果燈的顏色越藍白，那麼量到的溫度會越低
- (2) 如果燈的顏色越綠，那麼量到的溫度會越低
- (3) 如果燈的顏色越黑，那麼量到的溫度會越低
- (4) 如果燈的顏色越紅，那麼量到的溫度會越低

2.根據上題，大雄的操縱變因和應變變因是什麼呢？

- (1) 操縱變因是燈的顏色，應變變因則是溫度
- (2) 操縱變因是溫度，應變變因則是燈的顏色
- (3) 操縱變因是燈的亮度，應變變因則是溫度
- (4) 操縱變因是燈的溫度，應變變因則是亮度

3. 靜香來找大雄，發現大雄的實驗很好玩，但是她覺得燈的顏色應該跟距離有關係，請問你靜香的操縱變因和應變變因是什麼呢？

- (1) 操縱變因是燈的顏色，應變變因則是溫度
- (2) 操縱變因是距離長短，應變變因則是亮度
- (3) 操縱變因是燈的亮度，應變變因則是燈的顏色
- (4) 操縱變因是距離長短，應變變因則是燈的顏色

二、下列哪一個是大雄的實驗紀錄呢？

(1)(2)

	加熱時間	之前顏色	出現顏色
1	30分	白色	白色
2	10分	粉紅色	紅色
3	20分	淡黃色	黃色
4	40分	藍白色	藍白色

	顏色	距離燈 30公分	距離燈 60公分
1	白色	40°C	30°C
2	紅色	25°C	20°C
3	黃色	35°C	25°C
4	藍白色	45°C	35°C

(3)

	顏色	剛開始的 溫度	三十分鐘 後的溫度
1	白色	25°C	60°C
2	紅色	25°C	30°C
3	黃色	25°C	45°C
4	藍白色	25°C	75°C

(4)

	距離	剛開始 的顏色	三十分鐘 後的顏色
1	50公分	透明	白色
2	30公分	橘紅色	紅色
3	40公分	淡黃	黃色
4	60公分	白色	藍白色

三、1. 請問大雄實驗後正確的結論是什麼？

- (1) 當星星顏色越來越偏紅色，溫度會越來越高
- (2) 當星星距離越來越近，溫度會越來越高
- (3) 當星星顏色越來越偏藍白色，溫度會越來越高
- (4) 當星星距離越來越遠，溫度會越來越高

2. 呈上題，那下列哪一顆星星溫度最高呢？

	(1)	(2)	(3)	(4)
星星名稱	參宿七	心宿二	天狼星	太陽
顏色	藍白	紅	白	黃

晚上 Keroro、夏美、冬樹和 Giroro 四人在院子裡看星星，Keroro 說：「在藍星球看星星就是覺得很美，可是你們知道為什麼看起來有大有小嗎？」

夏美說：「我覺得是因為每顆星星跟我們的距離不一樣耶！」

冬樹說：「我覺得是每個星星的體積就不一樣大小，看起來就會有大有小呀！」

Giroro 卻說：「本官覺得是因為星星本身所具有的能量(強度)大小所導致的。」

聽完其他的想法，Keroro 想了想，說：「我覺得應該跟星星的顏色有關耶！」

請你依照上面的敘述，完成下面的問題：

一、請你將對的假設填入正確的位置：

Keroro	
夏美	
冬樹	
Giroro	

- (1) 如果星星本身的能量(強度)越大，則亮度會越亮
- (2) 如果星星的顏色越藍白，則亮度會越亮
- (3) 如果星星和我們的距離越近，則亮度會越亮
- (4) 如果星星的體積越大，則亮度會越亮

二、請問你根據大家的假設，找出大家的操縱變因和應變變因：

(可以重複選取)

- (1) 星星的體積大小
- (2) 星星本身的能量(強度)大
- (3) 星星的亮度大小
- (4) 不一樣的星星顏色
- (5) 觀察者和星星的距離不同

人物	操縱變因	應變變因
Keroro		
夏美		
冬樹		
Giroro		

小

三、

1. 請你想一想，請問你覺得誰的說法是對的？

- (1) Keroro
- (2) 夏美
- (3) 冬樹
- (4) Giroro
- (5) Giroro 和夏美
- (6) Keroro 和冬樹

2. 根據上題，你所做出的結論是應該下列哪一個呢？

- (1) 當星星本身的能量(強度)越大時，星星就會越亮
- (2) 當星星的體積越大時，星星就會越亮
- (3) 當星星距離我們越近時，星星就會越亮
- (4) 當星星的顏色越藍白時，星星就會越亮
- (5) 當星星本身的能量(強度)越大且距離越近時，星星就會越亮
- (6) 當星星的體積越大且顏色越藍白時，星星就會越亮

附件四課程設計

對應節數	對應概念	課程內容 (星星—科學推理融入探究教學)	課程內容 (星星—探究教學)
1-3 到 戶 外 觀 星 (80 分 鐘)	<p>* 星星本身會發光，它和太陽相類似</p> <p>* 不論白天和晚上星星都會在天空中</p> <p>* 星等：星星的亮度用星等來表示，數字越大，表是亮度越小；與其本身燃燒的能量有關。</p>	<p>* 引起問題 讓學生看星空圖片、星座盤後，利用星座盤提問和說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「天空中有好多星星，這些星星跟天空中什麼很像，都是亮亮的？」強調星星和太陽都是恆星。 2. 「星星為什麼發光呢？」 3. 「星星不論白天和晚上都在天空中嗎？」 <p><u>活動 1-1：星星的亮度(一)</u></p> <p>* 提問：「天空中的星星為什麼有的很亮，有的很暗呢？」</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有哪些可能的原因造成星星的亮度看起來不一樣呢?理由是什麼? 2. 「你看過這樣(可以越來越亮的)的檯燈嗎?你覺得它可以越來越亮是因為什麼?理由是什麼呢?」 3. 「如果我把電池串聯越來越多，那燈泡的亮度會有什麼變化?理由是什麼呢?」 <p>請學生思考並預測結果，將想法紀錄在學習單上。</p> <p>* 進行實驗 1：由老師示範讓檯燈越來越亮，讓學生在觀察後提出自己的假設。</p> <p>* 進行實驗 2：如果將電池串聯越來越多，那燈泡的亮度會有什麼變化?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請學生提出假設 2. 根據假設請學生提出自變項和依變項 <p>* 分析實驗結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 你發現了什麼?結果如何呢? <p>* 進行推論：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 檯燈會越來越亮是跟什麼有關係呢? 	<p>* 引起問題 讓學生看星空圖片、星座盤後，利用星座盤提問和說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「天空中有好多星星，這些星星是什麼呢？」 2. 「星星為什麼發光呢?」 3. 「星星不論白天和晚上都在天空中嗎?」 <p><u>活動 1-1：星星的亮度(一)</u></p> <p>* 進行實驗：串聯越多的電池，那燈泡的亮度會有什麼樣的變化?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請學生提出假設 2. 根據假設請學生提出自變項和依變項 <p>* 分析實驗結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 你發現了什麼?

	<p>2.燈泡的亮度和電池串聯的數目有什麼關係?</p> <p>*星星看起來不一樣亮的原因是由學生推論出星星亮度的成因之一是與本身的能量有關。</p> <p><u>活動 1-2：星星的亮度(二)</u></p> <p>*提問和預測：將一支蠟燭點燃，後面擺一張白紙，然後把白紙慢慢遠離蠟燭時，你覺得會看到什麼關係?請學生預測其結果。</p> <p>*進行實驗操作：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項 <p>*分析結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.你實驗出來的結果是什麼? 2.當越來越遠時，紙上的亮度會發生什麼變化?你知道為什麼會這樣嗎? <p>*進行推論：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.紙上蠟燭的亮度與蠟燭距紙的距離有何關係? 2.請問星星的亮度除了本身的發光會影響外，還有可能跟什麼有關? <p>*由學生推出因為星星離地球有近有遠而造成亮度的不一樣後，再由老師說明星等的定義。身發光而使亮度不同。</p>	<p>*由老師提出結論，星星亮度的成因之一是與本身的能量有關。</p> <p><u>活動 1-2：星星的亮度(二)</u></p> <p>*進行實驗操作：請問將一支蠟燭點燃，後面擺一張白紙，然後把白紙慢慢遠離蠟燭，結果看到什麼樣的關係。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項 <p>*分析結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.你實驗出來的結果是什麼? 2.當越來越遠時，紙上的亮度會發生什麼變化? <p>*由老師提出結論，星星亮度的另一個是距離有關，再由老師說明星等的定義。</p>
<p>(1) 星星的顏色：星星會因為表面的溫度不同而顏色上不同。</p> <p>(2) 星星的顏色</p>	<p><u>活動 2-1：星星的顏色</u></p> <p>*提問：「天空中的星星為什麼有紅的、黃的、藍白色等各種不同顏色呢?」</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.星星的顏色為什麼不同?理由是什麼? 2.爐火的顏色(紅色或是藍色)與水沸騰的快慢有什麼關係?理由是什麼?請學生預測結果。 <p>*進行實驗</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項 	<p><u>活動 2：星星的顏色</u></p> <p>*進行實驗：爐火的顏色(紅色或是藍色)與水沸騰的快慢有什麼關係?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項

<p>與離地球距離無關</p>	<p>*分析結果： 1.你看到了什麼?誰上升得快呢? 2.這表示什麼呢?為什麼會這樣呢? *進行推論： 1.爐火的顏色(紅色或是藍色)與水沸騰的快慢有什麼關係?理由是什麼? 2.火焰的顏色跟溫度有什麼關係? 3.星星的顏色為什麼會不一樣呢?你的理由是什麼? *由學生推導出星星的顏色是因為表面溫度高低所造成的，再由老師再次說明。</p>	<p>*分析結果： 1.你看到了什麼? 2.這表示什麼呢? *由老師說明星星的颜色是因為表面溫度高低所造成的，且星星的顏色跟距離地球之距離無關。</p>
<p>相對運動 (1) 星星在宇宙中位置是不會動的 (2) 晚上看到星星會動是因為地球自轉 (3) 北極星是天空中不會動的星星 (4) 其他星星是繞著北極星運轉 (5) 星軌</p>	<p><u>活動3：</u> *提問： 1.星星在天空中是如何運行的呢? 2.仰望天空中的星星，一年四季都在天空中固定的位置出現嗎?請學生預測結果 *進行實驗： 1.老師提出問題讓學生進行思考： 天花板上有很多顆球，如果請你瞄準其中一顆開始順時針旋轉，你覺得其他球會怎麼轉呢? 2.請學生提出假設 3.提問：當你坐上椅子順時針旋轉時，其他人看你是怎麼轉的呢?那你看其他人又是怎麼轉呢? *做完實驗後，你看到的現象是怎麼樣的呢? *進行推論： 1.仰望天空中的星星，一年四季都在天空中固定的位置出現嗎? 2.讓學生看星軌圖，請問星軌圖代表什麼意思?你覺得星星是怎麼移動的?原因是什麼呢? *由學生推論出星星本身不動，是因為自轉的關係所以感覺星星是東升西落，</p>	<p><u>活動3：</u> *提問：「星星在天空中是如何運行的呢?天空中的星星一年四季都在天空中固定的位置出現嗎?」 *進行實驗： 1.天花板上有很多顆球，如果請你瞄準其中一個球，開始順時針旋轉，你覺得其他球會怎麼轉呢? 2.當你坐上椅子順時針旋轉時，其他人看你是怎麼轉的呢?那你看其他人又是怎麼轉呢? *請學生回答下列問題 1.做完實驗後，你看到的現象是怎麼樣的呢?請你說明結果是什麼。 2.讓學生看星軌圖，請問星軌圖代表什麼意思?你覺得星星是怎麼移動的?原因是什麼呢? *由老師說明造成星星東升西落的原因是因為地球自轉所造成的，並解釋星軌圖乃</p>

<p>是天空中星星移動的軌跡</p>	<p>瞭解星軌圖的意義。</p>	<p>是星星移動的軌跡。</p>
<p>(1) 由星座盤得知星座運行時形狀不會改變 (2) 星座中的星星彼此沒有關係 (3) 星座在天空中的位置會改變</p>	<p><u>活動 4：</u> *使用星座盤，讓學生進行操作與觀察： 1. 有一顆星星似乎不會動嗎？那顆是什麼星？為什麼會這樣呢？ 2. 請問天空中的星座如何運行？請學生用描圖紙畫出星座每隔一小時的位置，讓學生經由操作中瞭解星座在天空中的位置會改變。 3. 在星座盤上的北斗七星中，七顆星星之間有關係嗎？ *進行實驗：由老師準備七顆球，將球懸掛在不同距離之位置，讓學生觀察自行發現，星座間的星星彼此是沒有關係的</p>	<p><u>活動 4：</u> *使用星座盤，讓學生進行操作與觀察： 1. 有一顆星星似乎不會動嗎？那顆是什麼星？為什麼會這樣呢？ 2. 請問天空中的星座如何運行？請學生用描圖紙畫出星座每隔一小時的位置，讓學生經由操作中瞭解星座在天空中的位置會改變。 3. 在星座盤上的北斗七星中，七顆星星之間有關係嗎？ *進行實驗：由老師準備七顆球，將球懸掛在不同距離之位置，讓學生觀察發現，星座間的星星彼此是沒有關係的。</p>

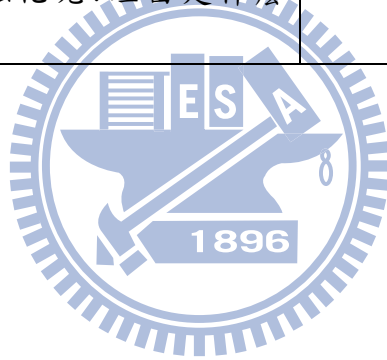


對應節數	對應概念	課程內容 (熱播傳—科學推理融入探究教)	課程內容 (熱傳播—探究教學)
2-1 保溫 (80分鐘)	<p>*傳導：有些物質容易傳導(金屬類)，而有些不容易(木頭、塑膠)，物質有關。</p>	<p>*引起動機喚起學生記憶並提問：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.「你拿著從冰箱拿出來的冰棒，會覺得怎麼樣？手的溫度如何改變呢？」 2.「這表示說熱會從哪裡到哪裡去？」 (熱傳出去，溫度變低) 3.「你拿著剛出爐的包子，會覺得怎麼樣？手的溫度如何改變呢？」 4.「這表示說熱會從哪裡到哪裡去？」 (熱傳進來，溫度變高) 5.「請問你熱是怎麼傳的？」 (溫度高傳到溫度低) <p><u>活動一：熱傳導</u></p> <p>*提問：「請問不同位置上的蠟熔化順序是怎麼樣呢？理由是什麼呢？」</p> <p>*進行實驗：在金屬棒上等距用蠟把火柴棒固定，再將金屬棒固定在架上，從金屬棒的一端加熱，預測火柴棒倒下的順序。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 (預測靠近火的部分會倒下) 2.根據假設請學生提出自變項(火柴棒與火的距離)和依變項 <p>*分析實驗結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.你發現了什麼？結果如何呢？ <p>*進行推論：老師提問以下問題，由學生說出用哪一種方式傳遞及其原因</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.烤肉架為何採用鐵的材什麼？理由是什麼呢？ 2.請問媽媽煮湯的鍋柄是什麼材質的？你知道為什麼會使用這種材質呢？ 3.再次詢問學生，「不同位置上的蠟熔化順序跟什麼關係？」 <p>*讓學生推導出熱由金屬棒一端傳導到另一端。</p>	<p>*引起問題：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.「你拿著從冰箱拿出來的冰棒，會覺得怎麼樣？手的溫度如何改變呢？」 2.「這表示說熱會從哪裡到哪裡去？」 (熱傳出去，溫度變低) 3.「你拿著剛出爐的包子，會覺得怎麼樣？手的溫度如何改變呢？」 4.「這表示說熱會從哪裡到哪裡去？」 (熱傳進來，溫度變高) 5.「請問你熱是怎麼傳的？」 (溫度高傳到溫度低) <p><u>活動一：熱傳導</u></p> <p>*進行實驗：老師示範實驗，在金屬棒上等距用蠟把火柴棒固定，再將金屬棒固定在架上，從金屬棒的一端加熱，預測火柴棒倒下的順序。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項 <p>*分析實驗結果：你發現了什麼？</p> <p>*由老師明白指出因為熱傳導的關係，所以會從接近火源的蠟開始融化。</p>

<p>*對流： 冷熱空氣的流動方式</p>	<p><u>活動二：熱對流</u></p> <p>*提問：「如圖，將冷水和熱水混合在一起，你覺得會什麼現象發生呢？理由是什麼呢？」（寫在學習單中）</p> <p>*進行實驗 1： 將兩個燒杯，一個裝熱水加上顏料，一個裝冷水。熱水杯置於下面，冷水杯放置熱水杯上方，中間用隔板分開，請學生觀察取走隔板後的現象。</p> <p>1.請學生提出假設 2.請學生設計實驗 3.分析實驗結果： 你發現了什麼？結果如何呢？</p> <p>*進行實驗 2： 請問如果將木屑丟到燒杯後加水，煮至沸騰的期間，木屑會如何移動呢？理由是什麼？如果在不同位置加熱，那情況會相同嗎？理由是什麼？</p> <p>1.請學生假設 2.進行實驗 看看不同位置的加熱情況，並加以測量溫度來佐證。 3.你發現了什麼？結果如何呢？ 4.你知道為什麼會這樣嗎？</p> <p>*進行推論： 1.冬天使用暖爐時都會放在哪邊？為什麼？ 2.請你說說看在不同位置加熱，水加熱到滾怎樣的變化呢？不同之處在哪裡？你的理由是什麼？</p> <p>*讓學生再思考實驗結果後，問學生為什麼水會上升和下降，由學生推導出熱對流及其原因。</p>	<p><u>活動二：熱對流</u></p> <p>*進行實驗 1： 1.將冷水和熱水混合在一起，你覺得會什麼現象發生呢？理由是什麼呢？ 2.將兩個燒杯，一個裝熱水加上顏料，一個裝冷水。熱水杯置於下面，冷水杯放置熱水杯上方，中間用隔板分開，請學生觀察取走隔板後的現象。 3.請學生提出假設</p> <p>*進行實驗 2： 請問如果將木屑丟到燒杯後加水，煮至沸騰的期間，木屑會如何移動呢？理由是什麼？如果在不同位置加熱，那情況會相同嗎？理由是什麼？</p> <p>1.請學生假設 2.進行實驗 看看不同位置的加熱情況，並加以測量溫度來佐證。 3.你發現了什麼？結果如何呢？ 4.你知道為什麼會這樣嗎？</p> <p>*分析實驗結果：你發現了什麼？</p> <p>*由老師直接說是因為熱對流的關係，熱水會上升，冷水會下降所造成的；而且空氣也是如此。</p>
	<p><u>活動三：熱輻射</u></p> <p>*提問：請問同一個燈泡下放黑布和白布會有什麼差別？為什麼會有這樣的差別？請學生思考並預測結果，將想法紀錄在學習單上。</p>	<p><u>活動三：熱輻射</u></p> <p>*進行實驗：請問同一個燈泡下放黑布和白布會有什麼差別？</p>

<p>* 輻射： 熱 輻 射 的 傳 入 和 散 失</p>	<p>* 進行實驗：由老師示範進行在燈泡下放置了兩個溫度計，一個包上黑布，另一個包白布，看看會有什麼變化？</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.請學生設計實驗 <p>* 分析實驗結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.你發現了什麼？結果如何呢？ <p>* 進行推論：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請問如果搭黑色和白色的車，會覺得哪一台比較熱？為什麼？ 2.請問學生請問穿黑色和白色的衣服站在太陽下哪一個會比較熱？為什麼？由學生推導出熱輻射及其原因。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.請學生設計實驗 <p>* 分析實驗結果：</p> <p>(一)你發現了什麼？</p> <p>* 由老師說明熱輻射也是熱傳播的一種方式。</p>
<p>* 保溫： 是 隔 絕 三 種 不 同 的 傳 播 方 式</p>	<p><u>活動四：</u></p> <p>* 預測：如何讓 100 cc 的水在陽光下可以溫度上升最多呢？</p> <p>* 問題 (Identify problem)：如何讓 100 cc 的水在陽光下可以溫度上升最多？</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 提出假設 (Propose hypothesis) 2. 找出變因 3. 設計實驗 (Design experiment) 和 進行實驗 (Perform experiment)：由學生根據自己的假設自行設計實驗 4. 記錄和分析結果(Record and analyse results)：將實驗的過程記錄下來，將結果進行分析。 5. 做出結論(Draw conclusion)：學生依照自己的假設及實驗提出結論。 <p>* 請學生回答「在陽光下如何做才可以讓 100 cc 的水可以溫度上升最多？理由是什麼呢？」。</p>	<p><u>活動四：</u></p> <p>* 問題：「如何讓 100 cc 的水在陽光下可以溫度上升最多？」</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 提出假設 (Propose hypothesis) 2. 讓各組學生提出自己對於升溫的假設 3. 設計實驗 (Design experiment) 和 進行實驗 (Perform experiment)：由學生根據自己的假設自行設計實驗，並依照假設說出其控制變因與操縱變因為何。 4. 記錄和分析結果(Record and analyse results)：將實驗的過程記錄下來，將結果進行分析。 5. 作出結論(Draw conclusion)：學生依照自己的假設及實驗提出結論。

<p>歸納出可以保溫的原因並設計實驗來檢測出其的保溫效果。</p>	<p><u>活動五：</u></p> <p>*預測：怎麼做可以讓冰淇淋慢一點融化？</p> <p>*問題 (Identify problem)：如何可以讓 0°C 的冰淇淋保持不容易融化呢？</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 提出假設 (Propose hypothesis) 2. 找出變因 3. 設計實驗 (Design experiment)和進行實驗 (Perform experiment)：由學生根據自己的假設自行設計實驗 4. 記錄和分析結果(Record and analyse results)：將實驗的過程記錄下來，將結果進行分析。 5.做出結論(Draw conclusion)：學生依照自己的假設及實驗提出結論。 <p>*請學生回答解釋「如何可以讓 0°C 的冰淇淋保持不容易融化呢?理由是什麼呢?」。</p>	<p><u>活動五：</u></p> <p>*問題：「如何可以讓 0°C 的冰淇淋保持不容易融化呢?」</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 提出假設 (Propose hypothesis) 2. 讓各組學生提出自己的假設 3. 設計實驗 (Design experiment)和進行實驗 (Perform experiment)：由學生根據自己的假設自行設計實驗，並依照假設說出其控制變因與操縱變因為何。 4.記錄和分析結果(Record and analyse results)：將實驗的過程記錄下來，將結果進行分析。 5. 作出結論(Draw conclusion)：學生依照自己的假設及實驗提出結論。
-----------------------------------	---	---



對應節數	對應概念	課程內容 (聲音的高低—科學推理融入探究教學)	課程內容 (聲音的高低—探究教學)
2-2 樂器聲音的高低(80-120分鐘)	吹奏時空氣柱會振動而發出聲音，用手按住孔可以調整空氣柱的長短，而空氣柱越長聲音越低；反之則越高。	<p>*引起問題:由老師表演一段曲子或由學生進行表演。喚起學生記憶，提出問題讓學生回答：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.「你為什麼可以發出聲音呢?」 2.「請摸摸看你的喉嚨，當你在發出聲音時，有什麼現象呢?」 3.「當你吹笛子可以吹出聲音是什麼東西在振動呢?當你在彈吉他所發出的聲音又是什麼東西在振動呢?」 <p><u>活動一：</u></p> <p>*提問：聲音為什麼有高有低呢?</p> <p>*觀察：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.吹粗細相同但長度不同試管，聽聽看他們的聲音如何?(將一支吸管越剪越短，吹出的聲音讓學生聆聽) 2.直尺實驗，你有看到他們來回運動的樣子嗎?隨著距離越短，來回運動變得怎麼樣? <p>*推論:想想看，吹的試管越短(空氣柱短)是來回運動快還是慢呢?那來回運動越快，聲音會如何?(振動快慢導致聲音高低不同)。由學生自行做出結論。</p> <p><u>活動二：</u></p> <p>*提問：直笛為什麼可以吹出高低不同之聲音?請學生思考並預測結果，將想法寫在學習單上。</p> <p>*進行實驗觀察：請學生吹 Do 到 Si 的音，請學生兩兩一組作觀察。請問學生吹出不同高低的音時，按住洞的高度有什麼不同?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項 3.分析實驗結果：你發現了什麼? 	<p>*引起問題:由老師表演一段曲子或是由學生進行表演。喚起學生記憶，提出問題讓學生回答：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.「你為什麼可以發出聲音呢?」 2.「請摸摸看你的喉嚨，當你在發出聲音時，有什麼現象呢?」 3.「當你吹笛子可以吹出聲音是什麼東西在振動呢?當你在彈吉他所發出的聲音又是什麼東西在振動呢?」 <p><u>活動一：</u></p> <p>*提問：聲音為什麼有高有低呢?</p> <p>*觀察：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.吹粗細相同但長度不同試管，聽聽看他們的聲音如何?(將一支吸管越剪越短，吹出的聲音讓學生聆聽) 2.直尺實驗，你有看到他們來回運動的樣子嗎?隨著距離越短，來回運動變得怎麼樣? <p>*由老師直接說出吹的試管越短表示空氣柱短，而試管越短表示來回運動越快，當來回運動越快聲音則會越高。</p> <p><u>活動二：</u></p> <p>*進行實驗觀察：請學生吹 Do 到 Si 的音，請學生兩兩一組作觀察。請問學生吹出不同高低的音時，按住洞的高度有什麼不同?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項 3.分析實驗結果：你發現了什麼?

		<p>由老師提問：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.「直笛可以吹出高音的原因是什麼？」 2.「直笛可以吹出低音的原因是什麼？」 3.「當距離拉大時，聲音變得怎麼樣？」 <p>*讓學生推論出結論(由學生推導空氣柱越長，振動越慢，所以聲音會越低)。</p>	<p>*由老師提問當距離拉大時，聲音變得怎麼樣?學生說出結論是空氣柱越長，聲音會越低。</p>
<p>彈簧片長短和空氣柱長短會影響聲音之高低。彈簧片和空氣柱越長，則聲音越低；反之，則越高。</p>		<p><u>活動三：</u></p> <p>*提問:「請問為什麼口琴可以吹出高低不同之聲音?」請學生思考並預測結果，將想法紀錄在學習單上。</p> <p>*進行實驗：請學生吹口琴，請學生假設高低不同的音是如何產生的?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項 3.將口琴拆開，觀察內部構造 <p>*分析實驗結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.你發現了什麼? 2.你知道口琴內部構造是什麼樣子的嗎? <p>*先由老師提問：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.「口琴如何可以吹出高音?」 2.「口琴如何可以吹出低音?」 3.「為什麼口琴可以吹出不同聲音，理由是什麼呢?」由學生推導出口琴聲音高低是因為簧片長度所造成的。 	<p><u>活動三：</u></p> <p>*進行實驗：請學生吹口琴，並且拆開觀察。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項 3.將口琴拆開，觀察內部構造 <p>*分析實驗結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.你發現了什麼? 2.口琴的內部構造是怎樣的? <p>*老師提問「可以吹出口琴聲音高低不同的理由是什麼?」直接說出結論即口琴聲音高低是因為簧片長度所造成的。</p>
<p>弦長短、粗細和鬆緊都會影響其發出之聲音高低。弦越粗，聲音越低，反之則越高；弦越長，聲音越低，反之則越</p>		<p><u>活動四：</u></p> <p>*提問：老師播放吉他的影片給學生看，請問怎麼樣可以讓吉他改變聲音高低?(弦的長短、鬆緊和粗細)為什麼這樣可以改變聲音高低?請學生思考並預測結果，將想法紀錄在學習單上。</p> <p>*進行實驗：給學生每組一台吉他，讓學生去實驗，讓學生分組進行觀察和操作。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項 <p>*分析實驗結果：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.你發現了什麼? 2.你知道為什麼會這樣嗎? 	<p><u>活動四：</u></p> <p>*進行實驗：給學生每組一台吉他，讓學生去實驗，讓學生分組進行觀察和操作。請問吉他聲音高低的因素是什麼?(弦的長短、粗細和鬆緊)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.請學生提出假設 2.根據假設請學生提出自變項和依變項 <p>*分析實驗結果：你發現了什麼?</p>

<p>高；弦越鬆，聲音越低，反之則越高。</p>	<p>*老師提問：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「造成吉他聲音高低不同的原因是什麼？」 2. 「弦的長短與吉他聲音高低有什麼關係？」 3. 「弦的粗細與吉他聲音高低有什麼關係？」 4. 「弦的鬆緊與吉他聲音高低有什麼關係？」 <p>*讓學生推導出弦與聲音高低之間的關係。</p>	<p>*由老師提問「你知道為什麼會這樣嗎？」再說明弦與聲音高低之間的關係，包括弦長短、粗細和鬆緊都會影響其發出之聲音高低。</p>
<p>因水位高低不同，影響其空氣柱的長短和水柱的長短。用吹的是視空氣柱的長短，同上；用敲的則是看水柱的長短，水柱越長聲音越低，水柱越短則越高。</p>	<p><u>進行探究實驗 I：</u></p> <p>*老師提問並要求學生進行預測：「試管內水位的高低與聲音高低有關係嗎？為什麼？」</p> <p>*問題：給學生同樣大小的六根試管，請學生裝後敲擊出六種高低不同的聲音(要敲有水的地方)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 提出假設 (Propose hypothesis)並作出預測(Make predictions)：由各組學生自己提出假設 (例:聲音越高的時候水柱會如何改變)。 2. 找出變因：依照假設說出其控制變因與操縱變因為何。 3. 設計實驗 (Design experiment)和進行實驗(Perform experiment)：讓學生設計實驗，包括實驗器材和過程方法。 4. 記錄和分析結果(Record and analyse results)：將實驗過程和結果記錄下來，進行分析。 5. 做出結論(Draw conclusion)：根據自己的假設和實驗結果提出結論。 <p>*請學生回答問題「試管內水的高低與聲音高低的關係是什麼?你的理由是?」並且提出結論。</p>	<p><u>進行探究實驗 I：</u></p> <p>*問題：「給學生同樣大小的六根試管，請學生裝水後敲擊出六種高低不同的聲音(要敲有水的地方)」。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 提出假設 (Propose hypothesis)：例:聲音越高的時候水柱會如何改變。 2. 依照假設說出其控制變因與操縱變因為何。 3. 設計實驗 (Design experiment)和進行實驗(Perform experiment)：讓學生設計實驗，包括實驗器材和過程方法。 4. 記錄和分析結果(Record and analyse results)：將實驗過程和結果記錄下來，進行分析。 5. 做出結論(Draw conclusion)結論：根據自己的假設和實驗結果提出結論。 <p>*由老師統整後總結。</p>

探究實驗 II：

老師提問並要求學生進行預測：「造成不同長短吸管樂器聲音高低的原因是？」「粗細不同的吸管吹出聲音是否不同？理由是什麼呢？」

*問題：請你設計出一個吸管樂器，至少要有五個高低不同的音。

1. 提出假設 (Propose hypothesis)
2. 找出變因：並依照假設說出其控制變因與操縱變因為何。
3. 設計實驗 (Design experiment)和進行實驗(Perform experiment)：根據自己的假設設計實驗的流程和步驟，開始進行實作。

4.記錄和分析結果(Record and analyse results)：將實驗過程和結果記錄下來，進行分析，完成自己的吸管樂器。

5. 做出結論(Draw conclusion)：請學生展示自己的作品並依照假設說出其自製樂器可以發出高低不同聲音的原因。

p.s. (兩個變因由學生選擇):給學生粗細不同或長短不同的吸管，一端剪成尖尖的形狀，用嘴巴吹出聲音。(吸管越細或越短，吹出的聲音越高)

*請學生回答問題：

- 1.「不同長短吸管的樂器與聲音高低的關係是什麼?理由是什麼呢?」。
- 2.「不同粗細吸管的樂器與聲音高低的關係是什麼?理由是什麼呢?」。

*讓學生在做完實驗後進行解釋，並把其想法紀錄在學習單上。

進行探究實驗 II：

*確認問題 (Identify problem)：由老師提出問題：請你設計出一個吸管樂器，至少要有五個高低不同的音。

1. 提出假設 (Propose hypothesis)
2. 依照假設說出其控制變因與操縱變因為何。
3. 設計實驗 (Design experiment)和進行實驗(Perform experiment)：根據自己的假設設計實驗的流程和步驟，開始進行實作。

4.記錄和分析結果(Record and analyse results)：將實驗過程和結果記錄下來，進行分析，完成自己的吸管樂器。

5. 作出結論(Draw conclusion)：請學生展示自己的作品並依照假設說出其自製樂器可以發出高低不同聲音的原因。

p.s. (兩個變因由學生選擇):給學生粗細不同或長短不同的吸管，一端剪成尖尖的形狀，用嘴巴吹出聲音。(吸管越細或越短，吹出的聲音越高)

*由老師統整後總結。

附件五 科學探究質性資料

形成假設

	串聯越多電池，燈泡的亮度會有什麼變化？	對照組		實驗組	
		N	%	N	%
美麗的 星空	假設				
	PCr 假如電池越多，則燈泡會燒掉(壞掉)	14	4.76%	17	4.80%
	Cr 假如電池越多(少)，則能量越強(弱)	19	6.46%	24	6.78%
	Cr 如果電池越多(少)/強(弱)，則燈泡越亮(暗)	49	16.67%	75	21.19%
	ICr 如果電池越大/小，則燈泡越亮(暗)	16	5.44%	3	0.85%
	將一支蠟燭點燃，後面擺一張紙，然後把白紙慢慢遠離蠟燭，你覺得會有什麼什麼情況發生？				
	假設				
	ICr 1. 紙越冷，則離蠟燭越遠	7	2.38%	0	0.00%
	PCr 2. 紙越靠近，則越快燒起來	3	1.02%	2	0.56%
	Cr 如果紙上的亮度/紙所呈現的亮光越亮(暗)，則蠟燭越近(遠)	23	7.82%	20	5.65%
	Cr 如果紙離蠟燭/蠟燭離紙越近(遠)，則紙上的亮度/紙所呈現的亮光越亮(暗)	63	21.43%	97	27.40%
	ICr 如果紙離蠟燭/蠟燭離紙越遠(近)，則紙上的亮度/紙所呈現的亮光越亮(暗)	2	0.68%	0	0.00%
	爐火的顏色(紅色或藍色)與水沸騰的快慢有什麼關係？				
	假設				
ICr 我不知道	6	2.04%	11	3.11%	
Cr 1.如果火越藍/紅，會越熱/冷 2.如果火越藍/紅，溫度越高/低	1	0.34%	11	3.11%	
Cr 1.如果火的顏色越(偏)藍(紅)/深(淺)，則水沸騰 / 燃燒的速度越快/慢	91	30.95%	94	26.55%	
ICr 1.如果火的顏色越(偏)紅(藍)/深(淺)，則水沸騰 / 燃燒的速度越快/慢	0	0.00%	0	0.00%	
	294	100.00%	354	100.00%	
聲音 高低	直笛為什麼可以吹出高低不同的聲音？	對照組		實驗組	
	假設	N	%	N	%

ICr	1.假如吹的力氣(量)越大(小), 聲音越高(低)/大(小) 2.假如按的越用力, 則聲音越低/高 3.假如按的洞越小/大, 則聲音越高/低 4.假如聲音越高/低, 振動越大/小	2	0.51%	22	4.55%
Cr	1.假如沒按洞(直笛全放)/全按時, 聲音越高/低 2.假如吹的洞越下/上面, 則聲音越高/低	55	14.03%	45	9.32%
Cr	1.假如按住的孔(洞)數越多/少, 聲音越低/高 2.假如按住的洞越高/低, 則聲音越高/低 3.假如(吹的)空氣(柱)越短/長, 則聲音越高/低	41	10.46%	44	9.11%
ICr	1.假如按住的孔(洞)數越少/多, 聲音越低/高 2.假如按住的洞越低/高, 則聲音越高/低 3.假如(吹的)空氣(柱)越長/短, 則聲音越高/低	0	0.00%	10	2.07%
	為什麼口琴可以吹出高低不同的聲音?				
	假設				
Cr	假如吹的口不同, 則聲音高低不同	9	2.30%	45	9.32%
Cr	假如吹的位置越左/右, 則聲音越高/低	2	0.51%	28	5.80%
Cr	假如簧片越長(短)/粗(細), 則聲音越低/高	33	8.42%	34	7.04%
ICr	假如簧片越短(粗)/長(細), 則聲音越低/高	54	13.78%	14	2.90%
	如何可以讓吉他改變聲音高低?				
	假設				
ICr	1.假如弦(線)按下/上面, 聲音會低/高 2. 假如按的地方越高 /低, 聲音越高/低	5	1.28%	1	0.21%
Cr	假如按的地方越低/高, 聲音越高/低	1	0.26%	12	2.48%
Cr	假如弦(線)越緊(鬆)/細(粗)/短(長), 則聲音越高/低	73	18.62%	95	19.67%
ICr	假如弦(線)越緊(鬆)/細(粗)/短(長), 則聲音越低/高	19	4.85%	13	2.69%
	給相同大小六根試管, 請你敲出六種高低不同的聲音				
	假設				
ICr	如果水越多/少, 聲音越大/小	6	1.53%	7	1.45%
PCr	假如試管的水距離不同, 聲音越高/低	6	1.53%	6	1.24%
Cr	如果(試管內的)水(位)越高(多)/低(少), 聲音越低/高	60	15.31%	92	19.05%
ICr	如果(試管內的)水(位)越高(多)/低(少), 聲音越高/低	26	6.63%	15	3.11%
		392	100.00%	483	100.00%
與 播	請問不同位置上的蠟熔化順序是怎麼樣呢?		對照組		實驗組

	假設	N	%	N	%
ICr	無	4	1.63%	3	1.14%
Cr	1.如果蠟離火源越遠/近，燃燒(的速度)越慢/快 2.最靠近火的蠟最先熔化，然後是中間的蠟，再來是最後的蠟 3.火第一個燒到的地方，蠟熔化得最快，接著後面兩個也會跟著熔化 4.假如火的溫度越高/低，則熔化(的速度)越快/慢	14	5.71%	9	3.42%
Cr	1.假如蠟(湯匙)離火源越遠/近，則(蠟)熔化越慢/快 2.假如蠟(湯匙)離火源越遠/近，則傳導(的速度)越快/慢 3.假如越靠近/遠離火源，則溫度越高/低	23	9.39%	32	12.17%
ICr	1.假如蠟(湯匙)離火源越近/遠，則(蠟)熔化越慢/快 2.假如蠟(湯匙)離火源越近/遠，則傳導(的速度)越快/慢 3.假如越靠遠/近離火源，則溫度越高/低	0	0.00%	0	0.00%
	在同一燈泡下或太陽下放置黑布與白布，請問兩者會有什麼差別呢?				
	假設				
ICr	1.無 2.假如布越黑，則亮度越亮	7	2.86%	19	7.22%
PCr	如果布的顏色越深(黑)/淺(白)，布越熱/冷	17	6.94%	7	2.66%
Cr	如果布的顏色越深(黑)/淺(白)，溫度越高/低	14	5.71%	18	6.84%
ICr	如果布的顏色越淺(白)/深(黑)，溫度越高/低	2	0.82%	0	0.00%
	如何讓 100 毫升的水在陽光下可以溫度上升最多?				
	假設	1	0.41%	4	1.52%
ICr	1.無 2.只說明使用物品(自變項)	33	13.47%	21	7.98%
PCr	1.用鐵的杯子，吸熱越快 2.假如用金屬(鐵鋼)杯裝水置於太陽下，水溫會比較熱 3.如果周圍越熱，則上升的溫度會越熱 4.如果蓋上的布多/少，水溫上升越快(水溫越高)	35	14.29%	39	14.83%
Cr	1.如果蓋上的布(杯子)越深(黑)，水溫上升越快(水溫越高) 2.如果在太陽下曬得越久，則水的溫度上升得越快 3.如果放大鏡照(燒)得越久，水的溫度就越高(上升較快) 4.如果鏡子反射熱越多，水則會越熱	13	5.31%	25	9.51%

	ICr	1.如果蓋上的布(杯子)越淺(白)，水溫上升越快(水溫越高) 2.如果在太陽下曬的時間越短，則水的溫度上升得越快 3.如果放大鏡照(燒)的時間越短，水的溫度就越高(上升較快) 4.如果鏡子反射熱越少，水則會越熱	1	0.41%	1	0.38%
		如何讓 0°C 的冰溫度上升最慢?				
		假設				
	PCr	1.放進冰箱 (冷凍庫) 2.放進保麗容 3.泡在冰水中 4.放到白色的杯子 5.包上顏色淺的布	37	15.10%	36	13.69%
	ICr	6.玻璃杯溫度上升最慢 7.用鐵碗裝 8.靠近有風的地方可以讓溫度上升最慢	13	5.31%	1	0.38%
	ICr	1.水的溫度越低，冰融化得越快	9	3.67%	4	1.52%
	Cr	2.灑鹽可以使溫度上升最慢	8	3.27%	16	6.08%
	Cr	1.如果冰塊越多，冰淇淋的溫度上升越慢 2.將冰放在密閉盒內(保麗容)，溫度上升較慢 3.如果把冰放在保麗容中，則融化得較慢	13	5.31%	28	10.65%
	ICr	1.如果冰塊越少，冰淇淋的溫度上升越慢 2.將冰放在密閉盒內(保麗容)，溫度上升較快 3.如果把冰放在保麗容中，則融化得較快	1	0.41%	0	0.00%
			245	100.00%	263	100.00%

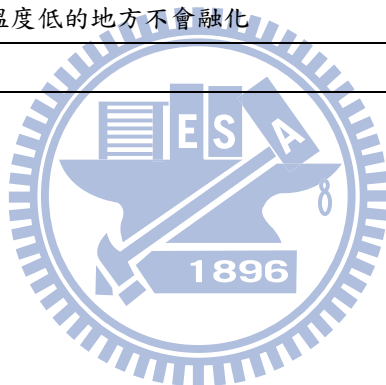
做出結論

	活動 1-1	串聯越多電池，燈泡的亮度會有什麼變化?	對照組		實驗組	
			N	%	N	%
美麗的 星空	IC	1.當電池越多，則燈泡會燒掉(壞掉)	4	2.80%	4	2.25%
	PC	1.電池亮度與他的能量有關	3	2.10%	2	1.12%
	C	1.當電池(力)越強，則燈泡越亮 2.當電池越多(少)，則燈泡會越亮(暗)	40	27.97%	52	29.21%
	活動 1-2	將一支蠟燭點燃，後面擺一張紙，然後把白紙慢慢遠離蠟燭，你覺得會有什麼什麼情況發生?				
		結論				

	IC	1.當紙(蠟燭)離火越遠/近，紙的亮度會越亮/暗	2	1.40%	2	1.12%
		2.當紙越暗/亮，表示蠟燭越近/遠	0	0.00%	0	0.00%
	PC	1.當紙越亮/暗，表示蠟燭越近/遠	5	3.50%	5	2.81%
	C	1.當紙(蠟燭)離火越近/遠，紙的亮度會越亮/暗	41	28.67%	53	29.78%
	活動 2-1	爐火的顏色(紅色或藍色)與水沸騰的快慢有什麼關係?				
		結論				
	IC	1.火的顏色越紅/藍，則水會越熱/冷	6	4.20%	4	2.25%
		2.火的顏色越紅/藍，則水的溫度會越高/低	0	0.00%	1	0.56%
	PC	1.火的顏色越深(淺)，則水沸騰(燃燒的速度)越快/慢	2	1.40%	10	5.62%
	C	1.火的顏色越藍/紅，則水會越熱/冷 2.火的顏色越藍/紅，則水的溫度會越高/低 3.火的顏色越藍/紅，則水沸騰(燃燒的速度)越快/慢	40	27.97%	45	25.28%
			143	100.00%	178	100.00%
聲音高低	活動二	直笛為什麼可以吹出高低不同的聲音?	對照組		實驗組	
		結論	N	%	N	%
	IC	1.當吹的力氣(量)越大/小，聲音越高/低 2.當吹的力氣(量)越大，聲音越大 3.按的越用力，則聲音越低/高 4.按的洞越小/大，則聲音越高/低 5.當聲音越高/低，振動越大/小	2	1.02%	13	5.42%
	PC	1.當按洞(直笛)全放/全按時，聲音越高/低 2.按住的孔(洞)數越少/多，聲音會越高/低 3.按住的洞越低/高，則聲音越高/低	34	17.26%	37	15.42%
	C	(吹的)空氣(柱)越短/長，則聲音越高/低	14	7.11%	10	4.17%
	活動三	為什麼口琴可以吹出高低不同的聲音?				
		結論				
	IC	無	10	5.08%	16	6.67%
	PC	吹的位置越左/右，則聲音越高/低	2	1.02%	13	5.42%
	C	簧片越長(短)/粗(細)，則聲音會越低/高	37	18.78%	32	13.33%
	活動四	如何可以讓吉他改變聲音高低?				
		結論				
IC	無	4	2.03%	3	1.25%	
PC	1.弦(線)按的上/下面，聲音會越低/高	3	1.52%	15	6.25%	
C	1.弦(線)越緊(鬆)/細(粗)/短(長)，則聲音會越高/低	42	21.32%	42	17.50%	

	活動五	給相同大小六根試管，請你敲出六種高低不同的聲音				
		結論				
	IC	1.當水越多/少，聲音會越大/小 2.當聲音越高/低，水位會越低/高	16	8.12%	6	2.50%
	PC	1.試管的水距離不同會影響聲音高低 2.水位高低會影響聲音高低	9	4.57%	20	8.33%
	C	(試管內的)水(位)越高(低)/多(少)，聲音越低/高	24	12.18%	33	13.75%
			197	100.00%	240	100.00%
熱 傳 播 與 保 溫	活動一	請問不同位置上的蠟熔化順序是怎麼樣呢?	對照組		實驗組	
			N	%	N	%
	IC	1.無 2.越靠近火源的地方越快燒掉	2	1.26%	4	2.11%
	PC	1.當蠟離火源越遠/近，燃燒(的速度)會越慢/快 2.當火的溫度越高/低，熔化(的速度)會越快/慢	2	1.26%	3	1.58%
	C	1.當蠟(湯匙)離火源越遠/近，傳導(的速度)越慢/快 2.當蠟(湯匙)離火源越遠/近，(蠟)熔化會越慢/快 3.當越靠近/遠離火源，溫度會越高/低	36	22.64%	41	21.58%
	活動三	在同一燈泡下放置黑布與白布，請問兩者會有什麼差別呢?				
	IC	無	8	5.03%	14	7.37%
	PC	1. 布的顏色越深(黑)/淺(白)，則布越熱/冷 2.包黑/白布的比較熱/冷	12	7.55%	14	7.37%
	C	當布的顏色越深(黑)/淺(白)，溫度會越高/低	20	12.58%	20	10.53%
	活動四	如何讓 100 毫升的水在陽光下可以溫度上升最多?				
IC	鏡子反光(放大鏡)不會變熱(讓水溫上升)	4	2.52%	4	2.11%	
PC	1.不同材質溫度上升不同，金屬傳播熱(吸熱)快 2.太陽會使水溫度上升 3.石頭無法使水溫上升 4.放的位置和時間長短會影響溫度變化	32	20.13%	23	12.11%	
C	1.深(黑)色的布可以讓水溫度上升較快 2.在太陽下曬得越久，則水的溫度會上升得越快 3.用金屬(鐵鋼)杯裝水置於太陽下，吸熱較快，水溫會比較熱 4.放大鏡照(燒)得越久，水的溫度就越高(上升較快) 5.鏡子反射熱越多，水則會變熱	3	1.89%	20	10.53%	

活動五	如何讓 0°C 的冰溫度上升最慢?				
IC	1.冰淇淋不會融化(較慢融化) 2.用水加冰塊比較冰 3.金屬碗有保冰效果(不容易融化) 4.加了水會讓冰融化 5.讓冷空氣循環，冰不會太快融化	24	15.09%	11	5.79%
PC	1.保麗容(保冷袋)能保溫(不易融化) 2.樹下比較慢融化/放在太陽下溫度會上升 3.有放冰塊(放進冷凍庫)所以冰溫度上升較少(較能維持低溫) 4.鹽能使冰棒溫度變冰 5.冰用報紙包好比較冰(不易融化) 6.白色的融化速度比較慢 7.防止熱對流	15	9.43%	32	16.84%
C	1.容器的材質和冰塊的多寡會影響冰融化的速度 2.冰棒比在自己溫度低的地方不會融化	1	0.63%	4	2.11%
total		159	100.00%	190	100.00%



附件六 科學推理質性資料

星星

活動一:恆星的亮度成因					
pre-Q	哪些原因造成天空中的星星看起來不一樣亮呢?原因是?	活動前		活動後	
post-Q		N	%	N	%
推理層級	items	N	%	N	%
N	1.我不知道、我忘記了。	2	1.18%	1	0.40%
G	1.距離不一樣	41	24.26%	19	7.60%
EL	1.本身亮度(星等)不一樣	5	2.96%	9	3.60%
	2.本身能量不一樣	29	17.16%	49	19.60%
	2.能量(電池數量)越多(少)越亮(暗)				
	3.星星與地球的相對距離不一樣	11	6.51%	32	12.80%
	3.距離越近越亮,距離越遠越暗				
活動二:恆星顏色不一之成因					
pre-Q	為什麼天空中的星星有不同的顏色呢?原因是?	活動前		活動後	
post-Q		N	%	N	%
推理層級	items	N	%	N	%
N	1.我不知道、我忘記了。	5	2.96%	4	1.82%
G	1.溫度不同	44	26.04%	6	2.73%
EL	1.星星的顏色跟溫度有關係	1	0.59%	50	22.73%
	1.星星的顏色越藍白(紅),表示溫度就越高(低)				
活動三:恆星運行之相對運動					
pre-Q	星星一年四季都在天空中固定的位置出現嗎?理由是什麼?	活動前		活動後	
post-Q		N	%	N	%
推理層級	items	N	%	N	%
N	1.我不知道、我忘記了。	7	4.14%	1	0.45%
G	1.星星不會動,是地球在轉動	9	5.33%	6	2.73%
	1.星星看起來會動,因為地球會轉動				
EL	1.星星不會動,是地球在自轉	15	8.88%	43	19.55%
	1.星星看起來會動,因為地球會自轉				
	1.星星與地球的相對運動,所以星星看起來會動				
總計		169	100%	220	100%

聲音高低

活動二:吹直笛發出高低聲音之原因					
pre-Q	直笛為什麼可以發出高低不同之聲音?	活動前		活動後	
post-Q					
推理層級	items	N	%	N	%
N	1.我不知道、我忘記了。	15	6.73%	7	2.77%
G	1.直笛有洞	13	5.83%	28	11.07%
	1.按住不同高低位置的洞				
	2.直笛的長短不同	0	0.00%	1	0.40%
	3.空氣的振動	5	2.24%	2	0.79%
EL	1.空氣柱的高低(長短)不同	18	8.07%	18	7.11%
	1.空氣柱越長聲音越低，越短聲音越高				
J	1.空氣柱長短不同，導致振動速度不同	0	0.00%	4	1.58%
	1.空氣柱越短(長)，振動越快(慢)，聲音越高(低)				
活動三:口琴發出高低聲音之原因					
pre-Q	為什麼口琴可以吹出高低不同之聲音?	活動前		活動後	
post-Q					
推理層級	items	N	%	N	%
N	1.我不知道、我忘記了。	31	13.90%	31	12.25%
G	1.吹的位置不同	25	11.21%	0	0.00%
EL	1.簧片長短不同，讓聲音高低不同	2	0.90%	10	3.95%
	1.簧片越短(長)，聲音越高(低)				
	2.每一個洞的結構不一樣	1	0.45%	0	0.00%
J	1.簧片長短不同，導致振動的速度不同，因此聲音高低不同	0	0.00%	20	7.91%
	1.簧片越短(長)，振動越快(慢)，聲音越高(低)				
活動四:彈吉他發出高低聲音之原因					
pre-Q	請問怎樣可以讓吉他發出高低不同之聲音?為什麼?	活動前		活動後	
post-Q		造成吉他聲音高低不同的原因是什麼?			
推理層級	items	N	%	N	%
N	1.我不知道、我忘記了。	6	2.69%	1	0.40%
G	1.按住弦的位置不同	8	3.59%	0	0.00%
	2.調整調音鈕	1	0.45%	0	0.00%
EL	1.改變弦的鬆緊，所以聲音高低不同	27	12.11%	29	11.46%
	1.弦越鬆(緊)，聲音越低(高)				
	2.改變弦的長短，所以聲音高低不同	5	2.24%	24	9.49%
	2.弦越長(短)，聲音越低(高)				
	3.改變弦的粗細，所以聲音高低不同	7	3.14%	29	11.46%

	3.弦越粗(細), 聲音越低(高)				
J	1.改變弦的鬆緊, 導致振動的速度不同, 所以聲音高低不同	3	1.35%	3	1.19%
	2.改變弦的長短, 導致振動的速度不同, 所以聲音高低不同	1	0.45%	13	5.14%
	3.改變弦的粗細, 導致振動的速度不同, 所以聲音高低不同	2	0.90%	6	2.37%
	4.弦振動越快(慢), 聲音越高(低)	3	1.35%	15	5.93%
活動五:不同水位發出高低聲音之原因					
pre-Q	試管內水的高低與聲音高低有關係嗎?為什麼?	活動前		活動後	
post-Q					
推理層級	items	N	%	N	%
N	1.我不知道、我忘記了。	11	4.93%	2	0.79%
G	1.水的高度不同	39	17.49%	1	0.40%
	1.水越高(低), 聲音越低(高)				
EL	1.水的高低不同, 導致振動的速度不同, 所以聲音高低不同	0	0.00%	9	3.56%
	1.水越低(高), 水振動的速度越快(慢), 聲音越高(低)				
總計		223	100%	253	100%

熱傳播方式

活動一:熱傳導					
pre-Q	不同位置上蠟熔化的順序跟什麼有關?	活動前		活動後	
post-Q					
推理層級	items	N	%	N	%
N	1.我不知道、我忘記了。	19	5.57%	15	4.85%
G	1.在火(源)上方的會先熔化	32	9.38%	8	2.59%
	1.離火(源)越近的地方越先熔化				
	1.離火(源)越近的地方越熱				
	1.點火的位置(火源的位置或是距離)不同				
EL	1.越接近火(源)的地方, 溫度越高, 所以會先熔化	6	1.76%	10	3.24%
	2.越接近火(源)的地方, 熱傳導越快, 所以會先熔化	6	1.76%	43	13.92%
	2.熱傳導的速度不同				
	2.熱傳導是由高溫到低溫				
活動二:熱對流					
pre-Q	將冷水和熱水混合後會發生什麼樣的現象?	活動前		活動後	
post-Q					
推理層級	items	N	%	N	%
N	1.我不知道、我忘記了。	23	6.74%	45	14.56%
G	1.熱(水)會向上升	34	9.97%	3	0.97%

	1.冷(水)會向下降				
	1.冷水和熱水會混合在一起，變成溫水				
EL	1.熱水會向上對流	6	1.76%	8	2.59%
	1.冷水會向下對流				
	1.熱水和冷水會互相對流(循環)				
	2.熱水和冷水會互相傳熱，所以水溫會改變(變溫)	0	0.00%	3	0.97%
	2.熱會從高溫到低溫				
活動三:熱輻射					
pre-Q	同一燈泡下放了黑布與白布，會有什麼差別呢?	活動前		活動後	
post-Q	黑色和白色的布(衣服、車子)在陽光下哪一個比較熱呢?原因是?				
推理層級	items	N	%	N	%
N	我不知道、我忘記了。	41	12.02%	38	12.30%
G	1.黑布(色)比較暗，白布(色)比較亮	4	1.17%		
	2.黑布(色)比較熱，白布(色)比較不熱	3	0.88%		
EL	1.黑布(色)較會吸熱，所以溫度比較(白布)高	14	4.11%	20	6.47%
	1.顏色越深，越會吸熱				
	1.顏色越深，溫度就越高				
J	1.黑布或黑色吸熱(速度)較快，溫度較高	0	0.00%	4	1.29%
	1.顏色越深，吸熱(速度)越快，溫度越高				
活動四:讓物品溫度上升之原因					
pre-Q	哪些方法可以讓水溫上升?	活動前		活動後	
post-Q	陽光下要怎樣可以 100 cc讓水溫上升最多?造成溫度上升的理由是?				
推理層級	items	N	%	N	%
N	我不知道、我忘記了。	20	5.87%	24	7.77%
G	1.放在太陽下	22	6.45%		
	2.用放大鏡照	5	1.47%	1	0.32%
	3.用黑布蓋(包)住容器	6	1.76%	5	1.62%
	3.用鋁箔紙包住容器				
	4.用鐵製容器裝	3	0.88%		
	5.放在火上加熱(煮)	11	3.23%	2	0.65%
	5.放在燙的地板上				
	5.放入熱的石頭				
EL	1.放在太陽下，水會吸熱，使溫度上升			1	0.32%
	2.用放大鏡聚焦陽光把水加熱			2	0.65%
	3.用鏡子來反射陽光把水加熱			3	0.97%
	4.黑布比較容易吸熱，使溫度上升	9	2.64%	10	3.24%
	5.鐵製容器傳導熱速度較快			6	1.94%

J	1.水吸收輻射熱(得到能量)，水溫就會上升	4	1.17%	3	0.97%
	1.黑布較會吸收輻射熱(得到能量)，水溫就會上升				
活動五:保溫					
pre-Q	怎樣可以讓 0°C 的冰溫度上升最慢?	活動前		活動後	
post-Q					
推理層級	items	N	%	N	%
N	我不知道、我忘記了。	23	6.74%	24	7.77%
G	1.放進冰箱(冷凍庫)	21	6.16%	4	1.29%
	1.放在陰涼(冷)的地方(如：北極、樹陰下)				
	1.放入冰塊(冰毛巾)				
	2.放入保麗容(密閉容器)中	16	4.69%	7	2.27%
	2.用報紙(毛巾、抹布)包住				
	2.放在容器中避免空氣進入(接觸空氣)				
	3.在冰上灑鹽巴	6	1.76%	1	0.32%
EL	1.放在密閉容器裡，可以保溫(維持低溫)	6	1.76%	13	4.21%
	1.放在密閉容器裡，可以減少與空氣接觸(熱對流)				
	1.放在保麗容(密閉容器)裡，可以隔熱				
	2.鹽巴會吸熱(降溫)			2	0.65%
	3.減少冰接觸外面的熱，因為吸熱後冰就會融化	1	0.29%		
	4.將冰置於白色容器內，因為白色吸熱效果不佳			4	1.29%
總計		341		309	