

情境問題解決教學對八年級學生的理化概念學習與

問題解決能力之影響

研究生：鄭淑娟

教授：余曉清 博士

國立交通大學教育研究所碩士班

中文摘要

本研究目的在設計一系列情境問題解決教學課程取代傳統實驗教學(食譜式實驗)，並探討不同教學課程對八年級學生的科學學習成就測驗、科學概念建構測驗、科學情境問題解決能力測驗的影響。

參與實驗計畫的班級共有四個班級 (126 名學生)，分成實驗組 (61 人) 與對照組 (65 人)。實驗組學生先接受講述式教學，再接受情境問題解決教學課程，講述式教學的教學時間共 28 節課，實驗課程部分一共有 6 次，每週一次，總共有 12 節課。對照組的學生則先接受講述式教學，再接受傳統的實驗教學課程 (食譜式實驗)。講述式教學的教學時間共 34 節課，實驗課程部分一共有 6 次，每週一次，總共有 6 節課。實驗組與對照組的上課總時數均為 40 節課。整個研究的教學時間為期兩個月。

研究結果顯示，在科學學習成就測驗、科學概念建構測驗、科學情境問題解決能力測驗方面，情境問題解決教學組學生在三種測驗後測、追蹤測的表現均優於傳統實驗教學組，且差異達顯著。此結果顯示情境問題解決教學對促進學習成效與學習的保留效果，都比傳統實驗教學來的好。

在問題解決測驗質性資料的分析結果顯示，實驗組學生在後測與追蹤測提出方法完整與解釋正確的次數與百分比率明顯高於對照組，此結果顯示情境問題解決教學對促進科學解釋與提昇問題解決能力兩方面均有助益，且實驗組的學習成效與保留效果均優於傳統實驗教學。除此之外，實驗組學生提出方法部份完整、解釋不完全正確的次數也明顯高於對照組，此結果顯示，實驗組學生雖然無法提出完整的方法與正確的解釋，但實驗組學生具備較多關於解決問題有關的知識。

在實驗組學生學習單質性資料分析結果顯示，學生平均成績的變化情形在「方法」與「解釋」兩個向度上相似，都是單元一、三、五成績較佳，單元二、四、六成績最差。學生平均成績的變化情形在「實驗設計」與「評估」兩個項度上相似，都是單元一、三、五成績較佳，單元二、四較差，單元六和單元一、三、五之間無顯著差異。學生平均成績的變化情形在「已知」和「評量」兩個向度之間較無完全一致的趨勢。

關鍵詞：科學問題解決能力、情境學習、國中學生

Research of Contextual Problem Solving on 8th Grade Students' Physical Science Learning and Problem Solving Ability

Student: Shu-Chuan Cheng

Advisor: Hsiao-Ching She, Ph.D

National Chiao Tung University, Institute of Education

Abstract

The purpose of this study is to explore the impact of contextualized scientific problem solving on students learning of science in terms of their problem solving ability and scientific concept construction. This study used a quasi-experiment with one factorial design of instructional approaches (problem-solving experiment and traditional experiment). There were 126 junior high school students involved in this study from four intact classes in north part of Taiwan. There were sixty-one students received problem-solving experiment while there were sixty-five students received traditional experiment. All students were given three tests: scientific achievement test, scientific conception two tier test, and contextualized problem-solving test before, after and after six weeks of instruction. The group students who receiving contextualized problem-solving experiment were also collected their problem solving worksheet.

Results indicate that problem-solving experiment group significantly outperformed than to the control group in scientific achievement test, scientific conception two tier test, and contextualized problem-solving test, regardless of immediate effect and retaining effect. Students contextualized problem solving test also were further analyzed through qualitative method which clearly indicated that experimental group students provided greater frequency of higher level problem solutions and scientific explanations across questions.

Regarding to the lab problem solving data, it clearly indicated that students performance for the scales of known knowledge, solutions, explanations, design experiment, evaluation, and assessment do vary across topics, however, we do see pattern of increasing their performance across topics in general.

Key word : contextualized scientific problem-solving, junior high school students

誌 謝

這一本碩士論文的撰寫過程讓我經歷了許多考驗，也讓我獲得了許多意料之外的成長。我能順利完成研究所階段的學習，真的要感謝太多人的教誨與幫助。

論文能夠順利完成，首先要感謝指導教授余曉清老師。感謝老師這一段時間給予的指導與鼓勵，讓我有信心重新面對一度想放棄的論文研究。感謝老師不分日夜地指引研究方向和批改論文，讓我有機會如期完成論文。

感謝楊文宗老師與張秀激老師在論文教學課程設計上給予的建議，讓我有機會見識到資深老師的功力。感謝口試委員張文華教授、林淑嫻教授、段曉林教授給予這份論文精闢的見解與寶貴的建議，使得這份論文能夠更為完整。感謝陳錫琛老師、柯淑惠老師與丁月雪老師在承擔著教學進度的壓力下，提供教學班級讓我進行論文研究。

接下來感謝共同努力的科教組的莉郁、梅香與筱嵐，因為有你們的陪伴，口試的緊張減輕不少。感謝研究助理思瑋與佩樺提供許多繁瑣事務上的協助。感謝所辦的嘉凌姊、佩萱姊、雅怡姊在公務上的協助，讓我能如期完成論文口試。

最後，感謝父母對我的照顧與包容，提供我衣食無缺的環境讓我能任性地完成碩士學位。

回首過去，感謝所有曾經為我擔心、幫助我與照顧我的人，謝謝你們！願將完成這本論文的喜悅與感動，分享給這段時間陪伴著我的家人、師長與朋友們。因為你們的幫助，這份論文才能夠順利地誕生。



鄭淑娟 謹誌
交通大學教育研究所
民國九十九年七月

目 錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
誌 謝	.....	iii
目 錄	.....	iv
表 目 錄	.....	vi
圖 目 錄	.....	viii
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	.....	5
第三節 研究問題與假說	.....	5
第四節 名詞釋義	.....	6
第五節 研究範圍與限制	.....	7
第二章 文獻探討	.....	8
第一節 問題解決	.....	8
第二節 問題解決的認知歷程	.....	14
第三節 情境認知理論	.....	21
第四節 問題解決相關教學理論	.....	21
第五節 科學問題解決相關研究	.....	22
第三章 研究方法	.....	25
第一節 研究對象	.....	25
第二節 研究設計	.....	27
第三節 研究流程	.....	28
第四節 研究工具設計	.....	30
第五節 教學設計	.....	36
第六節 資料分析	.....	42
第四章 研究結果與討論	.....	44
第一節 學習成就測驗成效分析	.....	44
第二節 概念建構測驗成效分析	.....	46
第三節 問題解決測驗成效分析	.....	47
第四節 學習歷程分析	.....	71
第五章 結論與建議	.....	76
第一節 結論	.....	76
第二節 建議	.....	79
參考文獻	.....	81
附 錄	.....	86
附錄一 科學學習成就測驗題本	.....	86

附錄二	科學概念建構測驗題本·····	90
附錄三	科學情境問題解決測驗題本·····	98
附錄四	情境問題解決課程學習單·····	112
附錄五	科學情境問題解決實驗與傳統實驗教學內容對照表·····	137



表目錄

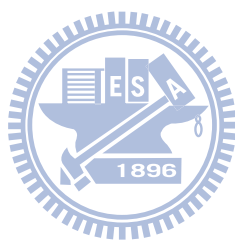
表2-1-1	問題解決種類與問題特性	9
表2-1-2	影響問題解決之相關因素比較	13
表2-2-1	問題解決歷程表	18
表3-1-1	研究樣本人數分佈	25
表3-1-2	實驗組與對照組學生各項成績描述性統計	26
表3-1-3	實驗組、對照組學生自然科學業成績差異檢定摘要	26
表3-1-4	實驗組、對照組學生學習成就測驗前測差異檢定摘要	26
表3-1-5	實驗組、對照組學生概念建構測驗前測差異檢定摘要	26
表3-1-6	實驗組、對照組學生問題解決測驗前測差異檢定摘要	26
表3-4-1	學習成就測驗內容細目表	31
表3-4-2	科學情境問題解決能力測驗架構	32
表3-4-3	科學情境問題解決能力測驗評分方式範例	36
表3-5-1	情境問題解決教學課程提供情境問題活動內容說明	37
表3-5-2	情境問題解決教學課程已知活動內容說明	37
表3-5-3	情境問題解決教學課程方法活動內容說明	38
表3-5-4	情境問題解決教學課程解釋活動內容說明	38
表3-5-5	情境問題解決教學課程實驗設計活動內容說明	39
表3-5-6	情境問題解決教學課程評量活動內容說明	39
表3-5-7	情境問題解決教學課程評估活動內容說明	39
表3-5-8	情境問題解決教學課程全班討論活動內容說明	40
表3-5-9	教學課程比較表	42
表4-1-1	「不同教學課程」對學習成就測驗之t檢定	44
表4-1-2	教學課程對學習成就測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析	45
表4-1-3	教學課程對學習成就測驗後測及追蹤測之主要效果摘要表	45
表4-2-1	「不同教學課程」對概念建構測驗之t檢定	46
表4-2-2	教學課程對概念建構測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析	47
表4-2-3	教學課程對概念建構測驗後測及追蹤測之主要效果摘要表	47
表4-3-1	「不同教學課程」對問題解決測驗之t檢定	48
表4-3-2	教學課程對問題解決測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析	48
表4-3-3	教學課程對問題解決測驗後測及追蹤測之主要效果摘要表	49
表4-3-4	學習成就測驗、概念建構測驗與問題解決測驗之前測、後測、追蹤測間的相關係數表	49
表4-3-5	問題解決測驗之前測、後測、追蹤測的逐步迴歸摘要表	51

表4-3-6	實驗組學生問題解決測驗之前、後、追蹤測的逐步迴歸摘要表…	53
表4-3-7	不同教學課程學生針對問題一提出方法的次數與百分率之敘述性統計……	55
表4-3-8	不同教學課程學生針對問題一提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計……	56
表4-3-9	不同教學課程學生針對問題二提出方法的次數與百分率之敘述性統計……	58
表4-3-10	不同教學課程學生針對問題二提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計……	58
表4-3-11	不同教學課程學生針對問題三提出方法的次數與百分率之敘述性統計……	60
表4-3-12	不同教學課程學生針對問題三提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計……	61
表4-3-13	不同教學課程學生針對問題四提出方法的次數與百分率之敘述性統計……	63
表4-3-14	不同教學課程學生針對問題四提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計……	63
表4-3-15	不同教學課程學生針對問題五提出方法的次數與百分率之敘述性統計……	65
表4-3-16	不同教學課程學生針對問題五提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計……	66
表4-3-17	不同教學課程學生針對問題六提出方法的次數與百分率之敘述性統計……	68
表4-3-18	不同教學課程學生針對問題六提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計……	69
表4-4-1	情境問題解決教學課程下各單元「總分」之重複量數分析……	71
表4-4-2	不同學習單元之各階段間重複量數分析摘要表……	72

圖目錄

圖2-1-1	問題解決能力與各種思考能力之關係	11
圖2-2-1	問題解決循環模式圖	16
圖2-2-2	本研究情境問題解決課程的六個向度	20
圖3-2-1	研究架構圖	27
圖3-3-1	研究流程圖	29
圖3-4-1	情境問題範例	32
圖3-4-2	已知向度範例	32
圖3-4-3	解釋向度範例	33
圖3-4-4	方法向度範例	33
圖3-4-5	實驗設計向度範例	34
圖3-4-6	評估策略向度範例	35
圖3-5-1	情境問題解決教學課程	40
圖4-3-1	問題一方法完整的百分比	57
圖4-3-2	問題一方法部份完整的百分比	57
圖4-3-3	問題一解釋正確的百分比	57
圖4-3-4	問題一解釋部份正確的百分比	57
圖4-3-5	問題二方法完整的百分比	59
圖4-3-6	問題二方法部份完整的百分比	59
圖4-3-7	問題二解釋正確的百分比	59
圖4-3-8	問題二解釋部份正確的百分比	59
圖4-3-9	問題三方法完整的百分比	61
圖4-3-10	問題三方法部份完整的百分比	61
圖4-3-11	問題三解釋正確的百分比	62
圖4-3-12	問題三解釋部份正確的百分比	62
圖4-3-13	問題四方法完整的百分比	64
圖4-3-14	問題四方法部份完整的百分比	64
圖4-3-15	問題四解釋正確的百分比	64
圖4-3-16	問題四解釋部份正確的百分比	64
圖4-3-17	問題五方法完整的百分比	67
圖4-3-18	問題五方法部份完整的百分比	67
圖4-3-19	問題五解釋正確的百分比	67
圖4-3-20	問題五解釋部份正確的百分比	67
圖4-3-21	問題六方法完整的百分比	69
圖4-3-22	問題六方法部份完整的百分比	69
圖4-3-23	問題六解釋正確的百分比	70
圖4-3-24	問題六解釋部份正確的百分比	70

圖4-4-1 學習單不同單元各個向度之間的比較圖..... 74



第一章 緒 論

本章旨在說明本研究之研究背景和研究動機、研究目的、研究問題與假說、名辭釋義、研究範圍與研究限制。

第一節 研究背景與研究動機

為了解決生活中的糧食問題，人類生活型態從採集、狩獵演化到漁獵、農耕；為了解決保暖問題，人類的衣料從動物毛皮的單一來源轉換到棉、麻、蠶絲、合成纖維……等多樣化的來源；為了解決行的問題，人類的交通工具從雙腳轉變到動物代步再轉變到腳踏車、汽車、飛機等機械交通工具代步。為了說明燃燒現象，法國科學家史塔耳（Sthal）提出了「燃素說」，雖然燃素說可以直觀地說明燃燒現象，但此學說無法解釋金屬物質燃燒後質量變重的問題，因此，法國科學家拉瓦節（Lavoisier）提出了取代「燃素說」的「氧化理論」。為了解釋天體的運行，希臘天文學家托勒密提出了「地心說」（地不動，日、月、星皆繞地而動），雖然地心說可以直觀地解釋太陽、月球、與地球之間的運動關係，但此學說無法準確解釋太陽、地球與其他星球間的相互運動關係，因此，波蘭科學家哥白尼提出了取代「地心說」的「日心說」（日不動，地、月、星皆繞地而動）。上述的歷史告訴我們：權威的說法不一定永遠就是對的，而當一項學說有了確切的反證，此時，我們就要有毅然放棄的決心和勇氣，並大膽的去尋求其它更合理的解決方法和解釋方法。倘若一味抱殘守缺，只會徒然妨礙科學進步，並不是正確的科學態度。

翻開人類文明與科學發展的歷史，不難發現文明與科學的發展皆起源於人類為解決生活中遇到的種種困難所產生出來的智慧結晶。人類的智識乃是從無數的嘗試與錯誤中，逐步修正改進，慢慢累積起來的。科學知識既然是從發現問題、遭遇困難、試圖解決的過程中累積而來，學生學習科學的過程也就不應該只注重科學知識的記憶，而忽略了科學知識創造的過程和解決問題的功能。知識存在的價值在於可用來解決人類遭遇的問題。從科學的發展觀點來看，科學知識的起源來自科學家對生活遭遇問題的解決方法的累積，因此，科學知識落實於日常生活的重要性不言可喻。然而，現今學校提供的知識常抽離於生活情境與問題之外，學生往往記憶了許多科學知識卻不知如何運用，使得這些科學知識變成「僵化的科學知識」。這種僵化的學習方式完全違背了我們讓學生學習科學的目的，相信也不是推行科學教育的教學者所樂見的學習結果。為了避免學生的學習成果只是零碎的科學知識的片段記憶，身為科學教育的教學者必須在學生的學習過程中提供適當的情境與問題，讓學生有機會在解決問題過程中，學習自我整合知識，成為一個主動的學習者與知識建構者。

研究者也曾在教學現場中察覺：若只以背誦的方式學習科學知識、以食譜式的實驗操作方式進行實驗活動，學生將無法有效地將所學的科學知識運用在生活情境中。因為人類的思考活動發生在文化脈絡裡，思考活動具有實用化、情境的

特性 (Suchmon, 1987) , 因此, 知識的理解與應用必須在適當的情境中進行, 知識才能產生意義 (Brown, Collins & Duguid, 1989) 。同理, 科學教學者在進行科學教學活動時, 應將科學學習與生活情境結合, 讓學生從問題出發進行學習。Papert (1996) 曾經指出記憶與練習雖然仍是運用知識的基本方式, 但在情境脈絡中培養的問題解決能力才是學習者終身學習以獲得新知的基礎, 也是學習者將知識長久保存在長期記憶中的利器。

為了推動教育改革工作, 教育部在2000年頒布了《國民中小學九年一貫課程綱要》, 在該文中對「自然與生活科技學習領域」的「基本理念」作了以下的說明(教育部, 2000) : 學習科學, 讓我們學會如何去進行探究活動: 學會觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判, 也培養出批判、創造等各種能力。特別是以實驗或實地觀察的方式去進行學習, 使我們獲得處理事務、解決問題的能力, 也瞭解到探究過程中細心、耐心與切實的重要性(p. 335)。

由上述文章可知, 要培養學生的問題解決能力, 在教學方面, 教師應該以學生生活活動為主體, 依照問題解決步驟引導學生進行科學探究; 在教學活動的設計方面, 教師應該以問題解決策略為核心, 讓學習者學習已知、蒐集有關資訊、擬訂解決方案、選定及執行解決方案、評鑑與改進方案等解決問題的步驟。

另外, 教育部與國家科學委員會在 2002 年底召開全國第一次科學教育會議, 會議中清楚點明我國各級學校科學教育現況所存在的許多問題 (教育部, 2002) : 升學考試壓力使然, 中小學的科學教育忽略了創造力、科學態度的培養及探究能力等多元化的評量, 低成就學生放棄學習而使我國各項國際性的學習成就評量結果呈現雙峰化的曲線 (p. 9)。

由上述文章可知, 低成就學生科學學習成效低落已經成為目前我國中小學科學教育的重要隱憂。若想要改善上述的狀況, 科學教師在教學方式及教學評量上都必須有所革新。首先, 教師應避免科學教學成為「灌輸知識」的教學活動, 並且把「培養學生的探究能力」視為科學教學的重要目標之一。唯有如此, 當學生面臨生活上與科學有關的問題時, 學生才能運用探究能力及所學過的科學知識概念、提出假設、設計實驗或收集數據的步驟, 以便做出明智的決定或解決問題。然而現行的中小學自然科課本或教材中的實驗部分, 器材、藥品及實驗步驟往往一應俱全, 學生唯一的工作就是機械式地執行實驗, 如同操作食譜般地遵照課本規定的步驟去「驗證」結果。這樣的學習方式使得我國學生普遍缺乏訓練「提出假設」及「設計實驗」等高層次問題解決能力的機會, 而這些高層次的問題解決能力正是國外先進國家學生普遍具有的 (教育部, 2002) 。未來如何改善低成就學生的學習情況, 並將這些問題解決能力的培養融入課程及教學之中, 是我國目前科學教學極待解決的問題。

綜合上述的《國民中小學九年一貫課程綱要》 (教育部, 2000) 和全國第一次科學教育會議記錄 (教育部, 2002) 的內容, 顯示今後我國科學教學與科學學習強調的重點應著重在以「科學探究」為學習活動、以「問題解決」為學習核心, 讓學生在學習的過程中能夠敏銳地洞察問題、發現自我知識體系不足、缺漏、遺

失及不一致之處，並能夠確認困難、尋求解答、進行猜測、或者形成假說並盡可能地修正且檢驗它們，最後，能夠與他人交流結果。而目前我國中小學的科學教育環境普遍缺乏理想的探究學習情境，因而也阻礙了學生的科學探究能力與問題解決能力的發展。

因此，科學教育工作者現階段最迫切需要思考的重點是：「如何營造一個適合學生進行問題解決的學習環境？」、「如何在問題解決過程中淬煉學生的批判思考能力、創造力與推理能力？」、「如何在問題解決結果的交流中鼓勵學生論證與表達的能力？」、「如何激發學生在問題解決的過程中思索問題和解決問題？」、「如何評量學生的問題解決學習過程？」等議題，而本研究擬設計一套問題解決教學課程來解決上述問題。在營造合適的學習環境方面，研究者希望能營造一個具有多種變因的真實學習環境，讓學生在一個開放且真實的環境裡進行科學學習；在學習活動設計方面，研究者希望能提供學生一個具有多個變因、多種解決方法與非單一結果的學習事件（問題），讓學生在解決問題的過程中淬煉學生的批判思考能力、創造力與推理能力；在教學設計方面，研究者希望能提供一套問題解決步驟作為教學鷹架，讓學生按照問題解決的步驟去思索問題與解決問題；在評量方面，研究者希望以簡答題形式的問題解決測驗與學習單來評量學生的問題解決能力，讓學生可以使用更多元的方式來展現他的問題解決能力。

近年來，建構主義已逐漸成為一股科學教育改革的主流思想。在學習觀點方面，建構主義認為學習是學習者主動建構自己知識經驗的過程，透過新經驗與原有知識經驗的相互作用而不斷充實、豐富和改造自己已有知識體系。換言之，學生的學習過程是在教師創設的情境下利用已有的知識和經驗，主動探索，積極交流，從而建立新的認知結構的過程。在教學課程方面，建構主義提倡「問題解決教學課程」，讓學生透過同儕合作，找出問題解決之道，並分享問題解決的過程和結果。在此種教學課程裡，學生是學習的主體，教師是協助者；教師安排各種學習情境，引導學生主動建構知識；教師透過重複學習、實驗、討論及認知衝突等方式，引導學生消除迷思概念，讓學生建立一個可以被自我認同的科學概念體系。其次，此模式不但可以培養學生對問題的意識能力，還可以鼓勵、引導學生從多角度、多層面地深入探索問題，用疑問開啟學生思維的心扉，啟迪學生智慧，幫助他們不斷挑戰自我，挑戰極限，享受到探索問題給自己所帶來的快樂，更進一步在探索問題的過程中，將知識的理解引向更深一層的思考層次。最後，此教學課程可以激發學習興趣，激活求知慾望，培養創造性思維能力，使他們在發現問題、探索問題及解決問題的過程中不斷獲取知識、鞏固知識(Wheatley, 1991)。

不論是美國科學促進會提出的2061計畫，或是我國的九年一貫自然與生活科技領域課程，皆把「培養全民具有科學素養」列為科學教育的主要目標之一。素養」蘊涵於內，即為知識、見解與觀念；表現於外，即為能力、技術與態度(教育部, 2000)。一般所稱的科學素養包含認知、情意、科學過程技能等三方面的素養(Welch, 1985)。自然與生活科技課程綱將「科學素養」的內涵分成「科學過程技能」、「科學與技術認知」、「科學本質的體認」、「對科技發展的瞭解」、「科

學態度」、「思考智能」、「科學應用」及「設計與製造」等八個主要項目來陳述。「科學過程技能」項目中的「能由不同的角度或方法做觀察」、「能在執行實驗時，操控變因，並評估『不變量』假設成立的範圍」、「藉由資料、情境傳來的訊息，形成可試驗的假設」、「由圖表、報告中解讀資料，了解資料具有的內涵性質」、「將研究的內容作有條理的、科學性的陳述」……等能力與問題解決教學的內涵相符；「科學與技術認知」項目中的「由情境中發現問題、提出解決問題的策略、規劃及設計解決問題的流程，經由觀察、實驗，或種植、搜尋等科學探討的過程獲得資料，做變量與應變量之間相應關係的研判，並對自己的研究成果，做科學性的描述」、「由探究的活動，嫻熟科學探討的方法，並經由實作過程獲得科學知識和技能」等能力與問題解決教學的內涵相符；「科學本質(的體認)」項目中的「體會科學是經由探究、驗證獲得的知識」、「察覺科學探究的活動並不一定要遵循固定的程序，但其中通常包括蒐集相關證據、邏輯推論、及運用想像來構思假說和解釋數據」……等能力與問題解決教學的內涵相符；「科學態度」項目中的「能由探討活動獲得發現和新的認知，培養出信心及樂趣」、「對科學及科學學習的價值，持正向態度」、「能依據自己所理解的知識，做最佳抉擇」、「知道細心的觀察以及嚴謹的思辨，才能獲得可信的知識」……等能力與問題解決教學的內涵相符；「思考智能」項目中的「在同類事件，但由不同來源的資料中，彙整出一通則性」、「依現有理論，運用演繹推理，推斷應發生的事」、「能設計實驗來驗證假設」……等能力與問題解決教學的內涵相符；「科學應用」項目中的「察覺每日生活活動中運用到許多相關的科學概念」、「運用科學方法去解決日常生活的問題」、「在處理問題時，能分工執掌、操控變因，做流程規劃，有計畫的進行操作」……等能力與問題解決教學的內涵相符；「設計與製造」項目中的「了解設計的可用資源與分析工作」、「設計解決問題的步驟」……等能力與問題解決教學的內涵相符。由上述說明可知，問題解決的教學內涵可以廣泛且多方面地提昇學生的科學素養，因此，在科學教學中融入問題解決教學將是未來科學教學的重要趨勢。

PISA國際評量測驗的目的為評量學生的問題解決能力，PISA於2007年公布的測驗結果顯示我國學生在「科學」領域的平均成績為國際第四名。若以試題屬性來分，我國學生科學素養的三項主要能力「解釋科學現象」排名第三名、「科學論證」排名第九名、「形成科學議題」排名第十七名。由上述PISA測驗的結果得知我國學生的問題解決能力仍有進步的空間。除了總排名外，PISA將各國學生表現依得分由低至高分為七級，Level 3-6者為較高素養，Level 2以下者為較低素養。在「科學學科」方面，我國受測學生達到較高素養者有69.8%，列為較低素養者有30.8%。此項結果顯示我國學生科學素養偏低者略多，教師未來在進行科學教學時，不可忽略科學素養偏低學生的學習權益。

本研究擬結合問題解決相關理論，設計一套「情境問題解決教學」，以問題為起點，提供學習者一個真實性的學習情境，讓學習者有機會實際運用所學過的科學知識去解決問題，並將解決問題過程中所獲得的新知識融入自己原有的知識

架構中，形成一種帶得走的能力。

第二節 研究目的

為培養具有獨立思考與問題解決能力的學生，本研究以「情境問題解決教學」（簡稱問題解決教學）為教學活動，希望藉此教學活動提昇學生科學學習成效與解決真實情境問題的能力。綜合以上所述之研究背景、研究動機，本研究的詳細研究目的如下：

- 一、探討不同教學課程（實驗組、對照組）對學生科學學習成就測驗（簡稱學習成就測驗）之影響。
- 二、探討不同教學課程（實驗組、對照組）對學生科學概念建構測驗（簡稱概念建構測驗）之影響。
- 三、探討不同教學課程（實驗組、對照組）對學生科學情境問題解決能力測驗（簡稱問題解決測驗）之影響。
- 四、探討學習成就測驗、概念建構測驗對問題解決測驗的解釋力。
- 五、以問題解決測驗為質性資料來源，探討不同教學課程（實驗組、對照組）學生提出方法和解釋的能力的影響。
- 六、以實驗組學生的科學情境問題解決學習單（簡稱學習單）為質性資料來源，探討「情境問題解決教學」的學生在「單元總分」與問題解決各個向度的表現情形。

第三節 研究問題與假說

基於上述的研究動機與目的，本研究的研究問題與假說如下：

- 一、不同教學課程對學生科學學習成就測驗的影響有何差異？
 - 1-1 不同教學課程對學生的學習成就測驗成績（後測、追蹤測）達顯著差異。
- 二、不同教學課程對學生概念建構測驗的影響有何差異？
 - 2-1 不同教學課程對學生的科學概念建構測驗成績（後測、追蹤測）達顯著差異。
- 三、不同教學課程對學生問題解決測驗的影響有何差異？
 - 3-1 不同教學課程對學生的問題解決測驗成績（後測、追蹤測）達顯著差異。
- 四、學習成就測驗、概念建構測驗對問題解決測驗的解釋力為何？
 - 4-1 學習成就測驗前測、概念建構測驗前測對問題解決測驗前測具有解釋力。
 - 4-2 學習成就測驗後測、概念建構測驗後測對問題解決測驗後測具有解釋力。
 - 4-3 學習成就測驗追蹤測、概念建構測驗追蹤測對問題解決測驗追蹤測具有解釋力。
 - 4-4 學習成就測驗後測、概念建構測驗後測對問題解決測驗追蹤測具有解釋力。
 - 4-5 學習成就測驗前測、概念建構測驗前測對問題解決測驗後測具有解釋力。
 - 4-6 實驗組學生學習成就測驗前測、概念建構測驗前測對問題解決測驗前測具

有解釋力。

4-7實驗組學生學習成就測驗後測、概念建構測驗後測對問題解決測驗後測具有解釋力。

4-8實驗組學生學習成就測驗追蹤測、概念建構測驗追蹤測對問題解決測驗追蹤測具有解釋力。

4-9實驗組學生學習成就測驗後測、概念建構測驗後測對問題解決測驗追蹤測具有解釋力。

4-10實驗組學生學習成就測驗前測、概念建構測驗前測對問題解決測驗後測具有解釋力。

五、不同教學課程是否對學生提出方法和解釋能力有影響？

5-1不同教學課程對學生提出方法的次數與百分比率有差異。

5-2不同教學課程對學生提出解釋的次數與百分比率有差異。

六、以實驗組學生的學習單進行質性分析，了解學生在不同單元的單元總分是否有不同？學生在不同單元的各個向度的表現是否不同？

6-1單元總分會因學習單元不同而有差異。

6-2已知向度的分數會因學習單元不同而有差異。

6-3方法向度的分數會因學習單元不同而有差異。

6-4解釋向度的分數會因學習單元不同而有差異。

6-5實驗設計向度的分數會因學習單元不同而有差異。

6-6評估策略的分數會因學習單元不同而有差異。

6-7評量策略的分數會因學習單元不同而有差異。

第四節 名詞釋義

本研究相關的主要名詞界定如下：

一、科學情境問題

本研究根據Chi和Glaser(1985)的觀點，將科學情境問題定位為非結構化問題，問題具有兩種以上的解決方法。此外，採用Suchmon (1987)的觀點設計一系列以學生生活情境或實驗情境有關的真實問題，讓學生必須能夠將已經學過的科學知識、技能實際運用於真實情境中，方能使問題獲得解決。

二、科學情境問題解決能力測驗

本研究修改Bransford 與 Stein (1993)、Sternberg (2003) 的問題解決步驟，將科學情境問題解決能力測驗歸納為「已知」、「解釋」、「方法」、「實驗設計」、「評估策略」等五個向度，並依據康軒版八年級自然與生活科技教材設計測驗內容。

三、科學情境問題解決課程

本研究修改Bransford 與 Stein (1993)、Sternberg (2003) 的問題解決步驟，將科學情境問題解決教學歸納為「已知」、「解釋」、「方法」、「實驗設計」、「評估策略」、「評量策略」等六個向度，並依據康軒版八年級自然與生

活科技教材設計學習單內容。

第五節 範圍與限制

本研究為教學與學習之應用性研究，因某些人力、時間、經濟等因素而有以下限制，茲說明如下：

一、研究樣本上的限制

本研究的研究對象是新竹縣某國中二年級的學生（二班實驗組，二班對照組），該校學生編班方式採S形編班，由於考量到研究對象既有的班級編排，故無法做到隨機分派的水準。研究結果若要推論到其他群體，需考慮適合度的問題。

研究教材上的限制

二、本研究的教學內容採用的是康軒版97學年度自然與生活科技課程二下的「氧化」、「氧化還原」、「化學反應速率」、「反應平衡」、「摩擦力」、「液體壓力」等概念，研究結果若要推論到其他領域或其他概念，需審慎衡量適合度的問題。

三、追蹤測施測上的限制

原則上，本研究之追蹤測施測時間均距離教學後約6星期，但由於時間上的限制，本研究完成「摩擦力」、「液體壓力」兩個教學單元後，距離學期結束只剩下3個星期的時間，因此「摩擦力」、「液體壓力」兩個單元的追蹤測時間為4星期、3星期。

四、教學者的限制

由於人力上的限制，課程中講述式教學（非實驗課程）的部分，實驗組或對照組學生皆由原班理化教師進行教學；課程中實驗教學的部分，實驗組學生由本研究的研究者擔任教學者進行教學，而對照組則由另二位原班科學教師擔任實驗室教學工作。

五、教學時間差異上的限制

本研究的實驗課程部分，實驗組接受每週2節課的情境問題解決課程，實驗教學時間共12節課；對照組接受每週1節課的傳統實驗教學（食譜式實驗），實驗教學時間共6節課。

本研究的講述式教學（非實驗課程）的部分，實驗組的正課上課時數為28節課；對照組的正課上課時數為34節課。實驗組與對照組的上課總時數均為40節課，每節課45分鐘。

第二章 文獻探討

本章針對問題解決、問題解決的認知歷程、情境認知理論、問題解決相關教學理論、科學問題解決相關研究等項目依序進行探討。

第一節 問題解決

一、問題

日常生活中，我們常常需要面對不同類型的問題，Wolfinger (1984) 根據美國賓州大學教授Alfke教授的看法，將自然科常見的問題分為「操作性問題」(operational questions) 與「理論性問題」(theoretical questions) 兩大類，解決這兩種問題所需要的努力和操作方式不同，此兩類問題的定義與特性別說明如下：

1. 操作性問題：是一種直接或間接運用科學技能去得到答案的問題，此類問題可讓學生透過觀察、實驗等操作活動來找出問題的答案，學童在操作過程中，可熟悉各種科學過程技能。「操作性問題」：如何減少摩擦力？如何讓反應速率變快？如何改變反映的平衡狀態？如何將元素分類？如何區分出元素的活性大小？如何增加液體的壓力？
2. 理論性問題：是一種問題解決者需要具有較高的理論基礎才能回答的問題，且問題的答案往往是不明確或沒有正確答案的，此類問題可提供學生未來進一步探討研究的議題，因此，「理論性問題」對於學生整體科學素養的培育有非常重要的價值。「理論性問題」例如：恐龍為什麼會滅絕？宇宙如何形成？要不要蓋核能發電廠？

Ritman (1965)、Chi和Glaser (1985) 根據問題的明確程度將問題分為「結構化問題」(well-structured problem)和「非結構化問題」(ill-structured problem)，此兩類問題的定義與特性別說明如下：

1. 結構化問題：又稱為定義明確的問題。此類問題的起始狀態、中間狀態、目標狀態都很清楚，且問題的定義和條件限制明確，具有單一的解題途徑，且問題解決者不會因為外界干擾或時間改變而更動答案。結構化問題例如：需要提供多少卡的熱量才能讓100克的水溫度上升10°C？
2. 非結構化問題：又稱為定義模糊的問題。此類問題的起始狀態、中間狀態、目標狀態皆模糊，且問題的定義廣義且開放，沒有特殊條件限制，問題解決者可能會因外界干擾(情境不同)或時間改變而更動答案。非結構化問題例如：如何蓋一棟好房子？如何在外太空生活？

而Shin, Jonassen和 McGee (2003) 則認為非結構化問題應符合下列特性：1. 設立問題所需的條件未呈現。2. 問題沒有明確的約束條件或是特定目標要達成。3. 問題的解答可能不只一個，或者是沒有一定的標準答案，答案的適切性要從多方面來進行評估。4. 解決問題的方法沒有特定要依循的原理及原則。5. 個體在解決

問題的過程中，常常需要做判斷或是依照個人經驗及信念對題目進行闡述，個體通常沒有特定規則或前例可循。

由上述文獻可知，根據不同的區分方式，不同的學者將「問題」區分為不同種類，本研究將上述各學者對「問題種類與特性」的看法整理成下表2-1-1。將問題依性質作分類，目的在讓學者可以對「人類如何解決問題」這個議題有更深入的了解，但Reitman (1965) 的研究指出，問題解決者在解決問題的思考歷程中付出的努力也會影響問題的歸類。結構化的問題，在某些層面的考量之下，具有定義良好的條件，但在另外某些層面的考量之下，它可能存有開放性的條件，因此，一個問題是否屬於結構化或不完整，關鍵在問題解決者在解決問題的思考歷程中所處的思考位置。不論是「結構化問題」與「非結構化問題」或「操作性問題」與「理論性問題」都存在著相對的關係，不能絕對的劃分。

表2-1-1 問題種類與問題特性

研究者	分類觀點	問題種類	問題特性
Reitman (1965)	1.根據問題的明確程度(初始狀態、目標狀態) 2.問題是否有清楚的解題途徑	結構化問題(定義明確的問題)	1.問題的起始狀態、中間狀態、目標狀態都很清楚，且問題的定義和條件限制明確，具有單一的解題途徑。 2.問題解決者不會因為外界干擾或時間改變而更動答案。
		非結構化問題(定義模糊的問題)	1.問題的起始狀態、中間狀態、目標狀態皆模糊，且問題的定義廣義且開放，沒有特殊條件限制。 2.問題解決者可能會因外界干擾(情境不同)或時間改變而更動答案。
Wolfinger (1984)	解決問題所需要的努力和操作方式	操作性問題	1.可直接或間接運用科學技能去得到答案 2.可讓學生透過觀察、實驗等操作活動來找出問題的答案，學童在操作過程中，可熟悉各種科學過程技能。
		理論性問題	1.問題解決者需要具有較高的理論基礎才能回答的問題，且問題的答案往往是不明確或沒有正確答案的。 2.可提供學生未來進一步探討研究的議題。 3.對於學生整體科學素養的培育有非常重要的價值。

二、問題解決

個體面對問題，找出方法，使問題獲得解決的過程稱為問題解決。D'Zurilla 與 Goldfried (1971) 認為「問題解決」是一種行為歷程，個體在此歷程中尋求各種可用來處理問題的反應，並在這些反應中選擇最有效的途徑，使個體朝問題解決的方向推進。Newell 和 Simon (1972) 認為所謂的「問題解決」，就是在初始狀態到目標之間的問題空間中尋求正確行動的過程。Polya (1981) 認為「問題解決」是一種外顯或認知的行為歷程，這種歷程對問題情境提出各種可能的有效反應，並且從這些可用的選擇中，選出較為有效的反應加以執行。Gagne` (1985) 以認知的心理活動的觀點來定義「問題解決」，他認為「問題解決」是個體將已學過的概念加以規劃、組合，應用來解決問題的過程。Kahney (1986) 也認同以認知的心理活動的觀點來定義「問題解決」，除此之外，他還特別強調情境的限制條件。他認為「問題解決是個體在情境的需求下利用已學過的知識、技能，獲致解答的過程」。Mayer (1992) 認為「問題解決」是從已知敘述到目標敘述的移動過程，問題解決的思考是朝向某種目標的系列運作。

Sternberg (1996) 認為「問題解決」是個體為了獲得解答，利用已經學過的知識、技能去滿足新情境需要的過程。因為新情境對個體而言是陌生且未知的，因此「問題解決」可視為是一種高層次的心理活動。

由上述文獻可知，許多學者對「問題解決」的定義並不完全相同，有的學者是從「行為歷程」觀點對問題解決下定義 (D'Zurilla & Goldfried, 1971)，有的則是從「問題空間」或「認知」的觀點對問題解決下定義 (Newell & Simon, 1972; Gagne`, 1985; Kahney, 1986; Mayer, 1992; Sternberg, 1996)。雖然學者對「問題解決」未有一致的定義，但多數學者都同意將「問題解決」視為是個體的一段內在心理活動的歷程。

三、影響問題解決的因素

Sternberg (1982) 以日常生活情境問題來研究人類的智慧，研究發現一般人(不具有充分智力理論知識) 認為與智慧相關的能力有社會能力、語言能力、實際的問題解決能力等三類，智慧理論的專家們則認為語言能力是智慧的最重要指標，其次是解決問題的能力。我們由Sternberg的研究可以發現：不論研究對象是一般人或智慧理論的專家，他們都一致認同「問題解決能力」都是人類智慧展現的重要指標。

在處理各種問題的事件中，個體在處理歷程所展現的某些共通的特質，我們稱其為「問題解決的能力」。Gagne (1980)認為問題解決是種心智的技能 (Intellectual skill)。Champagne 和Klopfer (1981) 認為「解決問題的能力」是學習科學最重要的經驗和應發展的能力，是科學教育最重要的目標之一。然而，我們在從事問題解決時，有時會感到很順利，有時卻不是如此。個體在解決問題的過程中存在的許多正向與負向的因素，形成問題解決的障礙或助力。

Costa (1984) 認為個體在面對問題時，必須要能掌握腦子裡面的內在語言、夠

評估自己做決定及解決問題的過程，成功地解決問題，而這種個體對問題進行計畫、監控、解決的能力就是後設認知能力。Gagne` (1985) 個體無法利用先前的經驗去解決新情境所遭遇的問題時，個體會嘗試將已學習過的經驗加以回憶進而發現解答，如果個體的先前經驗無法使其在第一時間成功地解決問題，個體為了成功地解決問題而對自我經驗的再回溯會變成高層次的思考，未來可進一步運用於解決相似形式的問題上。

Coles 和 Robinson (1989) 認為問題解決能力是個體從事決定時的心智活動，問題解決能力應該包括創造思考與批判思考，而創造思考與批判思考重疊的部分為推理思考，其問題解決與各種思考能力的示意圖如圖2-1-1。Fisher (1990) 認為批判思考具有分析性質的思考，創造思考具有發散性質的思考，而問題解決是應用性的思考，若想要成功地解決問題必須具有批判思考和創造思考。

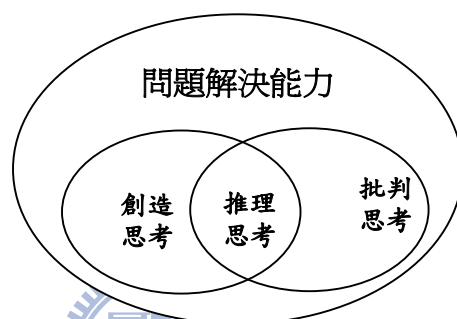


圖2-1-1 問題解決能力與各種思考能力之關係(Coles & Robinson,1989)

Niedelman (1990) 認為學科的先備知識與過程技能是問題解決的兩個重要關鍵能力。美國的2061計畫則認為若要能成功地解決問題，在這個歷程中所要具有的「問題解決的能力」必須包括：必要的知識、技能及態度的成份 (AAAS, 1993)。楊坤原 (1999) 也認為問題解決與科學過程技能有密切的關係。問題解決是一種個體將現有知識重新組合的創造性活動，是一種高層次技能的表現。而學生所具有的概念性、程序性與策略性的知識是問題解決的素材，沒有這些知識作基礎，問題解決很難成功。張俊彥和翁玉華 (2000) 的研究結果發現高一學生地球科學學科的問題解決能力與其科學探究之過程技能呈中度相關，而問題解決高、低能力不同者，其科學過程技能之表現亦有顯著的差異。

而王春展 (1997) 將專家與生手在問題解決過程中的表現進行比較，研究結果發現專家與生手在基模、知識的組織、問題的表徵、解題策略等四個項目上的能力有顯著差異。Sternberg (2003) 也認為問題解決是高層次的心智活動。問題解決是個體將個人對外在世界的認知編碼形成內在表徵，再利用此一內在表徵對外在世界進行了解與探索的過程。表徵是運用符號或心理意象等形式將事物或想法重新表現出來。內在表徵則是一種用以聯繫外在真實世界的內在模式。個體如果能夠將外在訊息編碼形成內在表徵，並對內在表徵進行心理運作，透過表徵、對應、推理等思考能力運作，就可以達到解決問題的目的。Kotovsky、Hayes及Simon(1985) 認為表徵問題的方式會影響問題解決的容易度，如果問題對個體而言較抽象，使

個體不容易形成或使用心理表徵，則個體較不容易解決問題。

Detterman和Sternberg (1993) 認為任何將知識或技能從一個情境轉移到另一個情境的廣泛現象稱為「遷移」(transfer)，遷移有正向或負向之分，負向遷移(negative transfer) 會增加個體解決新問題的困難度，正向遷移(positive transfer) 可以讓個體容易解決新問題。Holyoak和Thagard (1989a；1989b) 認為類比遷移具有推理思考的性質，可以讓個體思考「從先前的知識中學到了什麼？」、「從先前的知識中可以產生何種推論？」等議題，進一步讓個體可以應用某一情境的知識或經驗，遷移到另一種相似的情境，以解決結構特徵相似的問題。此外，Gick和Holyoak (1983) 則認為類比遷移不但可以讓個體將已經知道的知識或概念推廣應用到其他結構特徵相似且難度相同的問題情境；當個體面臨新情境時類比遷移也可以幫助個體將所習得的先備知識加以整合，以完成問題解決。

Smith (1991) 分析多位研究者的研究後，他認為與問題解決相關因素可以分為內在因素及外在因素兩大類。問題解決的內在因素與問題本質及情境有關，問題解決的內在因素包括問題脈絡(problem context)、問題結構(problem structure)、社會因素(social factors)等；問題解決的外在因素與個體對問題表徵能力有關，問題解決的外在因素：情感(affect)、經驗(experience)、學科知識(domain-specific knowledge)、一般性問題解決知識(general problem solving knowledge)、問題解決者的知識的具有適當性、有組織性、易取得性、具整合性及正確性(the problem solver's knowledge must be adequate, organized, accessible, integrated, and accurate)、其他個人特質(other personal characteristics)等。而Jonassen (2000) 也認為問題解決能力應包含問題的本質(nature of problem)、問題表徵(representation)及問題解決者在調解問題過程中的個別差異(individual differences)。

Sternberg (2003) 則是從「阻礙問題解決」的角度探討影響問題解決的因素，他認為有幾個因素會阻礙個體進行問題解決：1.問題具有新奇性(例如：新事物、新規則、新操弄、新知識)之問題；2.問題有較多的規則限制；3.問題具有較複雜的規則限制；4.問題具有反直覺的規則限制。

為了方便對「影響問題解決之相關因素」進行比較與參考，研究者將各學者的看法整理如下表2-1-2，以利研究者比較與參考。由上述文獻及表2-1-2得知，不同學者對「影響問題解決之相關因素」有不同的看法，有的學者強調個體的能力(批判思考、創造思考、推理思考、過程技能、學科知識等)對問題解決的影響，有的學者則強調問題的本質或內涵對問題解決的影響。雖然眾多學者對問題解決的相關因素的看法並不一致，但不能否認的是「問題解決能力」是一種高層次、複雜的、綜合性的思考技能。

表2-1-2 影響問題解決之相關因素比較表

學者	問題解決之相關因素
Costa(1984)	後設認知的能力
Hayesc和Simon (1985)	表徵問題的方式
Gick和Holyoak (1983)	類比遷移
Holyoak和Thagard (1989a; 1989b)	類比遷移
Coles和Robinson (1989)	創造思考、批判思考
Niedelman (1990)	學科的先備知識、過程技能
Fisher (1990)	批判思考、創造思考
Smith (1991)	1.內在因素：問題脈絡、問題結構、社會因素 2.外在因素：情感、經驗、學科知識、一般性問題解決知識、問題解決者的知識的適當性、有組織性、易取得性、具整合性及正確性、其他個人特質
AAAS (1993)	必要的知識、技能、態度
Detterman和Sternberg (1993)	遷移
王春展 (1997)	基模、知識的組織、問題的表徵、解題策略
楊坤原 (1999)	科學過程技能(概念性、程序性與策略性的知識)
Jonassen (2000)	問題的本質、問題表徵、問題解決者在調解問題過程中的個別差異
張俊彥和翁玉華 (2000)	科學探究之過程技能
Sternberg (2003)	1.問題具有新奇性 2.問題有較多的規則限制 3.問題具有較複雜的規則限制 4.問題具有反直覺的規則限制
Sternberg (2003)	內在表徵、對應、推理

四、小結

本研究根據研究需要，在教學課程與測驗工具所使用問題皆較偏向「非結構化問題」與「操作性問題」。本研究所指的問題在獲得答案的方法、問題的性質、問題的特色等方面皆有不同，茲分別敘述如下：1. 在獲得答案的方法方面：本研究所使用問題屬於操作性的科學問題，需要學生透過觀察與實驗操作的方式來獲得解答。2. 在問題的性質方面：本研究所使用問題屬於非結構化性質，每一個問題雖然都有特定的目標要達成，但在呈現問題時，並沒有對問題的約束條件進行嚴格定義，其次，問題具有兩種以上的解決方法，在解決此類問題時，學生往往需要依照個人經驗、信念及原有的科學知識對題目進行闡述，或進行自我判斷以選擇適當的解決方法。3. 在問題的特色方面：本研究所使用問題皆是以學生生活情境或實驗情境所設計真實問題，學生必須能夠將已經學過的知識、技能實際運用於真實情境中，方能使問題獲得解決。

研究者認為「問題解決」是個體為了獲得解答，利用已經學過的知識、技能去滿足新情境需要的過程。因為新情境對個體而言是陌生且未知的，因此「問題解決」可視為是一種高層次的心理活動（Sternberg,1996）。

許多學者對「影響問題解決之相關因素」有不同的看法，研究者根據研究需要，將影響問題解決的因素定為：「已知」、「解釋」、「方法」、「實驗設計」、「評估策略」等五個向度，並根據這五個向度設計問題解決測驗，作為論文的研究工具。此外，研究者因應教學需求，進一步「評估策略」這個向度擴充為「評估策略」、「評量策略」兩個向度，並以「已知」、「解釋」、「方法」、「實驗設計」、「評估策略」、「評量策略」等六個向度作為研發情境問題解決教學的基礎。

第二節 問題解決的認知歷程

「問題解決能力」是一種高層次、複雜的、綜合性的思考能力，如果能從「問題解決歷程」的角度對人類解決問題的行為進行分析，將可以幫助我們更了解「人類如何解決問題」這個議題，以下是多位學者對「問題解決的歷程」提出的不同的模式。

美國著名的教育學者Dewey 是最早以系統化、科學化的運作歷程來分析個體處理問題時的心智活動的學者。Dewey (1910) 認為個體解決問題的歷程應該包括六個階段，其階段名稱與內涵分別敘述如下。

察覺問題：對情境產生認知上的困惑。

定義問題：確認現在狀態和欲達到的理想目標狀態。

發展假設：考量解決問題的限制條件，提出解決的方法。

檢驗假設：檢核每個方法的優、缺點，並評估方法的可行性。

最佳選擇：決定最適當的解決方法。

構思策略：考量限制條件，規畫出可行步驟。

心理學家Wallas (1926) 以心智活動過程的角度去分析個體處理問題的歷程，他將解決問題的心理活動分為四個階段，其階段名稱與內涵分別敘述如下。

- 1.準備期：個體進行問題選擇、背景資料蒐集的工作，接著，採取初步行動。
- 2.醞釀期：當初步行動無法解決問題時，個體將注意力轉移至其它活動上。
- 3.豁朗期：個體靈機一動而獲得答案，亦即頓悟（可稱為啊哈（Aha）！的現象）
- 4.驗證期：個體輕鬆地驗證答案的適切性。

數學大師Polya (1957) 為了提升學生的解題能力，分析學生解決數學問題的行為歷程後，他提出四個步驟來劃分個體解決問題時的行為歷程，並以此步驟作為教學的依據，其步驟名稱與內涵分別敘述如下。

- 1.瞭解問題：問題解決者必須確認「何者是目前自己已經具有的知識？」、「何者是自己未知的知識？」、「哪些運算或操作是可以使用的？」等議題。
換句話說，問題解決者必須具有能將「問題」表徵清楚的能力。
- 2.提出行動計畫：問題解決者必須在已知的訊息與未知的目標之間找出聯結，

並擬定出解決問題的步驟，使問題成為一種目標狀態明確的情況。

- 3.執行計劃：擬定明確的行動計畫後，問題解決者必須執行各種計算或操作，並隨時檢核各個步驟的限制是否被納入考量及正確地被執行。
- 4.回顧：問題解決者重新檢視其所經歷的過程中是否有適當地對待所有已知的訊息，以確保獲得的結果能夠解決問題，並試著反思此次的解決問題的經驗是否有助於解決日後的問題。

研究創造力的學者Parnes受到Osborn (1953) 的影響，在1966年提出了五階段創造性問題解決歷程，這個解題模式通常用來處理開放性問題，其解題步驟包含有發現事實 (fact-finding, FF)、發現問題 (problem-finding, PF)、發現點子 (idea-finding, IF)、發現解答 (solution-finding, SF)、尋求接納 (acceptance finding, AF) 等五個階段。此模式的重大特色是個體在解決問題的每一階段都必須進行擴散性思考 (考量各種可能性，以免遺漏任何可能的答案)，再進行聚斂性思考 (從諸多可能的答案中找出最佳答案) (Parnes,1966)。此模式的五階段名稱與內涵分別敘述如下。

- 1.發現事實：問題解決者必須從「雜亂無章」的事實中分析出已知訊息、蒐集有關問題的資料、進行仔細和客觀地觀察、探究情境中的事實。
- 2.發現問題：問題解決者必須從各種不同的觀點看可能的問題、思索可能的主題、縮小問題的範圍到主要問題、重新以可解決的問題的方式陳述問題。
- 3.發現點子：問題解決者必須產生許多的想法和可能解決問題的方法。
- 4.發現解答：問題解決者必須在數種可能解決問題的方法中選擇最可行的方法、發展評鑑解決方法的標準、應用評鑑標準客觀地去評鑑每一個可能的解決方法、根據已發展的標準來評估可能選擇的解決方法、列舉出可用於聚斂性或擴散性思考的過程的評鑑標準。
- 5.尋求接納：問題解決者必須發展行動計畫、考慮必須接受這個計畫的所有聽眾、針對前面所提出的解決問題的方法徵求共識。

Hacker 和 Barden (1988) 也以個體解決問題時的行為歷程表徵的觀點出發，提出解決問題的六個步驟：確認問題 (Define the problem clearly)、設定目標 (Set goals)、發展解決方案 (Develop alternative solution)、選擇最佳方案 (Select the best solution)、執行最佳方案 (Implement the solution)、評估結果 (Evaluating the Actual Results)。

Mayer (1989) 認為人們在解決問題的過程中，會先試圖將呈現於現實世界中的問題狀態，轉換為內在記憶系統中的符碼，這是一個表徵問題的心理活動，表徵的內容包括問題狀態中的初始狀態、目標狀態及可資利用的行動。再者，為填補初始狀態與目標狀態間的差距，人們勢必得以問題的表徵為基礎，建立及實踐解決問題的計劃。因此，在人類問題解決的過程中，基本上應包括建立問題表徵 (representation) 及尋求解決方案 (solution) 兩種步驟。Mayer (1992) 又引用 Wallas (1926) 對「問題解決」相關的論述，以內省的方式去體會個體獲得問題解答的心理活動過程。他認為人們獲得解答 (即解決問題) 的過程可以分成四個階

段，其階段名稱與內涵分別敘述如下。

- 1.準備期 (preparation)：問題解決者進行察覺問題、認識問題等工作。
- 2.潛伏期 (Incubation)：問題解決者進行相關資料蒐集、假說建構等工作。
- 3.啟明期 (illumination)：問題解決者進行假說確認、解答合理性評估等工作。
- 4.驗證期 (Verification)：問題解決者利用假說來詮釋現象，並將此想法進行試驗或推廣應用，檢驗此想法是否有效。

Bransford 和 Stein (1993) 的問題解決階段則考量了資源分配與監控等階段，他提出的問題解決的七個階段分別是：確認問題 (problem identification)、定義問題 (definition of problem)、建立問題解決的策略 (constructing a strategy for problem solving)、組織跟問題有關的訊息 (organizing information about a problem)、資源分配 (allocation of resources)、監控問題解決 (monitoring problem solving)、評估問題解決的結果 (evaluating problem solving)。

Stanish和Fberle (1997) 則是研究個體處理創造性問題時的行為歷程，他們認為創造性問題解決的歷程可以分成六大階段，此六大階段分別是：發現混亂之處 (mess finding)、蒐集資料 (data finding)、發現問題 (problem finding)、蒐集構想 (idea finding)、尋找對策 (solution finding)、接受構想 (acceptance finding)。Sternberg (1977) 則認為個體在解決問題時有編碼、推論、模比 (mapping)、應用、與反應等五種主要的連續心理活動。因此，在問題解決的行為歷程中包括了：計畫、組織、適應、策略、評估、重述要點等六個步驟。後來，Sternberg (2003) 又以後設認知的觀點為出發點，提出了「問題解決環」的概念，來說明問題解決的歷程，其問題解決循環模式如圖2-2-1所示。Sternberg在2003年提出的問題解決階段的區分方式與Bransford 和 Stein在1993年提出的區分方式相似，但他認為問題解決的程序並不一定會循著固定的方向或順序，較真實的情況是個體會依據問題情境變化與策略應用狀況來對問題解決歷程進行修正。

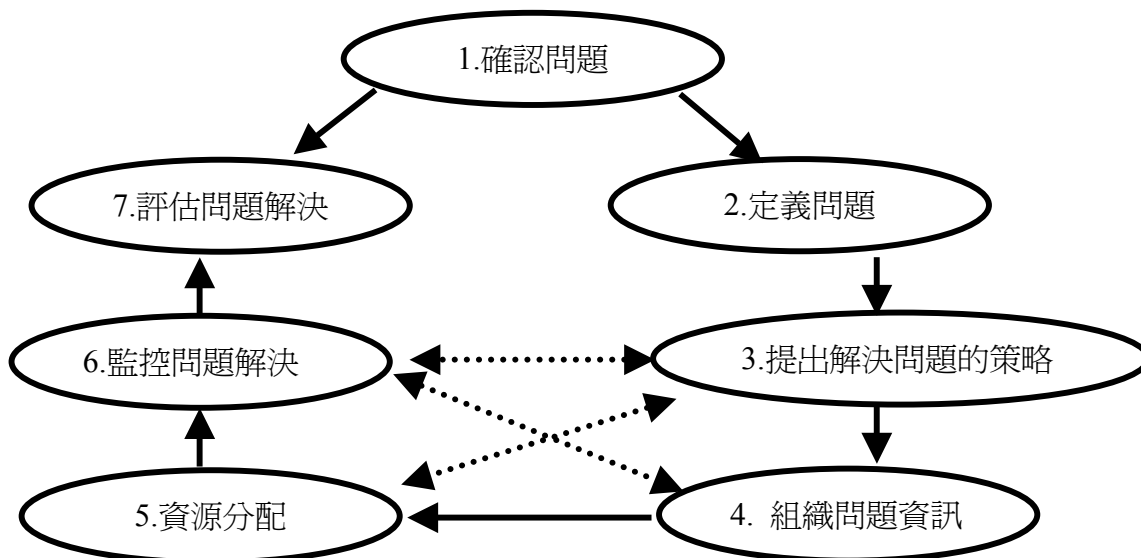


圖2-2-1 問題解決循環模式圖

註：Sternberg, R. J. (2003). *Cognitive Psychology*.

從圖2-2-1的問題解決循環模式可以發現Sternberg (2003) 認為的問題的歷程應該包括七個階段，其階段名稱與內涵分別敘述如下。

確認問題：將問題的性質與條件加以界定，在確認問題情境與個體已經具有的知識之間的關聯。

1. 定義問題：確定問題存在後，對問題進行適當的定義與表徵。個體是否能對問題進行良好的定義與表徵是解決問題的關鍵，而個體定義問題的能力與個體對問題的理解程度有關。
2. 提出解決問題的策略：個體給予問題有效的定義後，下一個階段就是規劃解決問題的方法。個體在這個階段必須使用批判、分析、推理、綜合等思考能力，才能提出各種不同的解決問題的方法。
3. 組織問題的資訊：規劃出解決問題的方法後，接下來個體必須將可用的資訊加以組織，才能將解決方法加以執行。
4. 資源的分配：除了問題本身以外，個體在解決問題時還必須將情境裡的有限資源納入考量，對有限的資源作有效的規劃與分配。
5. 監控：在整個解決問題的歷程中，個體必須對問題的情境變化與策略的應用效果加以檢視與監控，並進行修正。
6. 評估：個體必須能對問題解決的結果加以評鑑，並進一步發現新問題或對問題提出新的定義。

Treffinger, Isaksen與Dorval等人在1994年進一步將創造性問題解決課程課程區分成三成份六階段，其各成份、階段名稱與內涵分別敘述如下。

1. 成分一：了解問題，分成三階段。
 - (1)階段一：發現困惑。問題解決者必須自我定位並選取一個目標、任務、問題。
 - (2)階段二：發現資料。問題解決者必須探索問題或任務的各個面向，決定問題的焦點所在。
 - (3)階段三：發現問題、確定問題。問題解決者必須能夠對問題進行正確敘述，並釐清問題。
2. 成分二：激發點子。
 - (4)階段四：問題解決者必須盡可能地找出各種點子、替代方法、另種解法以及其他新奇或古怪的想法。
3. 成分三：計畫行動。
 - (5)階段五：找出答案。問題解決者必須要能夠釐清各種方法的內涵並發展出一套評價標準，以便評判各種方法的優劣與合適性，進而選取一種最有用的解決方法。
 - (6)階段六：尋求接納。問題解決者必須要能夠運用所選擇的方法，發展出特定的行動計畫，並加以實踐。

由上述的文獻可知，有的學者以「外顯行為」的觀點對「問題解決歷程」進行分析；有的學者則是以「內在心理活動」的觀點分析「問題解決歷程」；有的

學者則兼採兩種。為了方便研究者進行比較與參考的工作，本研究根據觀點不同將上述學者的「問題解決歷程」整理如下表2-2-1。

表2-2-1 問題解決歷程表

觀點	學者	問題解決歷程
外顯行為		
	Dewey (1910)	察覺問題、定義問題、檢驗假設、最佳選擇、構思策略
	Polya (1957)	瞭解問題、提出行動計畫、執行計畫、回顧
	Hacker & Barden (1988)	確認問題、設定目標、發展解決方案、選擇最佳方案、執行最佳方案、評估結果
	Bransford & Stein (1993)	確認問題、定義問題、建立問題解決的策略、組織跟問題有關的訊息、資源分配、監控問題解決、評估問題解決的結果
	Stanish & Fberle (1997)	發現混亂之處、蒐集資料、發現問題、蒐集構想、尋找對策、接受構想
內在心理活動		
	Wallas (1926)	準備期、醞釀期、豁朗期、驗證期
	Parnes (1966)	發現事實、發現問題、發現點子、發現解答、尋求接納
	Mayer (1992)	準備期、潛伏期、啟明期、驗證期
綜合觀點		
	Treffinger, Isaksen & Dorval (1994)	內在心理活動：了解問題、激發點子、計畫行動 外顯行為：發現困惑、發現資料、發現與確定問題、發現點子、找出答案、尋求接納
	Sternberg (1977)	內在心理活動：編碼、推論、模比(mapping)、應用、與反應
	Sternberg (2003)	外顯行為：確認問題、定義問題、提出解決問題的策略、組織問題的資訊、資源的分配、監控問題解決、評估問題解決

以Sternberg (2003) 的問題解決模式循環模式所提的各階段與其他學者的問題解決步驟相比較為例，我們可以發現以下幾個共通點：

1. Sternberg (2003) 的「確認問題」階段內涵與Polya (1957) 的「瞭解問題」、Hacker 和 Barden (1988) 的「確認問題」、Stanish和Fberle (1997) 的「發現混亂之處」、Wallas (1926) 和 Mayer (1992) 的「準備期」等階段相似。
2. Sternberg (2003) 的「定義問題」階段內涵與名稱與多位學者所提出的見解相似(Dewey, 1910；Bransford & Stein, 1993)。
3. Sternberg (2003) 定義的「提出解決問題的策略」階段，其他學者以不同的名詞分述，例如：提出行動計畫(Polya, 1957)、發展解決方案(Hacker & Barden, 1988)、建立問題解決的策略(Bransford & Stein, 1993)、尋找對策(Stanish & Fberle, 1997)、發現點子(Parnes, 1966；Treffinger, Isaksen & Dorval, 1994)。

4.Sternberg (2003) 定義的「組織問題的資訊」、「資源的分配」、「監控」等階段，其內涵與Polya (1957) 的「執行計劃」、Hacker 和 Barden (1988) 的「執行最佳方案」、Bransford和 Stein(1993)的「監控問題解決」、Parnes (1966) 的「發現解答」、Treffinger、Isaksen與Dorval (1994) 的「找出答案」等階段相似。

5.Sternberg (2003) 定義的「評估」階段，其他學者以不同的名稱分述，例如：回顧(Polya,1957)、評估結果(Hacker & Barden ,1988)、接受構想(Stanish & Fberle ,1997)、尋求接納(Parnes,1966; Treffinger,Isaksen & Dorval,1994)。

雖然，許多學者強調問題解決歷程的「發現問題」階段(Dewey,1910;Stanish & Fberle,1997;Parnes,1966; Treffinger,Isaksen & Dorval,1994)，但是，Sternberg (2003) 所提出的問題解決模式並未特別強調此部分。研究者認為「發現問題」階段雖然是所有科學發展的開端，但是，如果沒有厚實的科學背景知識與發現問題的敏銳度，學生不容易在生活情境中發現科學問題，此外，人類解決科學問題的過程是問題解決各個階段不斷循環的動態過程，若能在教學上切實培養學生執行問題解決的各個階段（確認問題、定義問題、提出解決問題的策略、組織問題的資訊、資源的分配、監控問題解決、評估問題解決），自然能夠厚實學生的科學背景知識、提升學生發現科學問題的敏銳度。基於上述理由以及實際教學需求，本研究採用的問題解決階段沒有包含「發現問題階段」。

由上述文獻的整理與比較可知：問題的性質不同，其因應的問題解決策略也有所不同。因此，沒有公認的完整問題解決過程模式，但是從上述多位學者提出的問題解決階段裡，我們仍可發現許多共通之處。多數人在面對問題時，仍會依循一些問題解決的基本步驟來解決問題。因此，本研究決定參考上述學者的研究，並依據教學實際狀況，發展一個簡潔且具代表性的問題解決課程程序，作為本研究設計教學與測驗的基本架構。

為了方便觀察學生的問題解決歷程，本研究採取外顯行為觀點。其次，為了方便教師進行教學與學生進行問題解決學習，本研究希望以精簡扼要的步驟來分析學生的問題解決歷程。再者，在設計「情境問題解決課程」時，本研究以Bransford與 Stein (1993)、Sternberg (2003) 的問題解決步驟為骨幹，參考各家學者問題解決歷程中的基本步驟與步驟內涵，將問題解決步驟歸納成「已知」、「解釋」、「方法」、「實驗設計」、「評估策略」、「評量策略」等六個階段(如圖2-2-2)，作為本研究的教學模組。最後，本研究根據Johnson (1987) 所提供的教學建議，以問題解決六個向度融入國二自然與生活科技課程，發展「情境問題解決教學」課程。

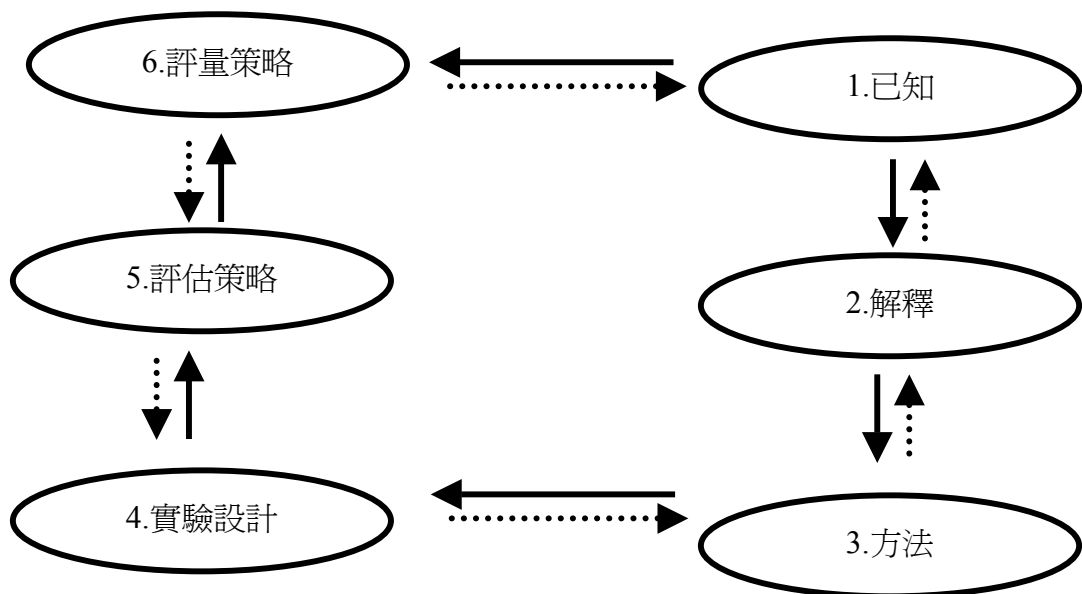


圖2-2-2 本研究情境問題解決課程的六個向度

本研究在此六向度的主要內涵分述如下：

1. 「已知」向度：問題解決者必須知道情境與問題解決者已經具有的知識之間的關聯。問題解決者必須從記憶中過濾無關緊要的資訊、思考「是否曾經碰過這個問題？」、「哪些我學過的知識可能可以幫助我解決這個問題？」，進而提取與解決此問題直接相關的知識。
2. 「解釋」向度：問題解決者需要清楚地將問題的本質弄清楚，進而對問題的內涵與方向進行定義。
3. 「方法」向度：問題解決者依據其在確認問題和定義問題向度對於問題的屬性和相關的變因之理解，運用批判、分析、推理、綜合等高層次思考能力，進而針對問題的性質提出兩種以上的解決策略。
4. 「實驗設計」向度：問題解決者依據其形成之二種以上策略進行資料搜集、實驗設計、實驗裝置安裝、操縱變因、控制變因及對情境與有限的資源作有效的規劃與分配等工作，接著，進行實驗操作與結果分析並對實驗歷程加以檢視與監控，隨時對解決方法進行修正。
5. 「評估策略」向度：問題解決者必須運用批判、分析等能力對自己進行的實驗設計結果（問題解決的結果）加以評鑑，以確保解決方法的可行性及效能。
6. 「評量策略」向度：在教學過程中提供學生正確與錯誤交雜的實驗數據，問題解決者必須運用批判、分析等能力才能從眾多數據中找出不合理的實驗數據，並加以解釋。

第三節 情境認知理論

根據Vygotsky的社會文化歷史觀點，個體的認知發展與知識學習脫離不了社會文化環境，簡言之，文化是兒童認知發展的動力，因此，兒童應該在社會的、文化的、歷史的情境中學習與發展心智 (Vygotsky,1978)。在研究人類處理日常生活中的問題(操作印表機)時，心理學家Suchmon (1987) 發現人們日常生活的思考活動具有下列幾個特性：(1)發生於文化脈絡 (culture context) 之中，如：辦公室、工廠、家裡等；(2)實用的 (practical) ，著重在解決自然發生的問題；(3) 情境的 (situated) ，有賴於特定、具體情境之中的行動。而Brown、Collins和 Dugid (1988；1989) 等人根據前人的研究，提出了「情境學習」、「情境認知」等名詞。他們認為知識是情境的，個體必須能對情境中產生的知識加以運用與解釋，這樣的知識對個體來說才有意義。換句話說，知識是在活動、情境脈絡與文化下發展與應用所產生的，因此知識應該包括活動、情境脈絡與文化。在解決情境問題的過程中，個體使用思考、操作等方式與情境產生互動，個體的內在心智會產生一種索引性的表徵，此表徵可以幫助個體在面對情境類似的新問題時，從記憶中提取相關的記憶來解決新問題。 Schoenfeld (1985；1989) 認為在缺乏情境的情況下學到的訊息對個體而言只是孤立的原則或程序步驟，這些訊息對個體而言沒有多大的意義，因此，個體學習後的描述、回應與應用的表現都相當地低弱。換句話說，如果知識對學習者來說是抽象、不具體、缺乏真實知覺、脫離真實情境的，學習者就無法將這些抽象的知識應用於真實的生活問題情境中。

傳統實驗教學活動中，教師是教學的主體，實驗活動對學生來說往往只是按表操作的食譜式實驗，這種缺乏科學概念學習內涵的教學方式，往往讓學生對實驗內容的了解處於「知其然，不知其所以然」的狀況，這種學習方式對學生科學概念的學習是相當不利的。為了革除上述傳統教學的缺點，本研究結合情境認知理論，製定一套「情境問題解決教學」課程，讓學習者在可以在解決問題的過程中，可以運用思考能力與先備知識對問題的結果進行預測，監控自己解決問題的流程、評估解決結果的成效。此外，預估結果與實際執行結果的比對與重新解釋可以幫助個體擴大認知架構。

第四節 問題解決相關教學理論

學習可視為是一連串解決問題的過程，把「問題解決能力」當作教學重要目標已經成為近年來科學教育界的知識。因為科學知識不是永恆不變的真理，再加上近年來資訊傳輸發達、科學進步日新月異，課堂上提供的科學知識一定不足以讓今日的學生面對未來多變的生活情境，因此，科學教師的教學重心不應該只著重於科學知識的傳授，更應該重視學生問題解決能力的培養。而要培養學生的「問題解決能力」，最有效的辦法就是讓學生實際解決問題。然而，教師在設計問題解決教學時，有哪些教學相關理論可以作為設計教學的參考呢？

一、鷹架教學策略

Vygotsky (1978) 認為兒童的心智發展有實際發展層次與可能發展層次兩種。實際發展層次是根據兒童現有的實際能力能夠解決的問題來決定，另一種層次是根據兒童在教師、同儕的幫助下能夠解決的問題來決定。這兩個發展層次之間的差距就是潛在發展區，即ZPD (Zone of Proximal Development)。Wood、Bruner和Ross (1976) 將Vygotsky潛在發展區的概念進一步延伸，提出了鷹架理論。他們認為鷹架就是幫助學童或生手去解決某個問題、執行某項工作以達到目標的過程。成人提供的任何工具或教學策略都可以成為提升學生能力的鷹架。

二、問題解決教學

Johnson (1987) 認為若想要培養學生問題解決能力，教師設計的教學活動必須將下列幾點建議納入教學設計的考量中，其建議如下：

1. 教師提供的教學活動必須是學生不熟悉的。
2. 教師規劃的教學活動必須考量學生的能力範圍，不可規劃超出學生能力範圍的教學活動。
3. 教師提供給學生的問題應該具有各種不同類型，而不應該是機械式反應的練習題。
4. 教師的教學活動應該包含各種解決問題之策略與整體計劃的教導。
5. 教師的教學活動必須利用開放式的設備和作業，讓學生有界定問題和解決問題的經驗。
6. 教師應給予學生足夠的時間，讓學生在執行策略前可以先腦力激盪地想出各種可能的解決方案。
7. 教師必須對學生提出的具創意的想法和方法給予積極的鼓勵。
8. 教師必須給予學生時間和空間，讓他們可以嘗試以各種方法來解決問題，但教師也必須在他們遭遇重大挫折之前施予援手，避免其喪失學習興趣。
9. 教師提供的引導性問題必須是可提升學生學習興趣與參與感的問題。
10. 教師的教學與評量必須著重學生較高層次思考能力(如分析、綜合和評鑑)。

三、小結

由於本研究所使用的科學問題是屬於非結構化性質，問題的解決方法具有兩種以上。此類型的題目對一般程度的國中生而言是屬於較困難的題目。為達到積極教學的目的，本研究在教學過程中以六個問題解決向度為學習鷹架，輔助學生進行問題解決活動。學習單的內容以問題解決的六個向度(已知、解釋、方法、實驗設計、評估策略、評量策略)為主軸。在已知向度，學習單要求學生從回憶中提取與問題有關的知識或經驗；在解釋向度，學習單要求學生找出解決問題的關鍵因素；在方法向度，學習單要求學生針對影響問題的關鍵因素擬定可行的解決方法；在實驗設計向度，學習單要求學生進行實際操作，並紀錄執行的結果；在評估策略向度，學習單要求學生對自己的問題解決的結果進行客觀地評鑑；在評量策略向度，學習單要求學生對他人的問題解決的結果進行客觀地評鑑。

第五節 科學問題解決相關研究

Shepardson(1991)曾經對八年級學生進行長達一年時間的研究，研究內容是觀察學生在解決5個生活化科學問題時，學生的解題步驟與思考技巧、互動技巧之間的關係，該研究以路徑分析的方式來推論因果關係。研究結果顯示學生的解題步驟對思考技巧的影響大於互動技巧，學生間的互動不會增進學生解決問題時的思考技巧的變異程度。此外，學生在界定問題、重新定義問題時，明顯地採用注意、分析、評鑑等思考技巧。假如學生在解決問題的過程中使用了不當的思考技巧，她們將無法訂定完善的計畫來解決問題，也無法有效評估他們收集的資料是否正確。最後，在解決問題的過程中，學生會在分析、推論過程中使用科學知識來幫助自我進行評估與解釋的工作。

張俊彥與翁玉華 (2000) 以台灣153位高一學生為研究對象，研究其科學過程技能與地球科學問題解決能力之間的關係，研究結果顯示科學過程技能與地球科學問題解決能力達顯著之中度相關，且高、低問題解決能力不同者在解釋資料、觀察、及形成假設等科學過程技能表現上皆有顯著的差異。此外，該研究以 Flander' s system 的分析模式來分析學生的問題解決歷程，結果發現問題解決高、低能力不同者在「問題解決的思考流程」上有顯著的不同。

Zion、Michalsky與 Mevarech (2005) 曾經以407位10年級以色列高中學生為研究對象，以微生物學為背景學科脈絡，進行為期3個月的問題解決教學活動，希望藉此探討後設認知與科學問題解決能力之間的關係。研究結果顯示後設認知策略教學能促進學生的「理解資訊」、「設計實驗」、「根據科學數據得到結論」、「定義探究成分」、「描述結果和推論結論」等一般科學能力，但無法促進學生「測量」和「作圖和說明圖表」的能力。此外，研究還指出後設認知策略能有效提升學生特定領域內的探究或問題解決的能力，但無法全面提升一般領域內的探究或問題解決的能力。

由經濟合作暨發展組織 (Organisation for Economic Co-operation and Development, 簡稱OECD) 所委託發展的PISA國際評量計畫 (The Programme for International Student Assessment, 簡稱PISA) ，其目的在評估接近完成基礎教育的十五歲學生是否能將在校習得的知識與技能應用於進入社會後所面臨的各種情境及挑戰。簡言之，此計畫的目的在評估學生的問題解決能力。該測驗的內容主要分為閱讀素養、數學素養及科學素養三個領域，在科學領域的評量方面，評量項目包括：應用科學概念對自然界的現象進行了解與判斷的能力、對科學問題的辨別能力、運用證據作科學化推論的能力、將推論結果與人溝通的能力……等。PISA於2007年公布的測驗結果顯示我國學生在「科學」領域的平均成績為國際第四名。若以科學的學科科目來分，「生命科學」排名第三名、「理化」排名第三名、「地球科學」排名第九名。若以試題屬性來分，我國學生科學素養的三項主要能力「解釋科學現象」排名第三名、「科學論證」排名第九名、「形成科學議題」排名第十七名。而解釋科學現象的能力主宰學生是否能定義問題；科學論證能力主宰學生是否能定義問題、形成策略；形成科學議題主宰學生是否能發現問題、評估問題解決成果。由上述PISA測驗的結果得知我國學生的問題解決能力仍有進步的空

間。除了總排名外，OECD依得分將各國學生表現由低至高分為七級，Level 3-6者為較高素養，Level 2以下者為較低素養。在「科學學科」方面，我國受測學生達到較高素養者有69.8%，列為較低素養者有30.8%。此項結果顯示我國學生科學素養偏低者略多，教師未來在進行科學教學時，不可忽略科學素養偏低學生的學習權益。

從上述我國學生參與國際評比的表現得知，我國學生的整體問題解決能力急待提昇。然而目前少有關於提昇整體科學問題解決能力的研究，針對實驗室環境設計的情境問題解決教學相關研究，更是鳳毛麟角，但實驗是科學學習不可或缺的一環。因此，本研究主要目的在設計一系列情境問題解決課程，希望透過此一課程提昇學生科學概念學習與整體科學問題解決能力。



第三章 研究方法

本研究的目的是在探討情境問題解決教學對國二學生科學學習成效之影響。本研究兼重質化與量化研究，一方面利用準實驗研究設計，探討學生在經過實驗處理後，在科學學習成就測驗、科學概念建構測驗、情境問題解決能力測驗等測驗上的表現是否有進步；另一方面，比較實驗組與對照組學生在問題解決測驗的提出方法和解釋兩個向度的差異情形，並針對實驗組學生填寫的學習單內容進行質性分析。以下針對本研究的研究對象、研究設計、研究流程、研究工具、教學設計、資料分析等項目分別說明如下。

第一節 研究對象

本研究以新竹縣某國中二年級四個班級的學生為研究樣本，學生人數共127人，該校分班方式為S形常態編班。其中二個班為實驗組，二個班為對照組。

實驗組學生的教學進行方式是先接受講述式教學，再到實驗室進行情境問題解決教學，講述式教學的部分由二位實驗組班級原來的任課教師擔任，二位教師的教學年資分別為30年A老師及14年B老師，實驗教學的部分由研究者擔任，研究者的教學年資4年。

對照組學生的教學進行方式是先接受講述式教學，再到實驗室進行傳統實驗教學（食譜式實驗），講述式教學與傳統實驗教學（食譜式實驗）的部分皆由原來的任課教師擔任，二位教師的教學年資分別為30年A老師及12年C老師。本研究的研究樣本人數分布如表3-1-1。

表3-1-1 研究樣本人數分佈表

組別	實驗組	對照組
項目		
教學課程	情境科學問題解決教學	傳統實驗教學(食譜式實驗)
人數	61	65

為了掌控兩組學生特質差異所造成的困擾，在實驗處理進行前，研究者以先蒐集二組學生自然與生活科技學業成績（包含國二上學期自然與生活科技科三次月考成績及下學期第一次月考成績）、科學學習成就測驗前測成績、科學概念建構前測成績以及科學問題解決能力測驗成績，進行單因子變異數分析（ANOVA）檢定的統計分析，分析結果如表3-1-2、表3-1-3、表3-1-4、表3-1-5、表3-1-6所示。

表3-1-2 實驗組與對照組學生各項承機描述性統計表

項 目	實驗組 (N=61)		對照組 (N=65)	
	M	SD	M	SD
自然科學業成績	48.56	18.25	47.91	18.48
成就測驗	14.47	5.42	14.85	5.42
概念建構測驗	5.56	3.81	5.32	3.60
問題解決測驗	3.93	4.20	3.93	4.75

N=126

表 3-1-3 實驗組、對照組學生自然科學業成績差異檢定摘要表

變異來源	離均差平方和	df	平均平方和	F	p
組間 (教學方法)	13.13	1	13.13	0.04	0.844
組內 (誤差)	41833.10	124	337.36		
總和	41846.23	125			

表3-1-4 實驗組、對照組學生學習成就測驗前測差異檢定摘要表

變異來源	離均差平方和	df	平均平方和	F	p
組間 (教學方法)	4.49	1	4.49	0.15	0.696
組內 (誤差)	3609.40	123	29.35		
總和	3613.89	124			

表3-1-5 實驗組、對照組學生概念建構測驗前測差異檢定摘要表

變異來源	離均差平方和	df	平均平方和	F	p
組間 (教學方法)	1.75	1	1.75	0.13	0.722
組內 (誤差)	1550.51	113	13.72		
總和	1552.26	114			

表3-1-6 實驗組、對照組學生問題解決測驗前測差異檢定摘要表

變異來源	離均差平方和	df	平均平方和	F	p
組間 (教學方法)	0.00	1	0.00	0.000	0.996
組內 (誤差)	2500.67	124	20.17		
總和	2500.68	125			

根據表3-1-2、表3-1-3、表3-1-4、表3-1-5、表3-1-6分析數據顯示，兩組受

試者在自然與生活科技學業成績、科學學習成就測驗前測成績、科學概念建構前測成績以及科學問題解決能力測驗成績均未達顯著差異。由此可見此兩組學生的同質性高，以此四班學生為本研究的研究對象應屬恰當。

第二節 研究設計

依據本研究之研究目的與參考文獻，研究者採單因子準實驗設計法。本研究之研究目的在探討不同教學課程、對學生「科學學習成就測驗」、「科學概念建構測驗」、「科學情境問題解決能力測驗」三種測驗成績的差異。本研究的自變項為教學課程(實驗組、對照組)，依變項有三個，分別是「科學學習成就測驗」、「科學概念建構測驗」、「科學情境問題解決能力測驗」。此外，本研究蒐集實驗組學生的問題解決歷程的學習單進行內容分析。本研究的研究架構如圖3-2-1。

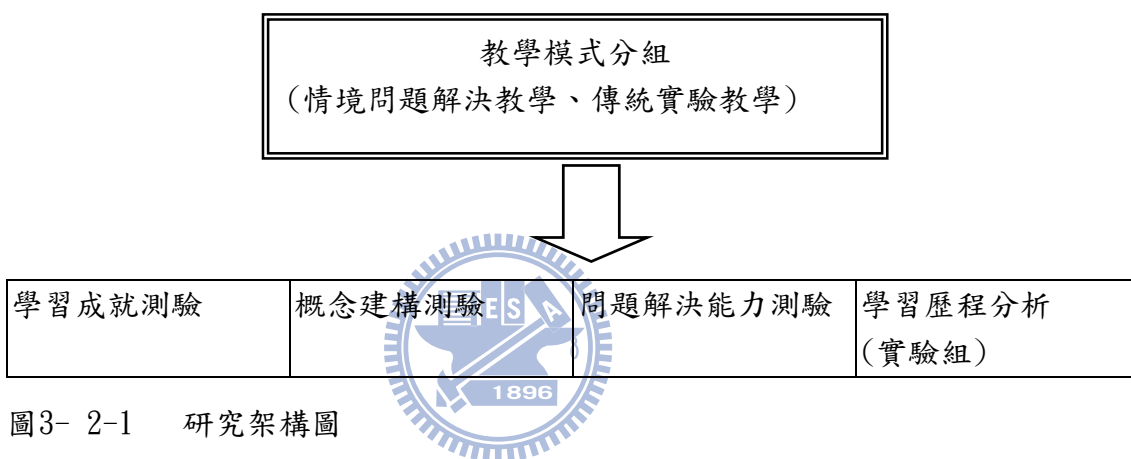


圖3- 2-1 研究架構圖

本研究所涉及的變項共分為三類，包括自變項、依變項、和控制變項，茲分別敘述如下：

一、自變項：

本研究自變項為「教學課程分組」。將「教學課程分組」分成實驗組與對照組二個水準。實驗組採用「情境問題解決教學」課程，對照組採用傳統實驗教學課程（食譜式實驗）。

二、依變項：有科學學習成就測驗、科學概念建構測驗、科學情境問題解決能力測驗等三個變因。

1. 科學學習成就測驗：以受試者在「科學學習成就測驗」的得分為依據，得分愈高，表示學生的科學學習成就愈高。
2. 科學概念建構測驗：以受試者在「科學概念建構測驗」的得分為依據，得分愈高，表示學生對科學概念愈正確。
3. 科學情境問題解決能力測驗：以受試者在「科學情境問題解決能力測驗」的得分為依據，得分愈高，表示學生的科學問題解決能力愈高。

三、控制變項：為了儘可能排除不必要干擾因素，本研究的控制變因有二，茲分

別敘述如下：

1. 本研究的前測、後測、追蹤測的實施程序均依照相關規定進行，以求實驗組與對照組的受試情境相同。前、後、追蹤測的測驗評分均由研究者自行評閱，以避免評分者變項對兩組施測結果造成干擾。
2. 本研究實驗組與對照組所使用的教材，皆根據96學年度現行康軒出版社國中二年級自然與生活科技下冊的「氧化」、「氧化還原」、「化學反應速率」、「反應平衡」、「摩擦力」、「液體壓力」等六個單元為範圍，因此教學範圍一致。

本研究為準實驗研究設計，將便利抽樣的四個班級分為實驗組與對照組各二個班級。實驗組與對照組皆進行前測、實驗處理、後測、追蹤測四個階段。實驗處理部份，實驗組學生進行「情境問題解決教學」；對照組進行「傳統實驗教學」。

第三節 研究流程

本研究之流程可分為三階段，依序為：準備階段、教學階段、資料分析階段。本研究之研究流程圖如圖3-3-1所示：

關於圖3-3-1各個階段的工作內容，分別敘述如下：

(一) 準備階段

1. 發現教學實務問題、閱讀相關文獻、形成研究問題、評估研究可行性、確定研究問題與研究設計。
2. 編製科學學習成就測驗、科學概念建構測驗、科學情境問題解決能力測驗，並經專家、自然科資深教師審查，形成正式測驗。
3. 蒐集並研讀相關課程內容（氧化、氧化還原、化學反應速率、反應平衡、摩擦力、液體壓力）之書籍與文獻。
4. 以康軒出版社所編之自然與生活科技課程國中二年級下冊之「氧化」、「氧化還原」、「化學反應速率」、「反應平衡」、「摩擦力」、「液體壓力」等概念為主要教材，設計「情境問題解決教學」課程。「情境問題解決教學」的教學問題除了必須包含該單元的主要科學概念外，還必須是屬於非結構化性質，每一個問題雖然都有特定的目標要達成，但在呈現問題時，並沒有對問題的約束條件進行嚴格定義，問題的解決方法具有兩種以上。此教學設計的目的在讓學生透過解決一個較複雜、開放式的問題來進行學習並整合自己的知識架構。
5. 在課程教學進行前，對實驗組與對照組進行科學學習成就測驗、科學概念建構測驗、科學情境問題解決能力測驗前測。

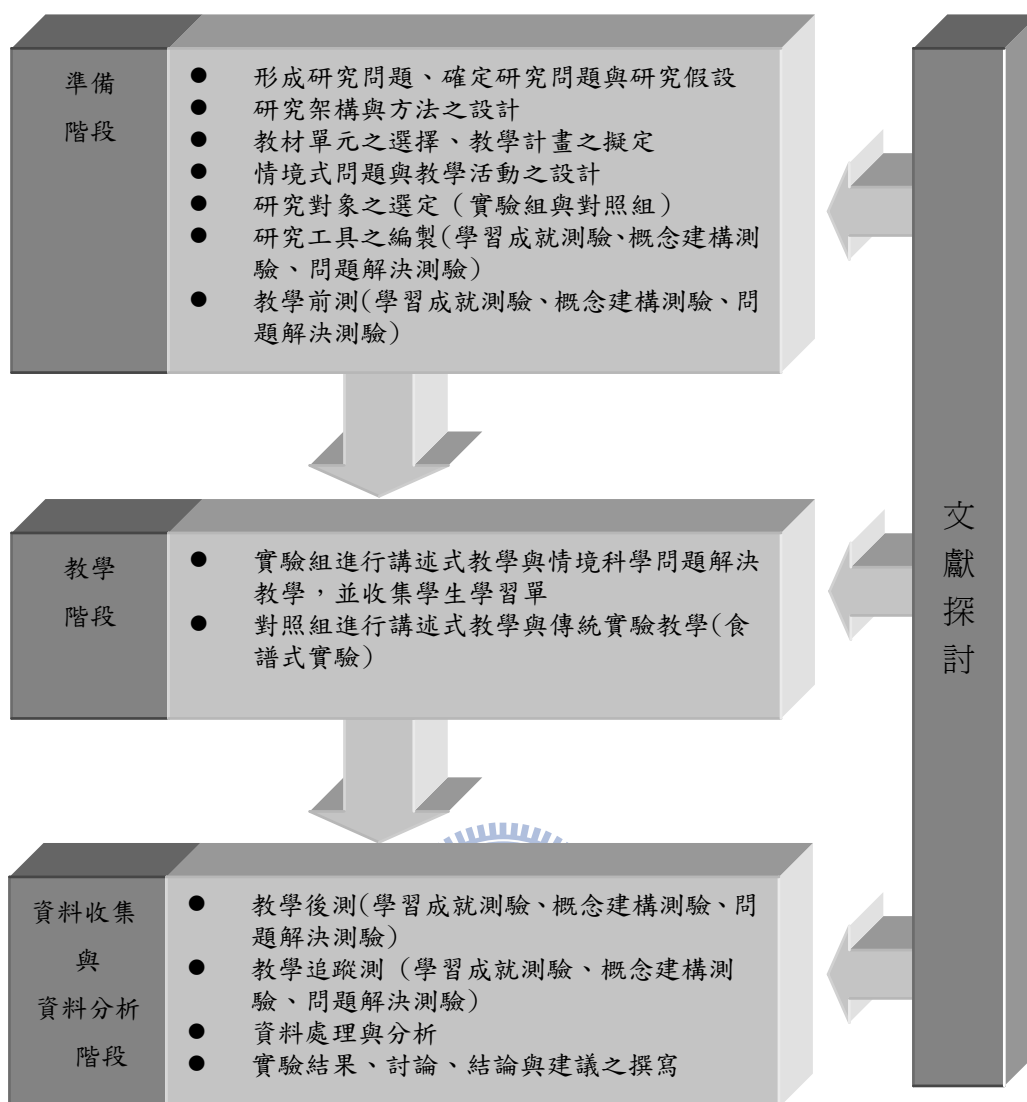


圖3-3-1 研究流程圖

(二) 教學階段

1. 實驗組學生由原班自然科教師進行「氧化」、「氧化還原」、「化學反應速率」、「反應平衡」、「摩擦力」、「液體壓力」等6個單元的講述式教學，在每一個教學單元後，由研究者擔任教師實施2節課的「情境問題解決教學」，並蒐集實驗組學生的學習單，藉以了解學生在情境問題解決教學進行中的學習情況。實驗組學生接受的講述式教學部分的教學時間共28節課，實驗教學部分的教學時間共12節課，每節課的時間為45分鐘。
2. 對照組學生由原班自然科教師進行「氧化」、「氧化還原」、「化學反應速率」、「反應平衡」、「摩擦力」、「液體壓力」等6個單元的講述式教學與傳統實驗教學，每一個單元的實驗課程上課時間為1節課。對照組學生接受的講述式教學部分的教學時間共34節課，實驗課程部分的教學時間共6節課，每節課的時間與實驗組相同。

3. 本研究的教學時間橫跨2個月。本研究的實驗課程部分，實驗組接受每週2節課的情境問題解決教學，實驗教學時間共12節課；對照組接受每週1節課的傳統實驗教學（食譜式實驗），實驗教學時間共6節課。本研究的講述式教學（非實驗課程）的部分，實驗組的正課上課時數為28節課；對照組的正課上課時數為34節課。實驗組與對照組的上課總時數均為40節課。實驗組與對照組雖然在實驗教學部分的上課時數不同，但實驗組與對照組的上課總時數相同。

（三）資料分析階段

1. 在課程教學後一週內，對實驗組與對照組進行科學學習成就測驗、科學概念建構測驗、科學情境問題解決能力測驗後測。
2. 在課程教學後一個月後，對實驗組與對照組進行科學學習成就測驗、科學概念建構測驗、科學情境問題解決能力測驗追蹤測。
3. 將「科學學習成就測驗」、「科學概念建構測驗」、「科學情境問題解決能力測驗」之資料整理與輸入電腦，進行資料分析與報表解釋。
4. 針對實驗組學生的學習單內容填寫情形進行分析。
5. 撰寫研究報告。

第四節 研究工具設計

本研究使用的研究工具有「科學學習成就測驗」、「科學概念建構測驗」、「科學情境問題解決能力測驗」、「科學情境問題解決學習單」等工具。以下就各個研究工具說明如下：

一、科學學習成就測驗

此測驗依據研究所涉及的6個單元（氧化、氧化還原、化學反應速率、反應平衡、摩擦力、液體壓力）的課程內容，編製科學學習成就測驗題目共41題，每一個單元各有7題題目，唯第三單元有6題題目。本測驗的目的在檢驗學生的學習成效，題目內容採取單一選擇題型式，計分方式以答對1題給1分，總分共41分。本測驗係由五位理化科教師及一位科學教育專家組成的理化小組共同編製，再由一位國中理化科教師（教學年資20年以上）及另一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。此試卷於96學年度下學期實驗單元教學前、教學後及教學後6週施測，整體試卷以Cronbach's α 值求其信度，前測信度Cronbach's α 值為0.73、後測信度Cronbach's α 值為0.90，追蹤測信度Cronbach's α 值為0.89。試卷之內容細目表如表3-4-1所示。（試卷題目詳見附錄一）。

表3-4-1 學習成就測驗內容細目表

測驗內容概念	題目													
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7
元素相關知識	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
氧化還原概念								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6		4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6	4-7
化學反應速率	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
化學平衡								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	5-6	5-7	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	6-6	6-7
摩擦力	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
壓力								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

二、科學概念建構測驗

此測驗的目的在偵測學生對於氧化、氧化還原、化學反應速率、反應平衡、摩擦力、液體壓力等6個單元的概念理論情況。題目形式為二階層式選擇題，共30個題組，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，第二層的題目則為上一層題目進行科學推理後所得到的理由或證據，兩層題目均答對才算得分。本測驗係由五位理化科教師及一位科學教育專家所組成的理化小組共同編製，再由一位國中理化科教師（教學年資20年以上）及另一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。此試卷於96學年度下學期實驗單元教學前、教學後及教學後6週施測，整體試卷以Cronbach' s α 值求其信度，前測信度Cronbach' s α 值為0.71、後測信度Cronbach' s α 值為0.89，追蹤測信度Cronbach' s α 值為0.89。（題目詳見附錄二）。

三、科學情境問題解決能力測驗

本測驗的目的為評量學生科學問題解決能力。本測驗參考PISA 2006測驗的出題方式，題目型式為簡答題或填充題的型式。測驗內容涵蓋本研究所涉及的6個教學單元。本測驗由五位理化科教師及一位科學教育專家組成的理化小組共同編製，再由一位國中理化科教師（教學年資20年以上）及另一位科學教育專家共同檢驗，以求其專家效度。

本測驗總共有6個主題，每一個主題分成非結構化的問題情境與開放式問題兩大部分，而開放式問題又可分成「已知」、「解釋」、「方法」、「實驗設計」、「評估策略」等五個向度。本測驗總共有三十個題目，其試題架構及分測驗的目的如表3-4-2(題目詳見附錄三)。

表3-4-2 科學情境問題解決能力測驗架構

		目的
情境 主 問題解 決能力 測驗	問題 情境	提供受試者一個複雜的、模糊、開放、真實的問題情境，此情境具有多個變因、多種方法、多種解答的特性
	開 已知	評量學生對於「與問題有關的知識」的了解程度
	放 解釋	評量學生對於「影響問題的相關因素」的了解程度
	式 方法	評量學生提出解決方法的能力
	問 實驗設計	評量學生執行解決方法的能力
題 評估策略	評量學生評量解決方法成效的能力	

「科學情境問題解決能力測驗」試題的第一部分是問題情境，此部分提供填答者一個複雜的、模糊、開放、真實的問題，這些問題具有非結構化的特性，問題線索不全而且沒有正確的解答，問題情境的呈現方式如下圖3-4-1。

小明準備參加炊事競賽，比賽項目是：「在最短的時間內將分派的大塊的500公克牛肉全部烤熟。」為了要贏得比賽，小明開始留意媽媽煮菜的方式，小明發現媽媽在做菜的時候會把馬鈴薯切丁、紅蘿蔔切薄片來跟著菜一起炒，而且炒菜的時候會用大火，炒出的菜又脆又好吃。為了贏得比賽，小明決定比賽時的第一個動作就是把牛肉切成薄片。除了小明想出來的方法外，請利用你學過的科學知識幫助小明贏得比賽。

圖3-4-1 情境問題範例

「科學情境問題解決能力測驗」試題的第二部分是開放式問題，題目分為是已知、解釋、方法、實驗設計、評估策略五個向度。茲逐項說明五個向度的內涵及題目呈現方式：

(一)「已知」向度：若想要成功地解決問題，問題解決者必須知道問題情境與個體已經具有的知識之間的關聯。此向度問題的目的在評量學生對於「與問題有關的知識」的了解程度，題目呈現方式如下圖3-4-2。學生的答案若寫出一種與解決問題有關的知識或科學概念，得1分。學生答案若只著重自然現象的直觀描述或能舉出與此議題有關的科學概念但概念不夠清楚完整，得0.5分。學生答案若屬於相同類型概念不重複計分。

一、根據上述的文章以及你所學過的科學知識，你覺得還有哪些知識會可幫助小明贏得比賽？

圖3- 4-2 已知向度範例

(二)「解釋」向度：若想要成功地解決問題，問題解決者發現問題後，必須對問題進行適當的定義與表徵。個體是否能對問題進行良好的定義與表徵是解決問題的關鍵，而個體解釋的能力與個體對問題的先備知識、概念理解程度有關。此向度問題的目的在評量學生對於「影響問題的相關因素」的了解程度，題目呈現方式如下圖3-4-3。學生的答案若能解釋使用此方法的理由，得1分。學生的答案如果解釋不夠清楚完整、或有質樸概念，得0.5分。學生答案若屬於相同類型概念不重複計分。

二、承上題，小明認為：「牛肉面積大小會影響食物烹煮的時間。」除了小明提出的因素之外，請你舉出兩個影響食物烹煮時間的因素，並說明你的理由。

圖3- 4-3 解釋向度範例

(三)「方法」向度：若想要成功地解決問題，問題解決者給予問題有效的定義後，下一個向度就是規劃解決問題的方法。問題解決者必須能從不同的觀點對問題提出解決的方法，並對解決方法的有效性和可行性進行預估。此向度問題的目的在評量學生提出解決方法的能力，題目呈現方式如下圖3-4-4。學生的答案若能提出一種方法，且方法具體可行，得1分。學生的答案如果不夠清楚完整或執行方法錯誤，導致不能解決問題，得0.5分。學生答案若屬於相同類型概念不重複計分。

三、承上題，小明利用將牛肉切薄片的方式來影響實務的烹煮時間。除了小明所提的方法外，請提出兩種以上可能的策略(方法)，協助小明縮短食物烹調的時間。
策略1：
策略2：

圖3- 4-4 方法向度範例

(四)「實驗設計」向度：在這個向度裡，問題解決者必須能進行資料搜集、實驗設計、實驗裝置安裝、操縱變因、控制變因及對情境與有限的資源作有效的規劃與分配等工作，此外，在整個解決問題的歷程中，個體必須對問題的情境變化與策略的應用效果加以檢視與監控，並對解決方法進行修正。此向度問題的目的在評量學生執行解決方法的能力，題目呈現方式如下圖3-4-5。學生的答案若能清楚寫出實驗設計與實驗器材，各得1分。實驗設計需清楚說明待測量的變因與解決方法所使用的操縱變因內容。實驗器材需清楚列出比較操縱變因所需的器材。學生的任何一項敘述不完整，該項得0.5分，學生答案若屬於相同類型概念不重複計分。

(五)「評估策略」向度：問題解決者必須分析自己提出方法的可行性，以確保

自己提出的解決方法的可行性及效能。題目呈現方式如下圖3-4-5。

<p>四、俗語說：「謀定而後動。」在比賽前，如果可以利用模擬實驗來確定自己的想法是否正確，將可以大大提高贏得第一名的機會。</p> <p>請由上面你所提出的二種以上的策略(方法)中找出你覺得最好的策略(方法)，並利用附側管的廣口瓶、橡皮管、燒杯(50毫升)、試管、玻璃棒鹽酸(1M、0.5M、0.1M、20°C、40°C、60°C)、石灰水、碼錶、大理石(塊狀、粒狀、粉末狀)等實驗器材，<u>設計實驗</u>來驗證你所提出的策略(方法)的可行性？※實驗設計請註明：測量項目、控制變因、操縱變因</p>	
策略	
實驗設計	
實驗使用器材 與實驗紀錄	
預估實驗結果	

圖3- 4-5 實驗設計向度範例

學生的答案若能清楚針對實驗設計寫出預估結果，得1分。預估結果需正確寫出實驗預估結果。學生的任何一項敘述不完整，該項得0.5分，學生答案若屬於相同類型概念不重複計分。

(六)「評量策略」向度：若想要成功地解決問題，問題解決者必須能對問題解決的結果加以評鑑，重新檢視其所經歷的過程中是否有適當地對待所有已知的訊息，以確保獲得的結果能夠解決問題，並試著反思此次的解決問題的經驗是否有助於解決日後的問題。因此，此向度的試題內容著重在檢驗學生是否具有整合資訊、對實驗結果提出解釋的能力。此向度問題的目的在評量學生評估解決方法的能力，題目呈現方式如下圖3-4-6。學生若能利用控制變因法，從已知的實驗數據內歸納出正確的科學概念並能清楚解釋實驗數據，該項得1分，若學生能從多項實驗數據中歸納出科學概念但解釋部分正確，該項得0.5分，學生答案若屬於相同類型概念不重複計分。

五、若小明收集一系列鹽酸與大理石反應的實驗數據，結果如下，試回答下列問題：

實驗次序	鹽酸濃度(M)	鹽酸溫度(°C)	大理石顆粒大小	石灰水變色時間(秒)
1	1	20	粉末	20
2	0.5	20	粉末	40
3	0.1	20	粉末	150
4	1	40	粉末	15
5	1	60	粉末	10
6	1	20	粉末	20
7	1	20	塊狀	80
8	1	20	粒狀	60

(1)比較第一次和第三次的實驗數據，我知道_____和_____的關係是_____

(2)承上題，除此之外，請寫出你由表中數據所獲得的實驗結論。

結論	我的根據	我的結論
結論1	根據第_____次和第_____次的實驗數據比較	
結論2	根據第_____次和第_____次的實驗數據比較	

圖3-4-6 評估策略向度範例

由於科學情境問題解決能力測驗是屬於半開放式型式的測驗題型，為了要正確地評估學生的問題解決能力，本研究參考PISA測驗的評分方式，訂定一套「科學情境問題解決能力測驗評分標準系統」來評估學生在「科學情境問題解決能力測驗」上的得分。研究者首先對問題做分析，將可能的答案羅列出來，再根據學生不同的作答情形，採取不同層次的給分方式。本研究用來評分的向度共分為五個部分：「已知」、「解釋」、「方法」、「實驗設計」、「評估策略」。「已知」部份著重在學生是否能提出與問題相關且學生已知概念；「解釋」部份著重在學生是否能提出與問題解決有關的影響因素；「方法」部份著重在學生是否能根據學生對問題的已知概念和問題解決的影響因素提出解決的方法；「實驗設計」部份著重在學生是否能根據題目所提供的實驗器材設計實驗來驗證自己的想法；「評估策略」部份著重在學生是否能根據一份實驗報告結果得知影響問題解決的各個因素之間的關係。

由於此測驗之題目為簡答題形式，為避免研究者的主觀因素以及求取成績評量的高信度，商請另一位任教年資達6年的理化科教師協同評分。協同評分的進行方法是從各個開放性問題中隨機抽取10個樣本，再比較研究者與此位教師的評分

差異，成績差距過大者則進行溝通，修訂評分系統。

此試卷於96學年度下學期實驗單元教學前、教學後及教學後6週施測，此試卷的前測評分者間信度(inter-rater reliability)為0.92。再測信度為0.83。評分系統範例如表3-4-3。

表3-4-3科學情境問題解決能力測驗評分方式範例

分數	評分說明	參考答案
1分	寫出1類與此問題（分類元素）有關的科學知識（科學性質） 1類答案得1分，相同類型答案不重複計分 得分超過5分，以5分計算	顏色、光澤、焰色、氣味 元素氧化物溶於水的酸鹼性 導電性 導熱性 延展性 磁性 活性 熔點、沸點 密度 元素特殊性質
0.5分	答案著重自然現象的直觀描述 能舉出與此議題有關的科學概念，但概念不夠清楚完整 上述答案1類答案得0.5分，相同類型答案不重複計分	寫出物質關於上述性質的直觀描述 例如1：關於元素顏色的特徵，例（碳是黑色，硫是黃色，銅是紅黃色，鈉是銀白色，鎂是銀白色，鐵是銀白色） 例如2：鐵會被磁鐵吸引 能舉出與此議題有關的科學概念，但概念不夠清楚完整例如：燃燒、加熱、酸鹼性
0分	答案與問題完全無關 沒有作答	狀態、質量、粉末、體積

四、「情境問題解決教學」學習單

研究者以Bransford 與 Stein (1993)、Sternberg (2003) 的問題解決步驟為骨幹，歸納其他學者的意見，將問題解決步驟簡化修訂為「已知」、「解釋」、「方法」、「實驗設計」、「評估策略」、「評量策略」等六個向度，並以此問題解決歷程設計「情境問題解決教學」及教學所需之學習單。學習單設計之後，由專家教授評估其可行性。透過學習單的「內容分析」方式，了解個別學生在「情境問題解決教學」活動下的學習情況及問題解決歷程。評分者間信度(inter-rater reliability)為0.90。(題目詳見附錄四)

第五節 教學設計

一、教學課程

(一)實驗組

本研究以Bransford 與 Stein (1993)、Sternberg (2003) 的問題解決步驟為本，融合其他學者的意見將問題解決歷程簡化修訂為「已知」、「方法」、「解釋」、「實驗設計」、「評估策略」、「評量策略」等六個向度，並依此歷程作為「情境問題解決教學」的骨幹。本研究參考問題解決、情境認知、鷹架教學等理論以及相關教學策略，設計了一套符合國二學生使用的「情境問題解決教學課程」供實驗組學生使用，希望藉此教學課程提升學生的問題解決能力。教學過程的活動內容分別敘述如下：

1. 步驟一：提供情境問題。教師針對現有課程內容設計情境問題提供學生學習。此問題與學生生活情境或實驗情境有關。本研究使用的情境問題屬於非結構化性質，每一個問題雖然都有特定的目標要達成，但沒有對問題的約束條件進行嚴格定義，其次，問題的解決方法有兩種以上。以下就本研究第五個教學單元為例，進行說明，如表3-5-1。

表3- 5-1 情境問題解決教學課程提供情境問題活動內容說明

	教學鷹架	教學重點
情境問題	若想要一口氣拉動一個物體，當物體移動的瞬間所需要的最大的力量與什麼因素有關？你會採取什麼方法來減少移動靜止物體瞬間所需要的最大的力量。	教師提供有特定的目標的情境問題 教師提供條件無嚴格定義的情境問題 教師提供的情境問題其解決方法有兩種以上

2. 步驟二：已知。本研究以教師支援及學習單的問題引導等方式，協助學生找出情境問題與自己已經具有的知識之間的關聯。在這個步驟，每個學生都要在學習單裡寫下自己認為對解決情境問題有幫助的知識。以下就本研究第五個教學單元為例，進行說明，如表3-5-2。

表3-5-2 情境問題解決教學課程已知活動內容說明

步驟二	教學鷹架	教學重點
已知	哪些你學過的生活知識與科學知識可以減少移動靜止物體所需要的最大力量？	學生要提取與情境問題有關的知識

3. 步驟三：方法。本研究以教師支援及學習單的問題引導等方式，協助學生依據問題的屬性和相關的變因提出適當的解決策略。此外，本研究也透過教師支援及學習單的問題引導等方式，要求學生思考自我方法的歷程。在這個步驟，每個學生都根據自己在上一個步驟找到的關鍵因素形成解決方法，並在學習單裡寫下自己的解決方法和設計的理由。以下就本研究第五個教學單元為例，進行

說明，如表3-5-3。

表3-5-3 情境問題解決教學課程方法活動內容說明

步驟三 教學鷹架	教學重點
方法	
1. 你會利用哪些方法來減輕移動靜止物體所需要的力量？	學生根據自己提出的關鍵因素形成解決方法。
2. 你的解決方法的設計理由為何？	學生自我反思形成解決方法的理由。

4. 步驟四：解釋。本研究以教師支援及學習單的問題引導等等方式，協助學生從各個角度去分析問題，釐清問題的本質與內涵，對問題提出不同的表徵方式，進而整理出解決問題的關鍵。此外，本研究也透過教師支援及學習單的問題引導等方式，要求學生思考自我分析問題的歷程。在這個步驟，每個學生都要在學習單裡寫下自己認為解決情境問題的關鍵因素以及所抱持的理由。以下就本研究第五個教學單元為例，進行說明，如表3-5-4。

表3-5-4 情境問題解決教學課程解釋活動內容說明

步驟四 教學鷹架	教學重點
解釋	
你認為哪些因素會影響移動靜止物體所需要的力量？你根據的理由為何？	學生對情境問題進行定義與表徵 學生找出解決情境問題的關鍵因素

5. 步驟五：實驗設計。本研究以教師支援及學習單的問題引導等方式，協助學生進行資料搜集、實驗設計、實驗裝置安裝、操縱變因、控制變因及對情境與有限的資源作有效的規劃與分配等工作，進而進行實驗。此外，本研究也透過教師支援及學習單的問題引導等方式，要求學生思考自我實驗設計的歷程。在這個步驟，教師會提供許多的實驗器材，有的器材可以用來解決問題，有的器材對問題的解決沒有幫助，每個學生根據教師提供的器材設計實驗來驗證自己方法的可行性，並在學習單裡寫下自己的實驗設計、操縱變因、控制變因及選用的實驗器材。其次，進行小組討論，選出組內成員認為最理想的方法及實驗設計，執行實驗工作。以下就本研究第五個教學單元為例，進行說明，如表3-5-5。

表3-5-5 情境問題解決教學課程實驗設計活動內容說明

步驟五 教學鷹架	教學重點
實驗設計	你如何設計實驗來證明你的方法可解決問題？
	你評估這個方法有哪些執行上的困難？這個方法可行嗎？
	學生設計實驗來證明自己方法的可行性
	小組討論，選出組內最好的方法及實驗設計
	小組選擇適當的實驗器材，執行實驗工作
	小組合作解決實驗過程碰到的困難。

6. 步驟六：評估策略。本研究以教師支援及學習單的問題引導等方式，要求學生對自己與他人的問題解決結果進行比較與評估。此外，本研究也透過教師支援及學習單的問題引導等方式，要求學生思考自我評估策略的歷程。以下就本研究第五個教學單元為例，進行說明，如表3-5-6。

表3-5-6 情境問題解決教學課程評估策略活動內容說明

步驟五 教學鷹架	教學重點
評估策略	你評估這個方法有哪些執行上的困難？這個方法可行嗎？
	評估自己方法的可行性

7. 步驟七：評量策略。本研究提供學生正確與錯誤的實驗數據，要求每個學生要在教師提供的實驗數據裡找出不合理的數據。以下就本研究第五個教學單元為例，進行說明，如表3-5-7。

表3-5-7 情境問題解決教學課程評量策略活動內容說明

教學鷹架	教學重點
你認為小組實驗的實驗數據合理嗎？你的理由是什麼？	每個學生針對小組的實驗數據進行個人評估，並說明理由。
你認為老師提供的實驗數據裡有哪些是錯誤的？你的理由是什 麼？	每個學生針對教師提供的實驗數據進行個人評 估，並說明理由。

8. 步驟八：全班討論。教師口頭引導學生進行全班討論，讓每個學生有機會了解其他各組問題解決的方法與結果，並在分享的過程中整合出個人最佳的解決方法，如表3-5-8。

表3-5-8 情境問題解決教學課程全班討論活動內容說明

步驟八 教學鷹架	教學重點
全班 分享各組問題解決的方法與結果 討論	讓每個學生了解其他各組問題解決的方法與結果。 讓每個學生在分享的過程中整合出個人最佳的解決方法。

研究者將「情境問題解決教學課程」各個步驟實施時教師教學與學生學習的工作要點整理成下圖3-5-1。並依據此一學習模式設計本研究「情境問題解決教學」的「氧化」、「氧化還原」、「化學反應速率」、「反應平衡」、「摩擦力」、「液體壓力」6個單元活動。（詳細教學單元學習單請參見附錄五）。

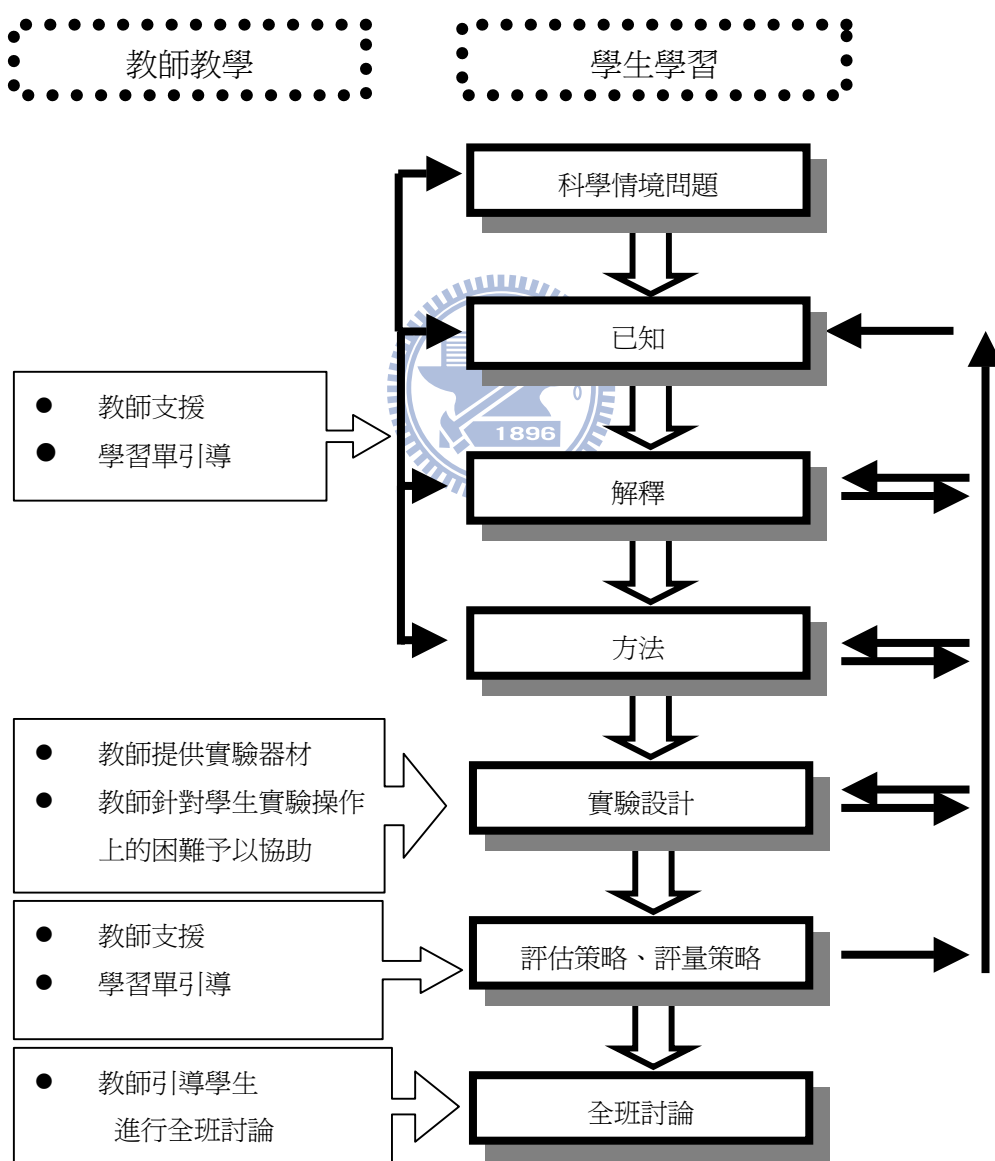


圖3- 5-1 情境問題解決教學課程

此教學課程特點如下：

1. 提供情境問題作為教學起點。研究者利用康軒出版社96學年度國二下學期自然與生活科技課本之內容設計符合課程的情境問題，作為「情境問題解決教學」的教學起點。此問題情境必須符合下列幾個特點：(1)問題情境的內容必須是複雜的、模糊的、真實的、開放的；(2)情境問題具有非結構化的特性，問題線索不全且沒有正確的解答或者具有多個變因、多種方法、多種解答的特性；(3)情境問題必須是與教學內容有關的真實性生活問題或任務。
2. 提供問題解決策略作為學生學習的鷹架。對於大部分對課程內容熟悉度不足的學生來說，其解決問題的能力如同「生手」一般。而課程中提供的情境問題是屬於較複雜、多變因、多種解決方法的科學問題，以Newell 和 Simon (1972) 的「問題空間理論」觀點分析，這一類型問題的「中間狀態」比較大，需要由一連串的個別步驟緊密連接才得以到達「目標狀態」，面對這一類型的問題，學生在解決問題的過程中往往會感受到過多的挫折感而喪失自信與學習興趣。為了減少學生的學習挫折並提升學生的問題解決能力，教師在學生解決問題的過程中有必要提供足夠的鷹架支持，協助學生到達目標狀態。
3. 提供鷹架策略支持學生進行問題解決
成功地解決問題是一個一連串複雜的心智活動，若沒有適當的指引，學生往往只能手足無措地面對問題，因此，研究者以問題解決步驟作為鷹架，支持學生進行問題解決的活動，為了讓學生能夠深刻地理解自己在解決問題過程中的每一個行為，教師必須不斷地刺激學生進行反思。研究者利用學習單以及教師的引導，讓學生在執行每一個問題解決步驟時能夠不斷地來回反思與監控自己解決問題的成效，並將此解決問題的經驗推廣應用於往後的問題中。
4. 透過實際操作發覺自我問題解決的思考漏洞
一個成功的問題解決者必須對所面臨的問題有通盤的了解，才能有效率地解決問題。學生透過實驗來驗證自己的想法時，往往會碰到許多實驗前沒有考慮到的困難點，透過真實情境的實驗操作可使學生面對問題時考慮更周全。

(二)對照組

本研究對照組學生使用傳統實驗教學課程(食譜式實驗)，其教學步驟如下：

1. 步驟一：以課本的實驗目的為目的。
2. 步驟二：依照課本指示選擇與安裝實驗器材。
3. 步驟三：依照課本指示執行實驗步驟。
4. 步驟四：依照課本指示進行實驗觀察，並將實驗結果加以紀錄。
5. 步驟五：教師總結實驗結果。

研究者將實驗組使用的「情境問題解決教學課程」與對照組所使用的「傳統實驗教學課程（食譜式實驗）」之教學觀點比較整理如下表3-5-9。

表3-5-9 教學課程比較表

教學課程	科學情境問題解決教學課程	傳統實驗教學課程 (食譜式實驗)
教學 流 程	步驟一：提供情境問題。 步驟二：已知。 步驟三：解釋。 步驟四：方法。 步驟五：實驗設計。 步驟六：評估策略。 步驟七：評量策略。 步驟七：全班討論。	步驟一：以課本的實驗目的為目的。 步驟二：依照課本指示選擇與安裝實驗器材。 步驟三：依照課本指示執行實驗步驟。 步驟四：依照課本指示進行實驗觀察，並將實驗結果加以紀錄。 步驟五：教師總結實驗結果。

二、教學內容

本研究實驗組與對照組所接受的教學與實驗課程內容皆以康軒出版社96學年度國二下學期自然與生活科技課本之「氧化」、「氧化還原」、「化學反應速率」、「反應平衡」、「摩擦力」、「液體壓力」等單元為主。實驗組與對照組所接受的實驗課程教學內容比較，請參照附錄五。

第六節 資料分析

當測驗結束後，隨即進行資料的整理與分析，本研究的多種測驗數據資料分析皆以SPSS12.0套裝軟體進行統計分析。另外，收集實驗組學生學習時的學習單進行質性資料分析。以下就本研究的各個研究工具逐一說明其資料分析方式：

一、科學學習成就測驗

以「科學學習成就測驗」前測成績為共變量，比較教學課程（實驗組、對照組）在後測成績與追蹤測成績有何差異。

二、科學概念建構測驗

以「科學概念建構測驗」前測成績為共變量，比較教學課程（實驗組、對照組）在後測成績與追蹤測成績有何差異。

三、科學情境問題解決能力測驗

將測驗質性資料量化，以「科學情境問題解決能力測驗」前測成績為共變量，比較教學課程（實驗組、對照組）在後測成績與追蹤測成績有何差異。

四、科學情境問題解決能力測驗質性資料分析

針對問題解決測驗中學生「方法」和「解釋」的部份進行次數與百分率的統

計，比較教學課程（實驗組、對照組）對學生「方法」和「解釋」的能力有何差異。

五、情境問題解決教學學習單

根據學習單內容分析學生在解決問題的過程中，學生在不同單元不同向度的問題解決能力表現情形。



第四章 研究結果與討論

本研究主要根據學習成就測驗、概念建構測驗、問題解決能力測驗以及實驗組學生撰寫的學習單內容進行統計分析與質性分析。藉此了解八年級學生在不同教學課程（情境問題解決教學、傳統實驗教學）學習時，其學習成就、概念建構成效與科學問題解決能力是否有所差異。

本章共分為四節，依照「學習成就測驗分析」、「概念建構測驗分析」、「科學問題解決能力測驗分析」與「情境問題解決教學學習歷程分析」的順序，分別進行詳細的說明。

第一節 學習成就測驗成效分析

本節主要目的在比較「情境問題解決教學課程」和「傳統實驗教學課程」對學生學習成就測驗的影響。依據研究問題一「不同教學課程（情境問題解決教學、傳統實驗教學）對學生學習成就的成效有何差異？」進行分析與討論，並在下列呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。測驗結果分析如下：

一、學習成就測驗之敘述性統計分析

將學生的學習成就測驗前測、後測、追蹤測成績，依據教學分組（情境問題解決教學、傳統實驗教學），進行敘述性統計，其數據分析結果如表4-1-1所示。

表4-1-1 「不同教學課程」對學習成就測驗之t檢定（總分41分）

	成就前測		成就後測		成就追蹤測		t (後-前)	t (追-前)	
	N	M	SD	M	SD	M			SD
實驗組	61	14.47	5.42	17.49	8.08	17.07	8.53	3.93***	3.14**
對照組	65	14.84	5.41	15.29	9.03	14.49	8.54	0.50	0.38

註：1. N=126, *** $p < .001$

2. 實驗組：情境問題解決教學組, 對照組：對照組：傳統實驗教學組

從教學課程分組的角度來看，依據表4-1-1在學習成就測驗前測中，對照組（ $M_{前}=14.84$ ）的平均成績略高於實驗組（ $M_{前}=14.47$ ），但經過情境問題解決教學後，實驗組學生成就測驗後測與追蹤測的平均成績（ $M_{後}=17.49$ ， $M_{後}=17.07$ ）反而皆高於對照組（ $M_{後}=15.29$ ， $M_{後}=14.49$ ）的學生。

另外，就學習成就測驗t檢定來看，無論是後-前t檢定或追-前t檢定，實驗組（ $t_{後-前}=3.93$ ， $t_{追-前}=3.14$ ）的成績皆達顯著性差異，但對照組的成績（ $t_{後-前}=0.50$ ， $t_{追-前}=0.38$ ）未達顯著性差異。此結果顯示學生接受情境問題解決教學之後，學習成就測驗後測與追蹤測成績皆有進步且教學成效持久，但學生接受傳統實驗教學之後，學習成就測驗後測與追蹤測成績則沒有顯著進步。

二、學習成就測驗之推論性統計分析

將「教學課程」當作單一因子，進行單因子多變量共變數分析（one-factor MANCOVA）。在統計資料分析時以「教學課程」為自變項，「學習成就測驗前測成績」為共變數，「學習成就測驗後測成績」、「學習成就測驗追蹤測成績」為依變項，比較不同教學課程對後測與追蹤測成績有何差異，其數據分析結果如表4-1-2所示。

表4-1-2 教學課程對學習成就測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilks' Λ	df1	df2	F	P
共變量（學習成就前測）	0.52	2	121	23.75***	0.000
教學課程（實驗組、對照組）	0.94	2	121	2.72*	0.030

註：1. *** $p < .001$, * $p < .05$; df1：假設自由度；df2：誤差自由度

2. 實驗組：情境問題解決教學組, 對照組：對照組：傳統實驗教學組

從表4-1-2得知，「教學課程」（Wilks' $\Lambda=0.944$, $p=0.030$ ）對學習成就測驗後測與追蹤測之成績影響效果達到顯著性差異，以下再進行主要效果分析，其數據分析結果如表4-1-3所示。

表4-1-3 教學課程對學習成就測驗後測及追蹤測之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilks' Λ	單變量		事後比較
		後測	追蹤測	
教學課程	0.94*	4.83*	5.67*	後測：實驗組 > 對照組 追蹤：實驗組 > 對照組

註：1. * $p < .05$;

2. 實驗組：情境問題解決教學組, 對照組：對照組：傳統實驗教學組

從表4-1-3得知，依據「教學課程」進行單因子多變量共變數分析（one-factor MANCOVA），結果顯示不同教學課程在學習成就測驗後測（ $F=4.83$, $p=.030$ ）與追蹤測（ $F=5.67$, $p=.019$ ）成績皆達顯著性差異，經過事後比較，發現實驗組在學習成就測驗後測與追蹤測成績皆優於對照組學生。

依據上述的推論性統計之結果，支持假設1-1，不統教學課程對學生學習成就的成效（後測與追蹤測）達顯著性差異。

三、小結

學生經過情境問題解決教學後，學習成就測驗成績有顯著進步的情形，且教學成效顯著優於傳統實驗室教學，此外，情境問題解決教學組學生的學習效果較為持久。

第二節 概念建構測驗成效分析

本節主要目的在比較「情境問題解決教學課程」和「傳統實驗教學課程」對學生概念建構測驗的影響。依據研究問題二「不同教學課程（情境問題解決教學、傳統實驗教學）對學生學習概念建構的成效有何差異？」進行分析與討論，並在下列呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。測驗結果分析如下：

一、概念建構測驗之敘述性統計分析

將學生的概念建構測驗前測、後測、追蹤測成績，依據教學分組（情境問題解決教學、傳統實驗教學），進行敘述性統計，其數據分析結果如表4-2-1所示。

表4-2-1 「不同教學課程」對概念建構測驗之t檢定（總分30分）

	N	概念前測		概念後測		概念追蹤測		t (後-前)	t (追-前)
		M	SD	M	SD	M	SD		
實驗組	61	5.56	3.81	7.82	5.71	7.13	3.92	3.92***	2.69**
對照組	65	5.32	3.60	5.54	5.13	4.92	5.04	-0.17	-0.80

註：1. N=126, *** $p < .001$, ** $p < .01$

2. 實驗組：情境問題解決教學組, 對照組：對照組：傳統實驗教學組

從教學課程分組的角度來看，依據表4-2-1在概念建構測驗前測、後測、追蹤測中，實驗組($M_{前}=5.56, M_{後}=7.82, M_{後}=7.13$)的平均成績皆略高於對照組($M_{前}=5.32, M_{後}=5.54, M_{後}=4.92$)的學生。

另外，就概念建構測驗t檢定來看，無論是後-前t檢定或追-前t檢定，實驗組($t_{後-前}=3.92, t_{追-前}=2.69$)的成績皆達顯著性差異，但對照組的成績($t_{後-前}=-0.17, t_{追-前}=-0.79$)皆未達顯著性差異。此結果顯示學生接受情境問題解決教學之後，概念建構測驗後測與追蹤測成績皆有顯著進步且教學成效持久，但學生接受傳統實驗教學之後，概念建構測驗後測與追蹤測成績則沒有顯著進步。

二、概念建構測驗之推論性統計分析

將「教學課程」當作單一因子，進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)。在統計資料分析時以「教學課程」為自變項，「概念建構測驗前測成績」為共變數，「概念建構測驗後測成績」、「概念建構測驗追蹤測成績」為依變項，比較不同教學課程對後測與追蹤測成績有何差異，其數據分析結果如表4-2-2所示。

表4-2-2 教學課程對概念建構測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilks' Λ	df1	df2	F	p
共變量（概念建構前測）	0.58	2	111	40.17***	0.000
教學課程（實驗組、對照組）	0.91	2	111	5.29**	0.006

註：1. *** $p < .001$, ** $p < .01$ ；df1：假設自由度；df2：誤差自由度

2. 實驗組：情境問題解決教學組，對照組：對照組：傳統實驗教學組

從表4-2-2得知，「教學課程」（Wilks' $\Lambda=0.91$, $p=0.006$ ）對概念建構測驗後測與追蹤測之成績影響效果達到顯著性差異，以下再進行主要效果分析，其數據分析結果如表4-2-3所示。

表4-2-3 教學課程對概念建構測驗後測及追蹤測之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilks' Λ	單變量		事後比較
		後測	追蹤測	
教學課程	0.91**	10.43**	6.33*	後測：實驗組 > 對照組 追蹤：實驗組 > 對照組

註：1. ** $p < .01$, * $p < .05$ ；

2. 實驗組：情境問題解決教學組，對照組：對照組：傳統實驗教學組

從表4-2-3得知，依據「教學課程」進行單因子多變量共變數分析（one-factor MANCOVA），結果顯示不同教學課程在概念建構測驗後測（ $F=10.43$, $p=0.002$ ）與追蹤測（ $F=6.33$, $p=0.013$ ）成績皆達顯著性差異，經過事後比較，發現實驗組在概念建構測驗後測與追蹤測成績皆優於對照組學生。

依據上述的推論性統計之結果，支持假設2-1，不同教學課程對學生學習概念的成效（後測與追蹤測）達顯著性差異。

三、小結

學生經過情境問題解決教學後，概念建構測驗成績有顯著進步的情形，且教學成效顯著優於傳統實驗室教學，此外，情境問題解決教學組學生的學習效果較為持久。

第三節 問題解決測驗成效分析

本節主要目的在比較「情境問題解決教學課程」和「傳統實驗教學課程」對學生問題解決測驗的影響。依據研究問題三「不同教學課程（情境問題解決教學、傳統實驗教學）對學生問題解決測驗的成效有何差異？」進行分析與討論，並在下列呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。測驗結果分析如下：

一、問題解決測驗之敘述性統計分析

將學生的問題解決測驗前測、後測、追蹤測成績，依據教學分組（情境問題解決教學、傳統實驗教學），進行敘述性統計，其數據分析結果如表4-3-1所示。

表4-3-1 「不同教學課程」對問題解決測驗之t檢定

	問題前測			問題後測		問題追蹤測		<i>t</i>	<i>t</i>
	N	M	SD	M	SD	M	SD	(後-前)	(追-前)
實驗組	61	3.93	4.20	15.09	11.83	12.62	13.74	8.98***	6.02***
對照組	65	3.93	4.75	5.55	8.22	4.75	8.80	2.15*	0.99

註：1. $N=126$, *** $p < .001$, ** $p < .01$

2. 實驗組：情境問題解決教學組, 對照組：對照組：傳統實驗教學組

從教學課程分組的角度來看，依據表4-3-1，實驗組 ($M_{前}=3.93$) 與對照組 ($M_{前}=3.93$) 的問題解決測驗前測平均相近，在後測、追蹤測中，實驗組 ($M_{後}=15.09$, $M_{後}=12.62$) 的平均成績皆高於對照組 ($M_{後}=5.55$, $M_{後}=4.75$) 的學生。

另外，就問題解決測驗t檢定來看，無論是後-前t檢定或追-前t檢定，實驗組 ($t_{後-前}=8.98$, $t_{追-前}=6.02$) 的成績皆達顯著性差異，但對照組的成績 ($t_{後-前}=2.15$, $t_{追-前}=-0.99$) 僅後-前t檢定達顯著性差異，追-前t檢定未達顯著性差異。此結果顯示學生接受情境問題解決教學之後，問題解決測驗後測與追蹤測成績皆有顯著進步且教學成效持久，但學生接受傳統實驗教學之後，僅問題解決測驗後測成績有顯著進步但教學成效不持久。

二、問題解決測驗之推論性統計分析

將「教學課程」當作單一因子，進行單因子多變量共變數分析 (one-factor MANCOVA)。在統計資料分析時以「教學課程」為自變項，「問題解決測驗前測成績」為共變數，「問題解決測驗後測成績」、「問題解決測驗追蹤測成績」為依變項，比較不同教學課程對後測與追蹤測成績有何差異，其數據分析結果如表4-3-2所示。

表4-3-2 教學課程對問題解決測驗後測及追蹤測之單因子多變量共變數分析

變異來源	Wilks' Λ	<i>df</i> 1	<i>df</i> 2	<i>F</i>	<i>p</i>
共變量 (概念建構前測)	0.54	2	122	51.39***	0.000
教學課程 (實驗組、對照組)	0.72	2	122	23.38***	0.000

註：1. *** $p < .001$; *df*1：假設自由度；*df*2：誤差自由度

2. 實驗組：情境問題解決教學組, 對照組：對照組：傳統實驗教學組

從表4-3-2得知，「教學課程」(Wilks' $\Lambda=0.72$, $p=0.000$)對問題解決測驗後測與追蹤測之成績影響效果達到顯著性差異，以下再進行主要效果分析，其數據分析結果如表4-3-3所示。

表4-3-3 教學課程對問題解決測驗後測及追蹤測之主要效果摘要表

變異來源	多變量 Wilks' Λ	單變量		事後比較
		後測	追蹤測	
教學課程	0.72	46.89***	25.33***	後測：實驗組 > 對照組 追蹤：實驗組 > 對照組

註：1. ** $p < .01$, * $p < .05$;

2. 實驗組：情境問題解決教學組，對照組：對照組：傳統實驗教學組

從表4-3-3得知，依據「教學課程」進行單因子多變量共變數分析(one-factor MANCOVA)，結果顯示不同教學課程在問題解決測驗後測 ($F=46.89$, $p=0.00$)與追蹤測 ($F=25.33$, $p=0.000$)成績皆達顯著性差異，經過事後比較，發現實驗組在問題解決測驗後測與追蹤測成績皆優於對照組學生。

依據上述的推論性統計之結果，支持假設3-1，不同教學課程對學生問題解決測驗的成效(後測與追蹤測)達顯著性差異。

三、各測驗之間的相關與逐步迴歸分析

(一) 九個測驗之間的相關分析(Correlation)分析

為了瞭解學習成就、概念建構測驗與問題解決測驗之間是否有相關性，我們將研究中所採用的學習成就測驗、概念建構測驗與問題解決測驗之前測、後測、追蹤測，共九個測驗之間的相關係數整理如表4-3-4所示。

表4-3-4 學習成就測驗、概念建構測驗與問題解決測驗之前測、後測、追蹤測間的相關係數表

	成就前	成就後	成就追	概念前	概念後	概念追	問題前	問題後	問題追
成就前	1								
成就後	.67***	1							
成就追	.55***	.66***	1						
概念前	.60***	.64***	.57***	1					
概念後	.65***	.86***	.67***	.59***	1				
概念追	.59***	.70***	.86***	.61***	.76***	1			
問題前	.49***	.56***	.58***	.55***	.57***	.61***	1		
問題後	.57***	.71***	.67***	.61***	.75***	.77***	.58***	1	
問題追	.49***	.56***	.73***	.63***	.60***	.79***	.61***	.83***	1

註：1. *** $p < .001$, 2. 成就：學習成就測驗，概念：概念建構測驗，問題：問題解決測驗

從表4-3-4得知，這九個測驗的皮爾森相關均達顯著，所有測驗之間 p 值都在 0.001 以下，由此可知這這九個測驗之間屬於中度相關。從三份測驗的相關分析中得知學習成就測驗前測、概念建構測驗前測與問題解決測驗前測呈中度相關；學習成就測驗後測、概念建構測驗後測與問題解決測驗後測呈中度相關；學習成就測驗追蹤測、概念建構測驗追蹤測與問題解決測驗追蹤測呈中度相關；學習成就測驗後測、概念建構測驗後測與問題解決測驗追蹤測呈中度相關；學習成就測驗前測、概念建構測驗前測與問題解決測驗後測呈中度相關，因此進一步以逐步迴歸進行分析。

(二) 問題解決測驗之前測、後測、追蹤測與學習成就測驗、概念建構測驗的逐步迴歸分析

為了瞭解學習成就與概念建構測驗是否對問題解決測驗有解釋力，分別將學習成就與概念建構測驗的前測、後測、追蹤測對問題解決測驗的前測、後測、追蹤測進行逐步迴歸分析。

1. 以學習成就測驗前測、概念建構測驗前測為預測變項，進行問題解決測驗前測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表4-3-5所示。根據逐步迴歸分析數據估計顯示，概念建構測驗前測的Beta值為0.53， t 值為4.09 ($p=0.000$)，學習成就測驗前測的Beta值為0.27， t 值為2.11 ($p=0.038$)。第一個預測問題解決測驗前測的最佳變項是概念建構測驗前測，其獨立可解釋問題解決測驗前測60.2%的變異量，而第二個被選入的預測變項是學習成就測驗前測，其獨立可解釋問題解決測驗前測1.5%的變異量，故此模式中，共包含學習成就測驗前測、概念建構測驗前測二個預測變項，總共可解釋問題解決測驗前測61.0%的變異量。
2. 以學習成就測驗後測、概念建構測驗後測為預測變項，進行問題解決測驗後測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表4-3-5所示。根據逐步迴歸分析數據估計顯示，概念建構測驗後測的Beta值為0.55， t 值為4.88 ($p=0.000$)，學習成就測驗後測的Beta值為0.24， t 值為2.08 ($p=0.040$)。第一個預測問題解決測驗後測的最佳變項是概念建構測驗後測，其獨立可解釋問題解決測驗後測56.8%的變異量，而第二個被選入的預測變項是學習成就測驗後測，其獨立可解釋問題解決測驗後測1.5%的變異量，故此模式中，共包含學習成就測驗後測、概念建構測驗後測二個預測變項，總共可解釋問題解決測驗後測58%的變異量。
3. 以學習成就測驗追蹤測、概念建構測驗追蹤測為預測變項，進行問題解決測驗追蹤測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表4-3-5所示。根據逐步迴歸分析數據估計顯示，概念建構測驗追蹤測的Beta值為0.79， t 值為14.45 ($p=0.000$)，學習成就測驗追蹤測未被選入。預測問題解決測驗追蹤測的最佳變項是概念建構測驗追蹤測，其獨立可解釋問題解決測驗追蹤測62.7%的變異量。故此模式中，只包含概念建構測驗追蹤測一個預測變項，總共可解釋問題解決測驗追蹤

測62% 的變異量。

表4-3-5 問題解決測驗之前測、後測、追蹤測的逐步迴歸摘要表

選入變數	標準化係數 (Beta分配)	解釋變異量	<i>t</i>	<i>P</i>
預測變項：問題解決測驗前測				
概念建構測驗前測	0.53	0.602	4.09***	0.000
學習成就測驗前測	0.27	0.015	2.11*	0.038
<i>R</i>	0.08			
<i>R</i> ²	0.61			
預測變項：問題解決測驗後測				
概念建構測驗後測	0.55	0.568	4.88***	0.000
學習成就測驗後測	0.24	0.015	2.08*	0.040
<i>R</i>	0.76			
<i>R</i> ²	0.58			
預測變項：問題解決測驗追蹤測				
概念建構追蹤測	0.79	0.627	14.45***	.000
<i>R</i>	0.79			
<i>R</i> ²	0.62			
預測變項：問題解決測驗追蹤測				
概念建構後測	0.76	0.570	12.97***	0.000
<i>R</i>	0.76			
<i>R</i> ²	0.57			
預測變項：問題解決測驗後測				
概念建構前測	0.55	0.649	4.55***	0.000
學習成就測驗前測	0.28	0.016	2.33*	0.021
<i>R</i>	0.82			
<i>R</i> ²	0.67			

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

4. 以學習成就測驗後測、概念建構測驗後測為預測變項，進行問題解決測驗追蹤測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表4-3-5所示。根據逐步迴歸分析數據估計顯示，概念建構測驗後測的Beta值為0.76，*t*值為12.97（*p*=0.000），學習成就測驗後測未被選入。預測問題解決測驗追蹤測的最佳變項是概念建構測驗後測，其獨立可解釋問題解決測驗追蹤測57.0% 的變異量。故此模式中，只包

含概念建構測驗追蹤測一個預測變項，總共可解釋問題解決測驗追蹤測57%的變異量。

5. 以學習成就測驗前測、概念建構測驗前測為預測變項，進行問題解決測驗後測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表4-3-5所示。根據逐步迴歸分析數據估計顯示，概念建構測驗前測的Beta值為0.55， t 值為4.55 ($p=0.000$)，學習成就測驗前測的Beta值為0.28， t 值為2.33 ($p=0.021$)。第一個預測問題解決測驗後測的最佳變項是概念建構測驗前測，其獨立可解釋問題解決測驗後測64.9%的變異量，而第二個被選入的預測變項是學習成就測驗前測，其獨立可解釋問題解決測驗後測1.6%的變異量，故此模式中，共包含學習成就測驗前測、概念建構測驗前測二個預測變項，總共可解釋問題解決測驗後測67%的變異量。

(二) 實驗組學生問題解決測驗之前測、後測、追蹤測與學習成就測驗、概念建構測驗的逐步迴歸分析

為了瞭解實驗組學生的學習成就與概念建構測驗是否比對照組學生對問題解決測驗有解釋力，分別將學習成就與概念建構測驗的前測、後測、追蹤測對問題解決測驗的前測、後測、追蹤測進行逐步迴歸分析。

1. 以實驗組學生學習成就測驗前測、概念建構測驗前測為預測變項，進行問題解決測驗前測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表4-3-6所示。根據逐步迴歸分析數據估計顯示，概念建構測驗前測的Beta值為0.78， t 值為9.11 ($p=0.000$)，學習成就測驗前測未被選入。預測問題解決測驗前測的最佳變項是概念建構測驗前測，其獨立可解釋問題解決測驗前測60.6%的變異量，故此模式中，只包含概念建構測驗前測一個預測變項，總共可解釋問題解決測驗前測61%的變異量。
2. 以實驗組學生學習成就測驗後測、概念建構測驗後測為預測變項，進行問題解決測驗後測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表4-3-6所示。根據逐步迴歸分析數據估計顯示，概念建構測驗後測的Beta值為0.50， t 值為2.90 ($p=0.005$)，學習成就測驗後測的Beta值為0.43， t 值為2.47 ($p=0.017$)。第一個預測問題解決測驗後測的最佳變項是概念建構測驗後測，其獨立可解釋問題解決測驗後測82.2%的變異量，而第二個被選入的預測變項是學習成就測驗後測，其獨立可解釋問題解決測驗後測1.7%的變異量，故此模式中，共包含學習成就測驗後測、概念建構測驗後測二個預測變項，總共可解釋問題解決測驗後測84%的變異量。
3. 以實驗組學生學習成就測驗追蹤測、概念建構測驗追蹤測為預測變項，進行問題解決測驗追蹤測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表4-3-6所示。根據逐步

迴歸分析數據估計顯示，概念建構測驗追蹤測的Beta值為0.88， t 值為14.28（ $p=0.000$ ），學習成就測驗追蹤測未被選入。預測問題解決測驗追蹤測的最佳變項是概念建構測驗追蹤測，其獨立可解釋問題解決測驗追蹤測77.3%的變異量。故此模式中，只包含概念建構測驗追蹤測一個預測變項，總共可解釋問題解決測驗追蹤測77%的變異量。

表4-3-6 實驗組學生問題解決測驗之前、後、追蹤測的逐步迴歸摘要表

選入變數	標準化係數 (Beta分配)	解釋 變異量	t	p
預測變項：問題解決測驗前測				
概念建構前測	0.78	0.606	9.11***	.000
R	0.78			
R^2	0.61			
預測變項：問題解決測驗後測				
概念建構後測	0.50	0.822	2.90*	0.005
學習成就後測	0.43	0.017	2.47*	0.017
R	0.92			
R^2	0.84			
預測變項：問題解決測驗追蹤測				
概念建構追蹤測	0.88	0.773	14.28***	0.000
R	0.88			
R^2	0.77			
預測變項：問題解決測驗追蹤測				
概念建構後測	0.78	0.612	9.73***	0.000
R	0.78			
R^2	0.61			
預測變項：問題解決測驗後測				
概念建構前測	0.44	0.774	3.40**	.001
學習成就前測	0.50	0.041	3.80***	.000
R	0.90			
R^2	0.81			

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

4. 以實驗組學生學習成就測驗後測、概念建構測驗後測為預測變項，進行問題解決測驗追蹤測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表4-3-6所示。根據逐步迴歸

分析數據估計顯示，概念建構測驗後測的Beta值為0.78， t 值為9.73（ $p=0.000$ ），學習成就測驗後測未被選入。預測問題解決測驗追蹤測的最佳變項是概念建構測驗後測，其獨立可解釋問題解決測驗追蹤測61.2%的變異量。故此模式中，只包含概念建構測驗追蹤測一個預測變項，總共可解釋問題解決測驗追蹤測61%的變異量。

5. 以實驗組學生學習成就測驗前測、概念建構測驗前測為預測變項，進行問題解決測驗後測之逐步迴歸分析，其數據分析結果如表4-3-6所示。根據逐步迴歸分析數據估計顯示，概念建構測驗前測的Beta值為0.44， t 值為3.40（ $p=0.001$ ），學習成就測驗前測的Beta值為0.50， t 值為3.80（ $p=0.000$ ）。第一個預測問題解決測驗後測的最佳變項是概念建構測驗前測，其獨立可解釋問題解決測驗後測77.4%的變異量，而第二個被選入的預測變項是學習成就測驗前測，其獨立可解釋問題解決測驗後測4.1%的變異量，故此模式中，共包含學習成就測驗前測、概念建構測驗前測二個預測變項，總共可解釋問題解決測驗後測81%的變異量。

依據表4-3-5和4-3-6的迴歸分析中發現，「概念建構測驗」前、後、追蹤測對「問題解決測驗」前、後、追蹤測有解釋力，「學習成就測驗」前、後、追蹤測在「概念建構測驗」的影響下，只有「學習成就測驗前測」、「學習成就測驗後測」對「問題解決測驗後測」皆具有解釋力。再從各項的解釋變異量來看，顯示出「概念建構測驗」不論是在前、後、追蹤測，對於「問題解決測驗」的預測，都比「學習成就測驗」具有更強的預測力。此外，實驗組學生的各項「學習成就測驗」與「概念建構測驗」成績預測「問題解決測驗測驗」的解釋力也皆大於全體學生成績對「問題解決測驗測驗」的解釋力。由此可見，接受情境問題解決測驗學生的「學習成就測驗」與「概念建構測驗」成績對「問題解決測驗測驗」有可好的解釋力。

四、問題解決測驗質性分析

由上述三份測驗的逐步迴歸分析結果來看，顯示學生學習成就測驗與概念建構測驗對問題解決測驗都具有解釋力。此外，由問題解決測驗敘述性統計、推論性統計結果可知實驗組的「問題解決測驗」表現優於對照組，為了進一步瞭解實驗組與對照組學生的概念學習在問題解決能力上所扮演的角色與影響的情形，我們針對問題解決測驗的方法與解釋的部份進行進一步的分析比較。

依據研究問題五「學生在兩種不同教學課程（情境問題解決教學、傳統實驗教學）前、後，面對各個問題所提出的方法與針對方法提出解釋的情形為何？」，以問題解決測驗（前、後、追蹤測）內容來分析，比較實驗組與對照組學生面對六個問題提出的方法和針對方法提出解釋的次數與百分率進行統整分析。

不同教學課程學生的問題解決測驗前、後、追蹤測針對問題一提出方法與解釋的次數與百分率統計，其數據分析結果如下表4-3-7、4-3-8所示。

表4-3-7 不同教學課程學生針對問題一提出方法的次數與百分率之敘述性統計

問題一	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題一：如何分辨鈉、鎂、鐵、銅、硫、碳等元素？												
方法完整：提出的方法必須能解決此問題，且方法具體可行												
外觀	7	12.5	12	22.6	17	30.9	5	7.9	9	14.1	5	8.3
氧化物酸鹼性	2	3.6	8	15.1	9	16.4	1	1.6	6	9.4	7	11.7
磁性	0	0	1	1.9	3	5.5	0	0	0	0	1	1.7
導熱性	0	0	4	7.5	0	0	0	0	0	0	0	0
導電性	4	7.1	6	11.3	7	12.7	0	0	4	6.3	3	5
延展性	0	0	1	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0
活性	3	1.8	11	20.8	19	34.5	0	0	5	6.3	1	1.7
熔點沸點	1	3.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
密度	1	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
元素特有性質	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	18	30.4	43	81.1	55	100	6	9.5	24	36.1	17	28.4
方法部份完整：方法符合科學原理，但方法部份完整或方法執行錯誤，導致不能解決問題												
外觀	2	3.6	3	5.7	3	5.5	7	11.1	3	4.7	1	1.7
氧化物酸鹼性	12	21.4	7	13.2	10	18.2	7	11.1	10	15.6	4	6.7
磁性	0	0	0	0	0	0	1	1.6	0	0	0	0
導熱性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
導電性	0	0	0	0	0	0	1	1.6	0	0	0	0
延展性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
活性	7	12.5	2	3.8	0	0	9	14.3	3	4.7	0	0
熔點沸點	1	1.8	0	0	2	3.6	2	3.2	0	0	0	0
密度	1	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
元素特有性質	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	23	41.1	12	22.7	15	27.3	27	42.9	16	25	5	8.4

表4-3-8 不同教學課程學生針對問題一提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計

問題一	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題一：如何分辨鈉、鎂、鐵、銅、硫、碳等元素？												
解釋正確：												
外觀	2	3.6	1	1.9	3	5.5	0	0	1	1.6	1	1.7
氧化物酸鹼性	1	1.8	1	1.9	2	3.6	0	0	0	0	0	0
磁性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
導熱性	0	0	2	3.8	1	1.8	0	0	0	0	0	0
導電性	0	0	2	3.8	1	1.8	0	0	1	1.6	2	3.3
延展性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
活性	0	0	1	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0
熔點沸點	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
密度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
元素特有性質	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	3	5.4	7	13.3	7	12.7	0	0	2	3.2	3	5
不解釋正確：												
外觀	2	3.6	2	3.8	2	3.6	2	3.2	1	1.6	0	0
氧化物酸鹼性	2	3.6	2	3.8	2	3.6	1	1.6	2	3.1	3	5
磁性	0	0	1	1.9	1	1.8	0	0	0	0	0	0
導熱性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
導電性	1	1.8	2	3.8	2	3.6	3	4.8	0	0	0	0
延展性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
活性	3	5.4	1	1.9	3	5.5	1	1.6	0	0	0	0
熔點沸點	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
密度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
元素特有性質	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	8	14.4	8	15.2	10	18.1	10	11.2	3	4.7	3	5

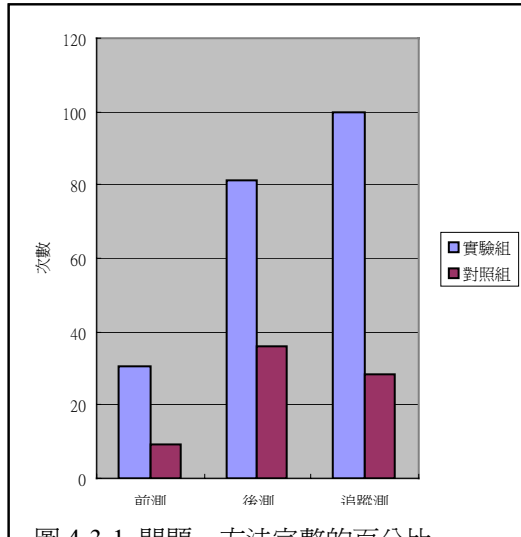


圖 4-3-1 問題一方法完整的百分比

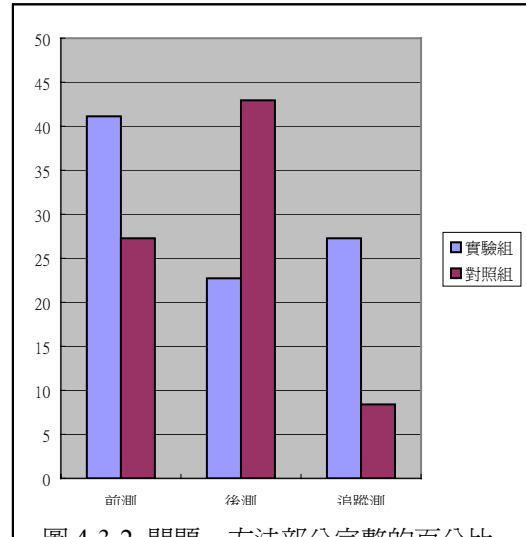


圖 4-3-2 問題一方法部分完整的百分比

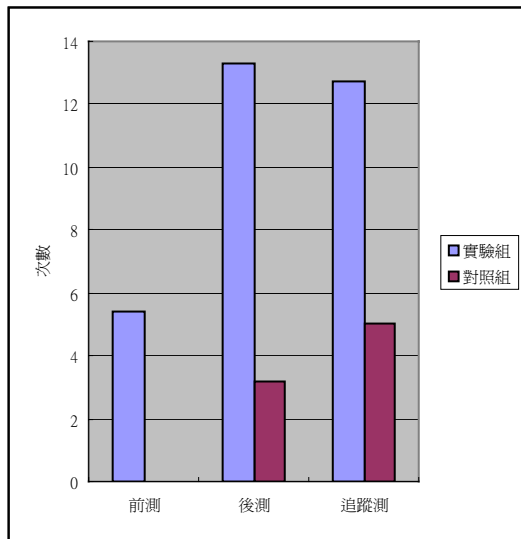


圖 4-3-3 問題一解釋正確的百分比

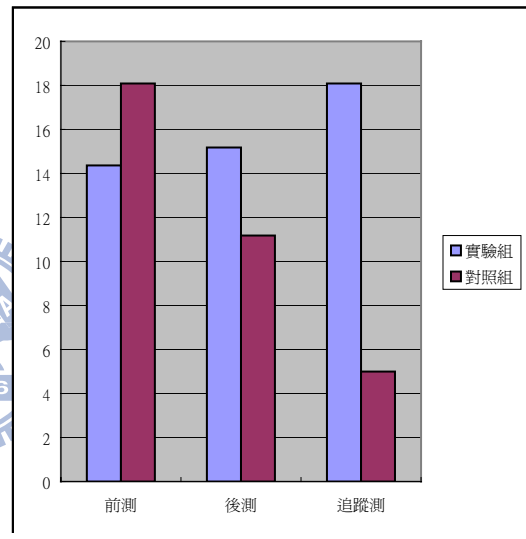


圖 4-3-4 問題一解釋部分正確的百分比

從表4-3-7、表4-3-8、圖4-3-1、圖4-3-2、圖4-3-3、圖4-3-4可知，教學前後，不論實驗組或對照組學生提出的方法完整或方法部分完整，其方法背後所包含的科學概念主要以「外觀」、「氧化物酸鹼性」、「活性」等概念為主。教學前後，實驗組學生提出的解釋正確或解釋部分正確，其解釋背後所包含的科學概念主要以「外觀」、「氧化物酸鹼性」、「導電」、「導熱」、「活性」等概念為主；對照組學生提出的解釋正確或解釋部分正確，其解釋背後所包含的科學概念主要以「外觀」、「氧化物酸鹼性」、「導電」等概念為主。

將實驗組與對照組提出的方法次數及百分比率進行比較，結果發現，實驗組學生在後測提出的方法部分完整的百分比率低於對照組，但整體而言，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的方法完整及方法部分完整的百分比率明顯高於對照組。

將實驗組與對照組提出的解釋次數及百分比率進行比較，結果發現，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的解釋正確及解釋部分正確的百分比率明顯高於對照組。

(二)不同教學課程學生的問題解決測驗前、後、追蹤測針對問題二提出方法與解釋的次數與百分率統計，其數據分析結果如下表4-3-9、4-3-10、圖4-3-5、圖4-3-6、圖4-3-7、圖4-3-8所示。

表4-3-9 不同教學課程學生針對問題二提出方法的次數與百分率之敘述性統計

問題二	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題二：在實驗桌上有三種不知名的元素 (X、Y、Z)和該元素的氧化物 (XO、YO、ZO) 及碳粉，請你將這三種元素對氧的活性大小排列出來。)												
方法完整：提出的方法必須能解決此問題，且方法具體可行												
用未知氧化物與未知元素共同加熱	0	0	0	0	1	1.9	1	1.6	1	1.6	0	0
用未知元素與未知元素氧化物共同加熱	0	0	5	11.4	5	9.4	0	0	1	1.6	1	1.8
小計	0	0	5	11.4	6	11.3	1	1.6	2	3.2	1	1.8
方法部份完整：方法符合科學原理，但方法部份完整或方法執行錯誤，導致不能解決問題												
用未知氧化物與未知元素共同加熱	0	0	0	0	2	3.8	0	0	1	1.6	2	3.5
用未知元素與未知元素氧化物共同加熱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	0	0	0	0	2	3.8	0	0	1	1.6	2	3.5

表4-3-10 不同教學課程學生針對問題二提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計

問題二	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題二：在實驗桌上有三種不知名的元素 (X、Y、Z)和該元素的氧化物 (XO、YO、ZO) 及碳粉，請你將這三種元素對氧的活性大小排列出來。)												
解釋正確：												
用未知氧化物與未知元素共同加熱	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.6	0	0
用未知元素與未知元素氧化物共同加熱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.6	0	0

不解釋正確：

用未知氧化物與未知元素共同加熱	0	0	2	4.5	3	5.7	1	1.6	1	1.6	0	0
用未知元素與未知元素氧化物共同加熱	0	0	0	0	3	5.7	0	0	0	0	0	0
活性大小	3	4.9	1	1.6	3	1.9	1	1.5	1	1.5	1	1.8
小計	3	4.9	3	6.1	9	13.3	2	3.1	2	3.1	1	1.8

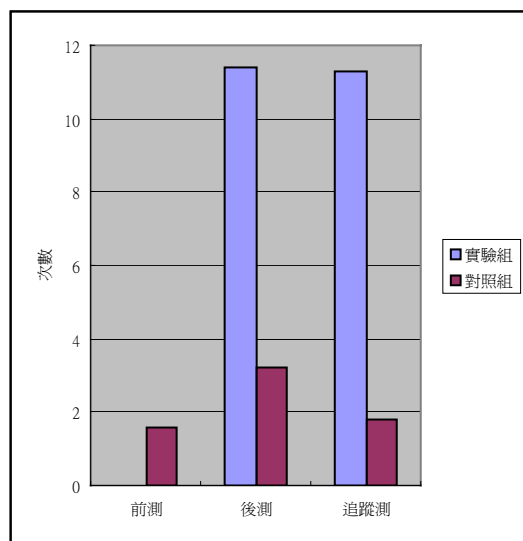


圖 4-3-5 問題二方法完整的百分比

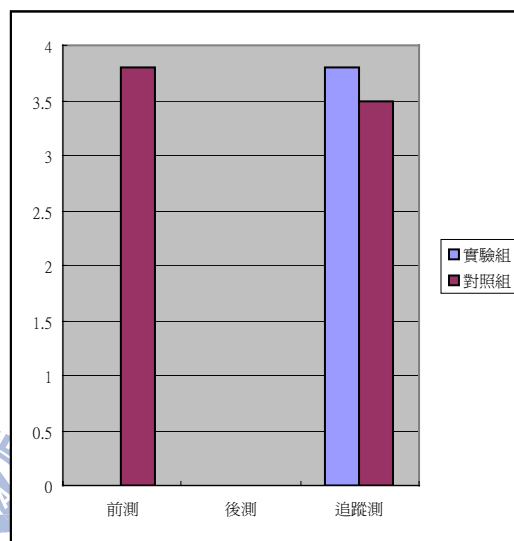


圖 4-3-6 問題二方法部分完整的百分比

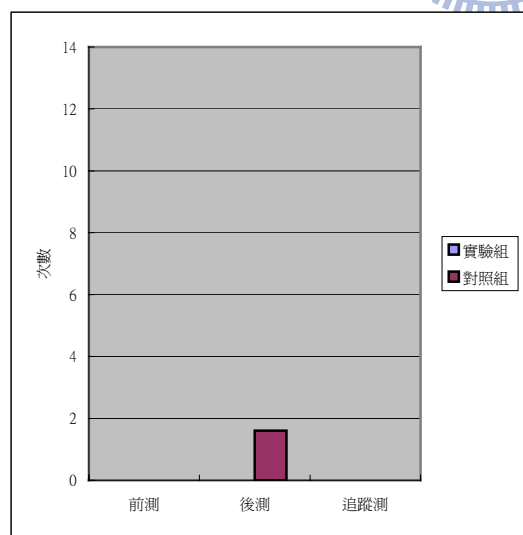


圖 4-3-7 問題二解釋正確的百分比

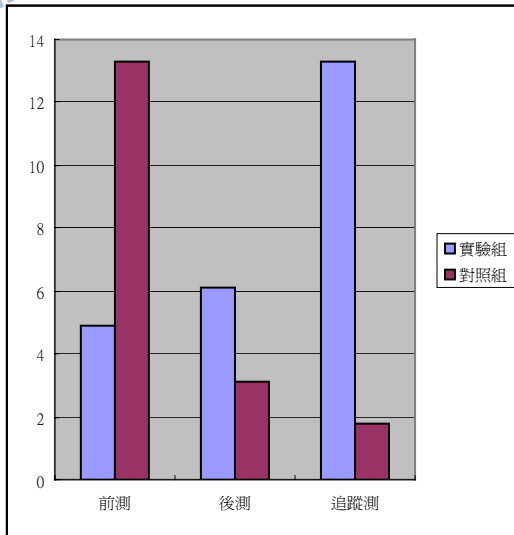


圖 4-3-8 問題二解釋部分正確的百分比

從表4-3-9、表4-3-10、圖4-3-5、圖4-3-6、圖4-3-7、圖4-3-8可知，教學前後，不論實驗組或對照組學生提出的方法完整或方法部分完整，使用的方法皆包

括「用未知元素與未知元素氧化物共同加熱」、「用未知氧化物與未知元素共同加熱」。

將實驗組與對照組提出的方法次數及百分比率進行比較，結果發現，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的方法完整及方法部分完整的百分比率明顯高於對照組。

將實驗組與對照組提出的解釋次數及百分比率進行比較，結果發現，雖然對照組後測提出的解釋正確的百分比率高於實驗組，但整體而言實驗組提出的解釋正確及解釋部分正確的百分比率明顯高於對照組。

(三) 不同教學課程學生的問題解決測驗前、後、追蹤測針對問題三提出方法與解釋的次數與百分率統計，其數據分析結果如下表4-3-11、表4-3-12、圖4-3-9、圖4-3-10、圖4-3-11、圖4-3-12所示。

表4-3-11 不同教學課程學生針對問題三提出方法的次數與百分率之敘述性統計

問題三	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題三：如何在最短的時間內將分派的大塊的500公克牛肉全部烤熟？												
方法完整：提出的方法必須能解決此問題，且方法具體可行												
濃度	0	0	1	1.6	1	1.8	0	0	0	0	1	1.8
溫度	1	1.8	1	1.6	9	15.8	4	6.5	6	9.8	4	7.1
接觸面積	1	1.8	24	39.3	16	28.1	6	9.7	17	27.9	9	16.1
加入催化劑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
活性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
溫度+接觸面積	2	3.5	7	11.5	0	0	3	4.8	2	3.3	3	5.4
小計	4	7.1	33	54	26	45.7	13	21	25	41	17	30.4
方法部份完整：方法符合科學原理，但方法部份完整或方法執行錯誤，導致不能解決問題												
濃度	0	0	3	4.9	0	0	0	0	3	4.9	1	1.8
溫度	5	8.8	26	41.6	11	19.3	4	6.5	16	26.2	5	8.9
接觸面積	1	1.8	4	6.6	0	0	1	1.6	2	3.3	0	0
加入催化劑	0	0	2	3.3	0	0	0	0	1	1.6	1	1.8
活性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
溫度+接觸面積	0	0	1	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	6	10.6	36	58	11	19.3	5	8.1	22	36	7	12.5

表4-3-12 不同教學課程學生針對問題三提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計

問題三	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題三：如何在最短的時間內將分派的大塊的500公克牛肉全部烤熟？												
解釋正確：												
濃度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
溫度	0	0	5	8.2	1	1.8	0	0	1	1.6	1	1.8
接觸面積	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
加入催化劑	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
活性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
溫度+接觸面積	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	0	0	5	8.2	1	1.8	0	0	1	1.6	1	1.8
解釋部份正確：												
濃度	0	0	1	1.6	0	0	0	0	1	1.6	0	0
溫度	1	1.8	9	14.8	9	15.8	1	1.6	4	6.6	3	5.4
接觸面積	2	3.5	4	6.6	7	12.3	1	1.6	1	3.3	3	5.4
加入催化劑	0	0	3	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0
活性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
溫度+接觸面積	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	3	5.3	17	27.9	16	28.1	2	3.2	6	11.5	6	10.8

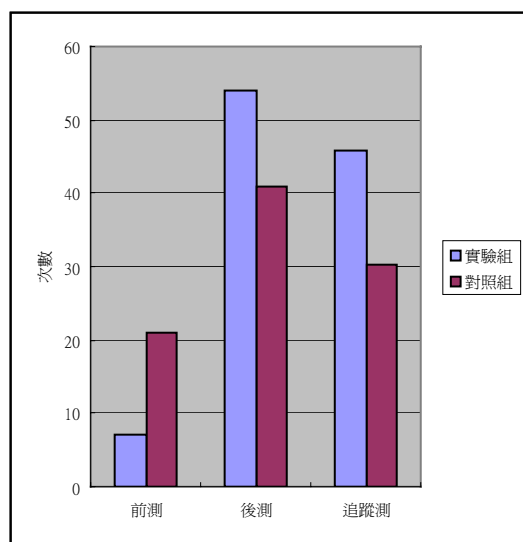


圖 4-3-9 問題三方法完整的百分比

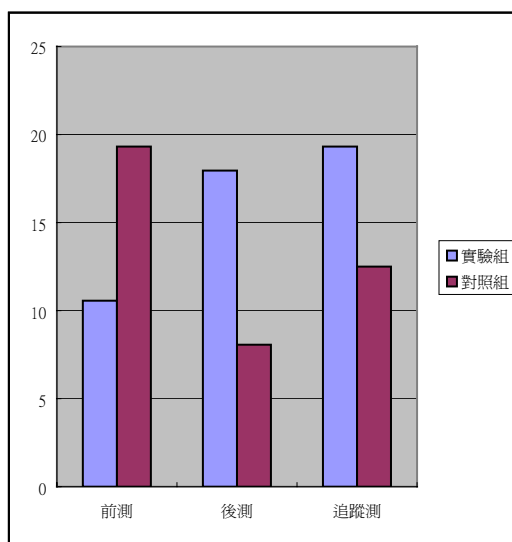


圖 4-3-10 問題三方法部份完整的百分比

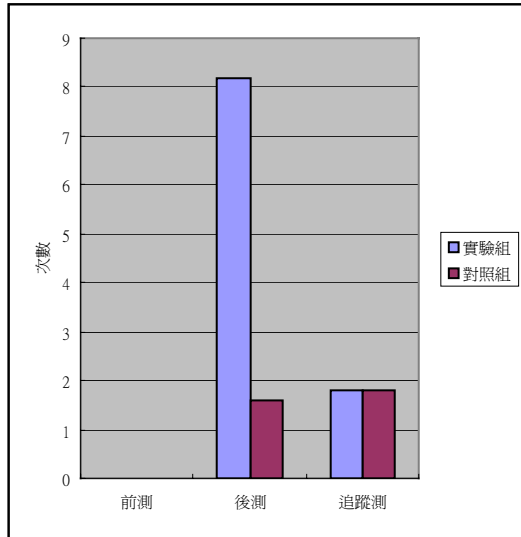


圖 4-3-11 問題三解釋正確的百分比

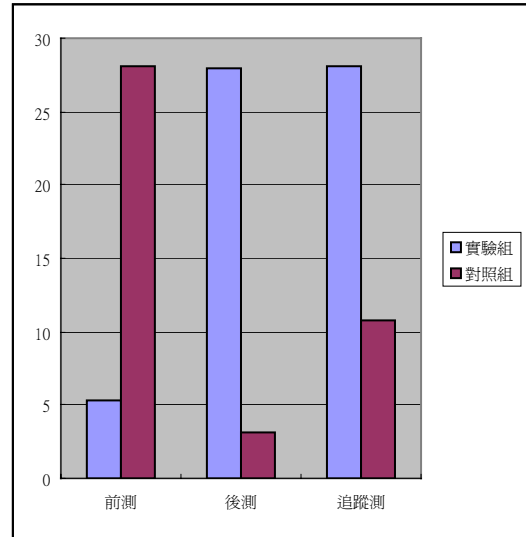


圖 4-3-12 問題三解釋部分正確的百分比

從表4-3-11、表4-3-12、圖4-3-9、圖4-3-10、圖4-3-11、圖4-3-12可知，教學前後，不論實驗組或對照組學生提出的方法完整或方法部分完整，使用的方法其背後包括的科學概念主要以「接觸面積」、「溫度」、「溫度+接觸面積」為主。實驗組或對照組學生提出的解釋正確或解釋部分正確，解釋背後包括的科學概念主要以「接觸面積」、「溫度」為主。

將實驗組與對照組提出的方法次數及百分比率進行比較，結果發現，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的方法完整及方法部分完整的百分比率明顯高於對照組。

將實驗組與對照組提出的解釋次數及百分比率進行比較，結果發現，雖然對照組後測提出的解釋正確的百分比率與實驗組相等，但整體而言實驗組提出的解釋正確及解釋部分正確的百分比率明顯高於對照組。

(四) 不同教學課程學生的問題解決測驗前、後、追蹤測針對問題四提出方法與解釋的次數與百分率統計，其數據分析結果如下表4-3-13、表4-3-14、圖4-3-13、圖4-3-14、圖4-3-15、圖4-3-16所示。

表4-3-13 不同教學課程學生針對問題四提出方法的次數與百分率之敘述性統計

問題四	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題四：如何讓鐘乳石形成？												
方法完整：提出的方法必須能解決此問題，且方法具體可行												
改變酸鹼性	0	0	7	11.5	5	1.9	0	0	2	3.4	1	1.8
改變溫度	0	0	1	1.6	2	1.9	2	3.4	0	0	0	0
改變濃度	3	1.9	4	6.6	11	20.8	4	6.8	4	6.8	6	1.8
改變壓力	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	3	1.9	12	19.7	18	24.6	6	10.2	6	10	7	3.6
方法部份完整：方法符合科學原理，但方法部份完整或方法執行錯誤，導致不能解決問題												
改變酸鹼性	5	9.3	4	6.6	3	5.7	5	8.5	1	1.7	2	3.5
改變溫度	5	9.3	2	3.3	5	9.4	9	15.3	1	1.7	2	3.6
改變濃度	9	22.2	11	18.0	5	9.4	10	16.9	4	6.8	3	5.3
改變壓力	1	1.9	2	3.3	1	1.9	2	3.4	1	1.7	1	1.8
小計	20	42.7	19	31.2	14	26.4	26	44.1	7	11.9	8	14.2

表4-3-14 不同教學課程學生針對問題四提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計

問題四	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題四：如何讓鐘乳石形成？												
解釋正確：												
改變酸鹼性	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
改變溫度	0	0	0	0	1	1.9	0	0	0	0	0	0
改變濃度	0	0	0	0	1	1.9	0	0	0	0	0	0
改變壓力	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	0	0	0	0	2	3.8	0	0	0	0	0	0
不解釋正確：												
改變酸鹼性	5	9.3	4	6.6	2	3.8	0	0	2	3.4	2	3.5
改變溫度	1	1.9	0	0	0	0	2	3.4	0	0	1	1.8
改變濃度	5	9.3	6	9.8	1	1.9	3	5.1	0	0	0	0
改變壓力	0	0	1	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	11	20.5	11	18	3	5.7	5	8.5	2	3.4	3	5.3

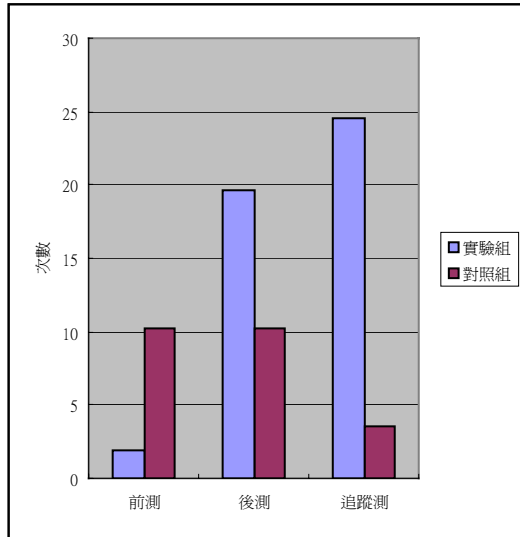


圖 4-3-13 問題四方法完整的百分比

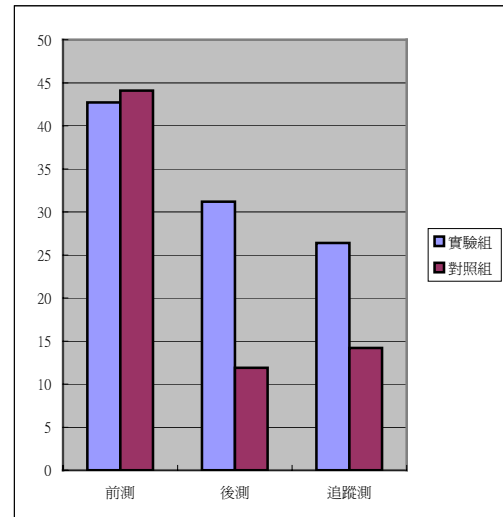


圖 4-3-14 問題四方法部分完整的百分比

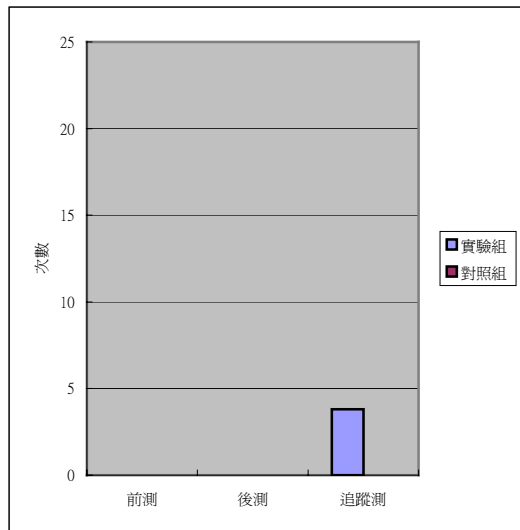


圖 4-3-15 問題四解釋正確的百分比

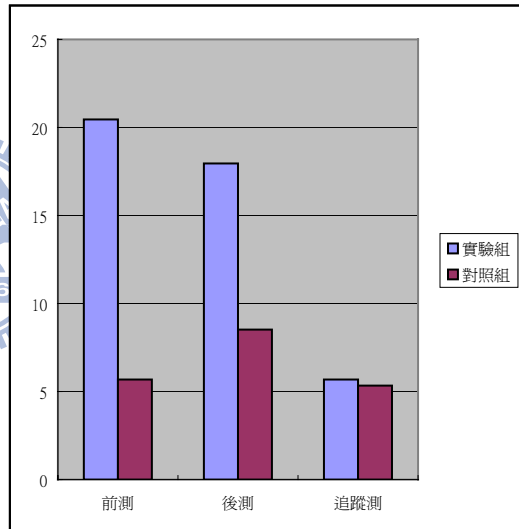


圖 4-3-16 問題四解釋部份正確的百分比

從表4-3-13、表4-3-14、圖4-3-13、圖4-3-14、圖4-3-15、圖4-3-16可知，教學後，不論實驗組或對照組學生提出的方法完整或方法部分完整，使用的方法主要以「改變酸鹼性」、「改變物質濃度」為主。實驗組或對照組學生提出的解釋正確或解釋部分正確，解釋背後包括的科學概念主要以「改變酸鹼性」、「改變物質濃度」為主。

將實驗組與對照組提出的方法次數及百分比率進行比較，結果發現，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的方法完整及方法部分完整的百分比率明顯高於對照組。將實驗組與對照組提出的解釋次數及百分比率進行比較，結果發現，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的解釋正確及解釋部分正確的百分比率明顯高於對照組。

(五) 不同教學課程學生的問題解決測驗前、後、追蹤測針對問題五提出方法與解釋的次數與百分率統計，其數據分析結果如下表4-3-15、表4-3-16、圖4-3-17、圖4-3-18、圖4-3-19、圖4-3-20所示。

表4-3-15 不同教學課程學生針對問題五提出方法的次數與百分率之敘述性統計

問題五	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題五：如何搬動書櫃？												
方法完整：提出的方法必須能解決此問題，且方法具體可行												
改變物體	6	10.9	36	59.0	19	32.2	2	3.4	7	11.3	4	6.3
正向作用力												
改變接觸面性質	2	3.6	8	13.1	7	11.9	2	3.4	3	4.8	4	6.3
關於讓物體以滾動方式移動	1	9.1	33	54.1	19	32.2	1	1.7	9	14.5	7	11.1
小計	9	23.6	77	126.2	45	76.3	5	8.5	19	31	15	23.7
方法部份完整：方法符合科學原理，但方法部份完整或方法執行錯誤，導致不能解決問題												
改變物體	0	0	1	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0
正向作用力												
改變接觸面性質	0	0	5	8.2	4	6.8	0	0	2	3.2	0	0
關於讓物體以滾動方式移動	1	1.8	5	8.2	3	5.1	0	0	0	0	1	1.6
小計	1	1.8	11	18	7	11.9	0	0	2	3.2	1	1.6

表4-3-16 不同教學課程學生針對問題五提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計

問題五	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題五：如何搬動書櫃？												
解釋正確：												
改變物體	0	0	1	1.6	4	6.8	0	0	1	1.6	1	1.6
正向作用力												
改變接觸面性質	0	0	1	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0
關於讓物體以滾動方式移動	0	0	1	1.6	1	1.7	0	0	1	1.6	1	1.6
小計	0	0	3	4.8	5	8.5	0	0	2	3.2	2	3.2
不解釋正確：												
改變物體	3	5.5	1	1.6	13	22.0	0	0	5	8.1	3	4.8
正向作用力												
改變接觸面性質	0	0	3	4.9	9	15.3	0	0	0	0	3	4.8
關於讓物體以滾動方式移動	0	0	1	1.6	2	3.4	0	0	0	0	2	3.2
小計	3	5.5	5	8.1	24	40.7	0	0	5	8.1	8	12.8

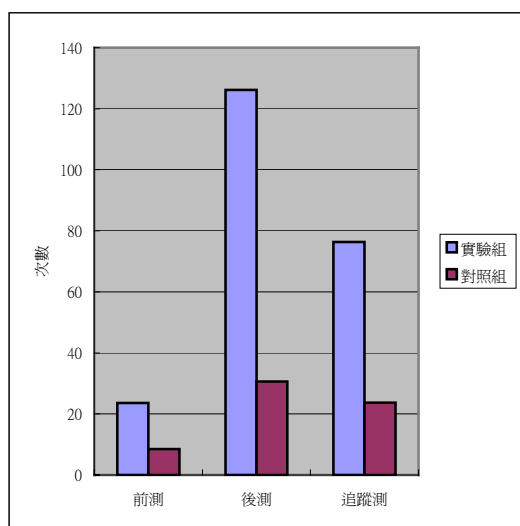


圖 4-3-17 問題五方法完整的百分比

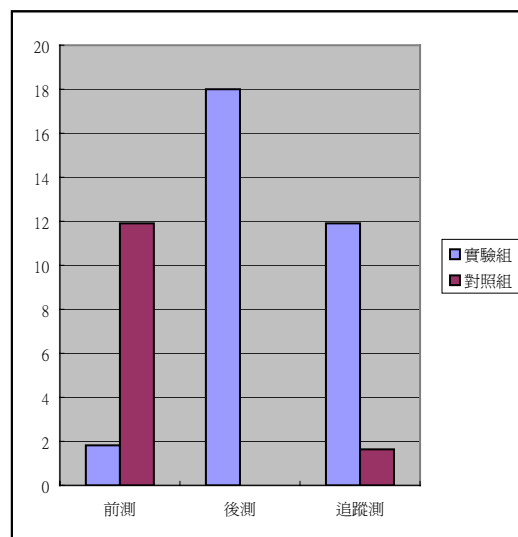


圖 4-3-18 問題五方法不完整的百分比

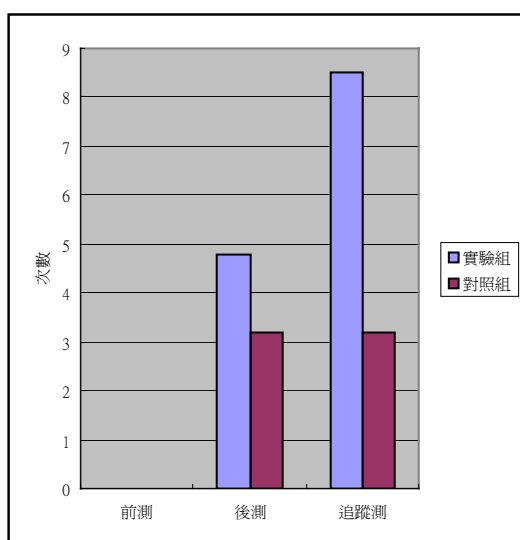


圖 4-3-19 問題五解釋正確的百分比

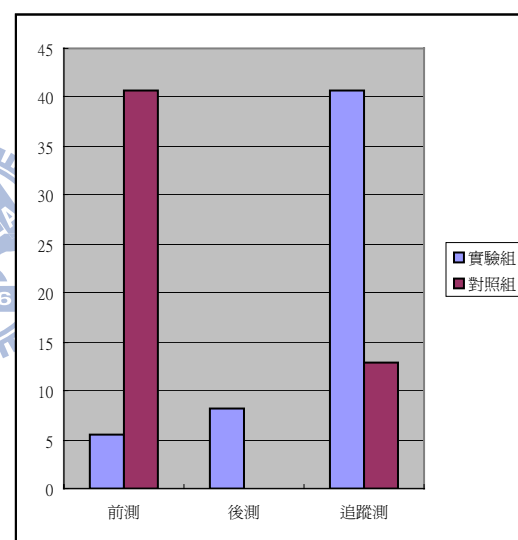


圖 4-3-20 問題五解釋部分正確的百分比

從表4-3-15、表4-3-16、圖4-3-17、圖4-3-18、圖4-3-19、圖4-3-20可知，教學後，不論實驗組或對照組學生提出的方法完整或方法部分完整，使用的方法主要以「改變正向作用力」、「將滑動改滾動」為主。實驗組或對照組學生提出的解釋正確或解釋部分正確，其解釋背後包括的科學概念主要以「減輕正向作用力」的解釋為主。

將實驗組與對照組提出的方法次數及百分比率進行比較，結果發現，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的方法完整及方法部分完整的百分比率明顯高於對照組。

將實驗組與對照組提出的解釋次數及百分比率進行比較，結果發現，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的解釋正確及解釋部分正確的百分比率明顯高於對照組。

(六) 不同教學課程學生的問題解決測驗前、後、追蹤測針對問題六提出方法與解釋的次數與百分率統計，其數據分析結果如下表4-3-17、表4-3-18、圖4-3-21、圖4-3-22、圖4-3-23、圖4-3-24所示。

表4-3-17 不同教學課程學生針對問題六提出方法的次數與百分率之敘述性統計

問題六	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題六：如何將氣球塞入塑膠管內？												
方法完整：提出的方法必須能解決此問題，且方法具體可行												
改變液體液體密度	1	1.9	19	31.1	11	19.0	1	1.5	8	13.6	6	9.8
改變液體深度	0	0	11	18.0	8	13.8	0	0	2	3.4	3	4.9
改變大氣壓力	0	0	0	0	2	3.4	0	0	1	1.7	0	0
利用熱漲冷縮原理	1	1.6	3	4.9	1	1.7	0	0	1	1.7	1	1.6
改變氣球與塑膠管的接觸面間性質	0	0	5	8.2	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	2	3.5	38	62.2	22	37.9	1	1.5	12	20	10	16.3
方法部份完整：方法符合科學原理，但方法部份完整或方法執行錯誤，導致不能解決問題												
改變液體液體密度	0	0	3	4.9	5	8.6	0	0	0	0	0	0
改變液體深度	0	0	2	3.3	2	3.4	0	0	0	0	1	1.6
改變大氣壓力	1	1.6	11	18.0	7	12.1	3	5.0	5	6.8	4	6.6
利用熱漲冷縮原理	0	0	2	3.3	5	8.6	1	1.7	0	0	1	1.6
改變氣球與塑膠管的接觸面間性質	0	0	0	0	0	0	1	1.7	0	0	0	0
小計	1	1.6	18	29.5	19	32.7	5	8.4	5	6.8	6	9.8

表4-3-18 不同教學課程學生針對問題六提出方法解釋的次數與百分率之敘述性統計

問題六	實驗組						對照組					
	前測		後測		追蹤測		前測		後測		追蹤測	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
問題六：如何將氣球塞入塑膠管內？												
解釋正確：												
改變液體液體密度	0	0	5	8.3	7	12.1	0	0	1	1.7	3	4.9
改變液體深度	0	0	5	8.3	5	8.6	0	0	0	0	2	3.3
改變大氣壓力	0	0	0	0	3	5.2	0	0	0	0	0	0
利用熱漲冷縮原理	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
改變氣球與塑膠管的接觸面間性質	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	0	0	10	16.6	15	25.9	0	0	1	1.7	5	8.2
解釋部份正確：												
改變液體液體密度	1	1.6	8	13.3	2	3.4	1	1.7	2	3.3	2	3.3
改變液體深度	0	0	3	5.0	2	3.4	0	0	1	1.7	2	3.3
改變大氣壓力	0	0	1	1.7	2	3.4	1	1.7	1	1.7	0	0
利用熱漲冷縮原理	0	0	2	3.3	0	0	0	0	0	0	2	3.3
改變氣球與塑膠管的接觸面間性質	0	0	1	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0
小計	1	1.6	15	25	6	10.2	2	3.4	4	6.7	6	9.9

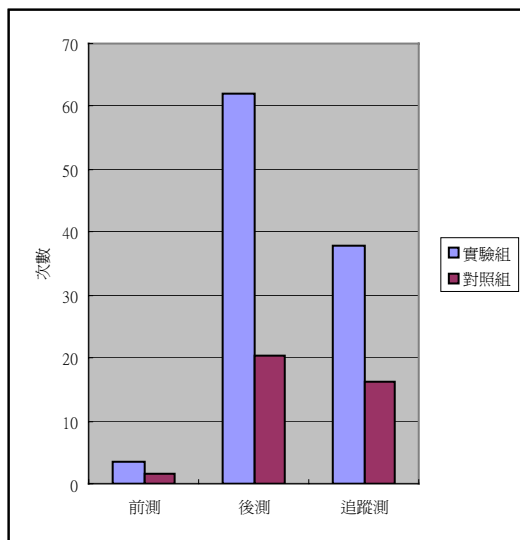


圖 4-3-21 問題六方法完整的百分比

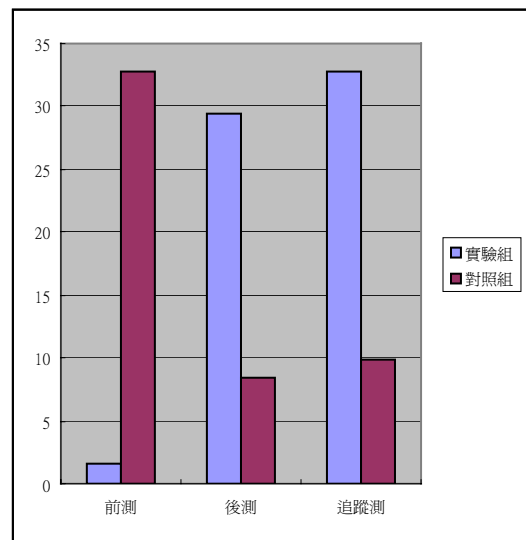


圖 4-3-22 問題六方法部份完整的百分比

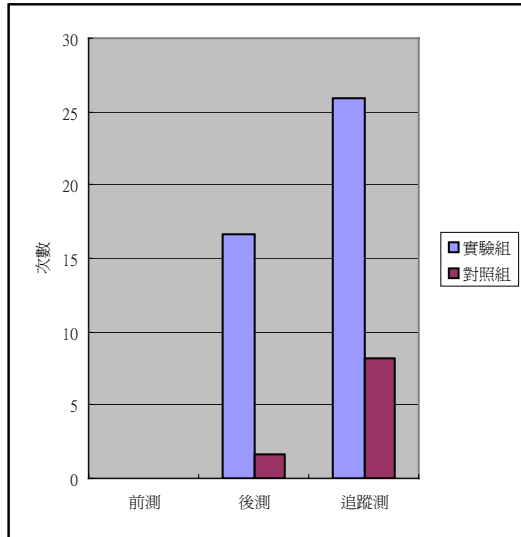


圖 4-3-23 問題六解釋正確的百分比

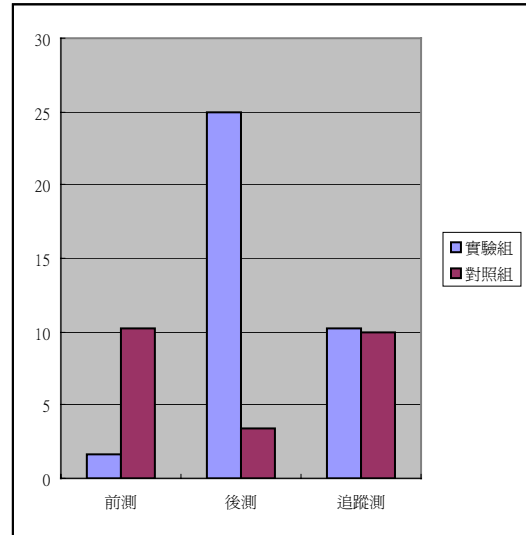


圖 4-3-24 問題六解釋部分正確的百分比

從表4-3-17、表4-3-18、圖4-3-17、圖4-3-18、圖4-3-19、圖4-3-20可知，教學後，不論實驗組或對照組學生提出的方法完整或方法部分完整，使用的方法主要以「改變液體密度」、「改變深度」、「改變大氣壓力」為主。實驗組或對照組學生提出的解釋正確或解釋部分正確，其解釋背後包括的科學概念主要以「改變液體密度」、「改變深度」的解釋為主。

將實驗組與對照組提出的方法次數及百分比率進行比較，結果發現，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的方法完整及方法部分完整的百分比率明顯高於對照組。

將實驗組與對照組提出的解釋次數及百分比率進行比較，結果發現，雖然實驗組在追蹤測提出解釋部分正確的百分比率僅略高於對照組，但整體而言，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的解釋正確及解釋部分正確的百分比率明顯高於對照組。

綜合上述比較得知，不論是後測或追蹤測，實驗組提出的方法完整、方法部分完整、解釋正確、解釋部分正確的百分比率明顯高於對照組。

五、小結

學生經過情境問題解決教學後，概念建構測驗成績有顯著進步的情形，且教學成效顯著優於傳統實驗室教學，此外，情境問題解決教學組學生的學習效果較為持久。迴歸分析部份，將「學習成就測驗」、「概念建構測驗」的前、後、追蹤測成績對「問題解決測驗」進行迴歸分析，發現「學習成就測驗」、「概念建

構測驗」對「問題解決測驗」皆有解釋力，且「概念建構測驗」對「問題解決測驗」的預測有更強的解釋力。此外，實驗組學生的各項「學習成就測驗」與「概念建構測驗」成績預測「問題解決測驗測驗」的解釋力也皆大於全體學生成績對「問題解決測驗測驗」的解釋力。「問題解決測驗測驗」得質性分析顯示：不論是後測或追蹤測，實驗組提出的方法完整、方法部分完整、解釋正確、解釋部分正確的百分比率明顯高於對照組。

第四節 學習歷程分析

本節主要是藉由分析學習單內容來了解實驗組學生的問題解決能力在各單元間的變化情形。學習單的質性資料經由研究者轉成量化資料後進行分析。

一、實驗組學生學習單不同學習單元的「總分」之重複量數分析

依據研究問題六「接受情境問題解決教學法學生在學習單呈現的問題解決能力在不同單元間有何差異？」進行分析與討論，並在下列呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。

將實驗組學生的學習單質性資料量化，依據不同教學單元，進行重複量數分析，其分析結果如表4-4-1所示。

從教學單元的角度來看，依據表4-4-1得知，實驗組學生學習單呈現問題解決能力的平均分數在單元三 ($M_3=10.43$) 最高，在單元二 ($M_2=2.40$) 最低。

另外，將學習單分數依據不同學習單元進行重複量數分析，結果顯示學習單總分在不同單元間 ($F=48.05, p=.000$) 達顯著性差異，經事後比較發現學生問題解決能力分數在單元三與單元五皆顯著高於單元二、單元四、單元六，單元一顯著高於單元四，單元一、單元四和單元六皆顯著高於單元二。上述結果顯示學生的問題解決能力表現在單元三與單元五最佳，在單元一、單元四和單元六次佳，在單元二的表現最差。

表4-4-1 情境問題解決教學課程下各單元「總分」之重複量數分析

	M	SD	F	P	事後比較
單元一	9.29	4.78	48.05	.000***	1>2 (.000) ; 1>4 (.000)
單元二	2.40	1.32			
單元三	10.43	3.34			3>2 (.000) ; 3>4 (.000) ; 3>6 (.001)
單元四	6.31	3.59			4>2 (.000)
單元五	10.19	3.59			5>2 (.000) ; 5>4 (.000) ; 5>6 (.000)
單元六	7.96	3.75			6>2 (.000)

註： 1.N=43, 2.* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.3.事後比較僅呈現平均數差異顯著達水準 .0083

4.單元一：元素分類；單元二：比較元素活性大小；單元三：化學反應速率；單元四：化學反應平衡；單元五：摩擦力；單元六：壓力

二、實驗組學生不同學習單元各個階段的問題解決能力之重複量數分析

依據研究問題六「接受情境問題解決教學法學生在學習單呈現的問題解決能力在不同單元的各個階段間有何差異？」進行分析與討論，並在下列呈現出敘述性統計與推論性統計之分析結果。

將學習單量化資料，依據不同教學單元的不同階段，進行敘述性統計，其分析結果如表4-4-2所示。階段一已知，代表存取解決問題有關的先備知識；階段二方法，提出解決問題的方法；階段三解釋，闡述方法可以解決問題的原因；階段四實驗設計，設計實驗來驗證自己的方法是否可行；階段五評估，預測自己的實驗結果；階段六評量，從他人的實驗數據中找出錯誤的實驗數據。

表4-4-2 不同學習單元之各階段間重複量數分析摘要表

變異來源	N	M	SD	F	p	事後比較
已知	57	1.69	1.08	45.85	.000***	1 > 2 (.000) ; 1 > 5 (.000) ; 1 > 6 (.002) ;
	60	0.34	0.25			3 > 1 (.000) ; 3 > 2 (.000) ; 3 > 4 (.000) ;
	56	3.01	1.63			3 > 5 (.000) ; 3 > 6 (.000)
	59	1.48	1.11			4 > 2 (.000) ; 4 > 5 (.003)
	57	1.10	0.67			5 > 2 (.000)
	57	1.04	0.91			6 > 2 (.000)
方法	57	1.48	0.80	28.35	.000***	2 (.000) ; 1 > 6 (.000)
	60	0.63	0.44			3 > 2 (.000) ; 3 > 4 (.000) ; 3 > 6 (.000)
	56	1.81	0.58			4 > 2 (.000) ; 4 > 6 (.000)
	59	1.25	0.80			5 > 2 (.000) ; 5 > 4 (.003) ; 5 > 6 (.000)
	57	1.79	0.67			
	57	0.72	0.95			
解釋	57	1.14	0.63	35.68	.000***	1 > 2 (.000) ; 1 > 3 (.007) ; 1 > 4 (.000)
	60	0.52	0.34			3 > 2 (.000) ; 3 > 4 (.001)
	56	0.89	0.43			
	59	0.53	0.40			5 > 1 (.004) ; 5 > 2 (.000) ; 5 > 3 (.000) ;
	57	1.52	0.54			5 > 4 (.000) ; 5 > 6 (.000)
	57	1.22	0.62			6 > 2 (.000) ; 6 > 3 (.001) ; 6 > 4 (.000)

	57	2.59	1.63			1>2 (.000) ; 1>4 (.000)
	60	0.52	0.37			
實驗 設計	56	2.64	1.12	32.74	.000***	3>2 (.000) ; 3>4 (.000)
	59	1.58	1.31			4>2 (.000)
	57	2.89	1.03			5>2 (.000) ; 5>4 (.000)
	57	2.72	1.52			6>2 (.000) ; 6>4 (.000)
	57	0.86	0.61			1>2 (.000)
	60	0.27	0.42			
評估	56	1.63	0.66	49.36	.000***	3>1 (.000) ; 3>2 (.000) ; 3>4 (.000)
	59	0.80	0.75			4>2 (.000)
	57	1.77	0.76			5>1 (.000) ; 5>2 (.000) ; 5>4 (.000)
	57	1.60	0.82			6>1 (.000) ; 6>2 (.000) ; 6>4 (.000)
	57	1.53	1.55			2 (.000) ; 1>3 (.000) ; 1>4 (.002) ; 1>6 (.001)
	60	0.11	0.44			
評量	56	0.44	0.63	14.49	.000***	4>2 (.001)
	59	0.67	1.08			5>2 (.000) ; 5>3 (.000) ; 5>4 (.006) ; 5>6 (.006)
	57	1.12	1.20			6>2 (.000)
	57	0.67	0.90			

註： *** $p < .001$ ，事後比較僅呈現平均數差異顯著達水準 .0083的。

1：單元一、2：單元二、3：單元三、4：單元四、5：單元五、6：單元六

在關於提出解決問題方法的方法向度，學生分數在單元三與單元五顯著高於單元二、單元四和單元六；單元一和單元四顯著高於單元二和單元六。然而，單元一和單元三、單元一和單元四、單元一和單元五、單元二和單元六、單元三和單元五兩兩之間差異未達顯著。

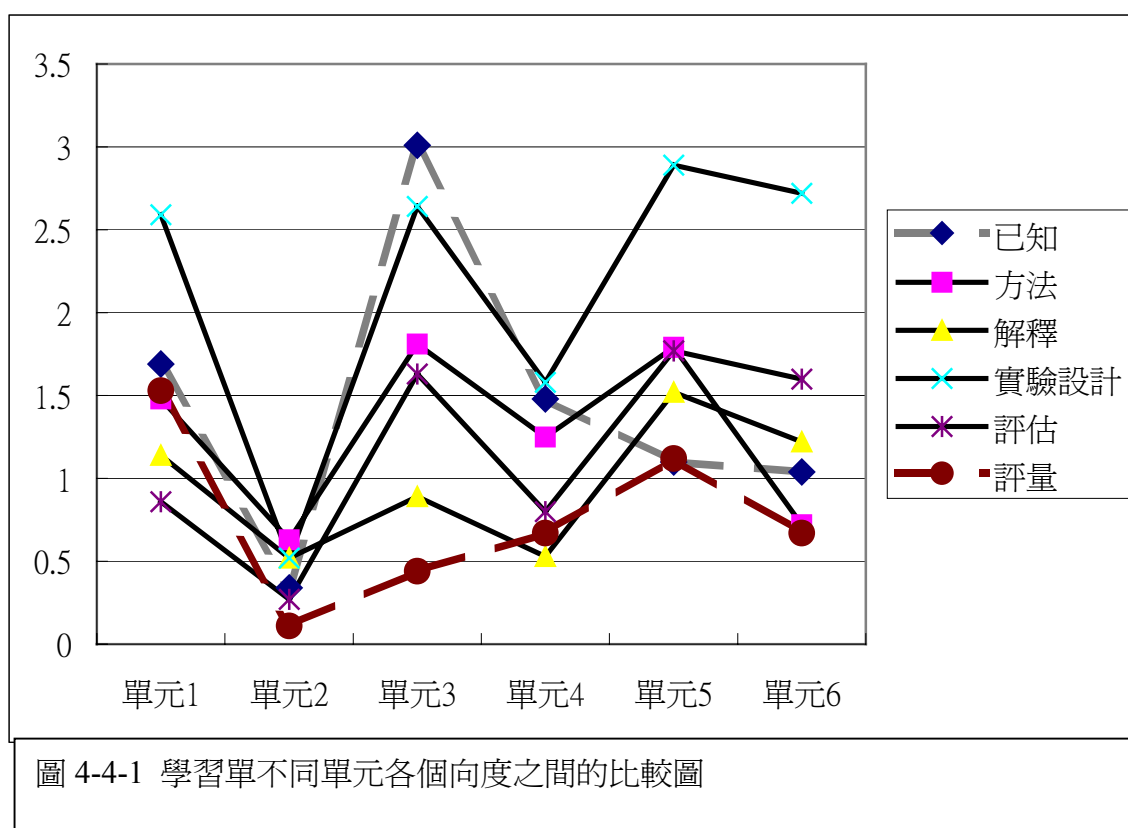
在關於闡述方法可以解決問題的原因的解釋向度，學生分數在單元五顯著高於其它五個單元，單元一和單元六顯著高於單元二、單元三、單元四；單元三顯著高於單元二、單元四。然而，單元一和單元五、單元一和單元六、單元二和單元四、單元四和單元六兩兩之間差異未達顯著。

在關於設計實驗來驗證方法可行性的實驗設計向度，學生分數在單元一、單元三、單元五單元六顯著高於單元二、單元四；單元四顯著高於單元二。然而，單元一和單元三、單元一和單元五、單元一和單元六、單元三和單元五、單元三和單元六、單元五單元六兩兩之間差異未達顯著。

在關於預測自己的實驗結果的評估向度，學生分數在單元三、單元五和單元六顯著高於單元一和單元二、單元四；單元四顯著高於單元二。然而，單元三和單元五、單元三和單元六、單元五單元六兩兩之間差異未達顯著。

在關於從他人的實驗數據中找出錯誤的實驗數據的評量向度，學生分數在單元一、單元五顯著高於單元二、單元三、單元四、單元六；單元四和單元六顯著高於單元二。然而，單元一和單元五、單元四和單元六兩兩之間差異未達顯著。

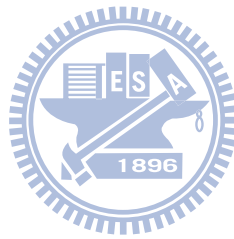
若將學習單各單元各個向度的平均分數統整比較，我們會發現學生平均成績的變化情形在「方法」與「解釋」兩個向度上相似，都是單元一、三、五成績較佳，單元二、四、六成績最差；學生平均成績的變化情形在「實驗設計」與「評估」兩個向度上相似，都是單元一、三、五成績較佳，單元二、四較差，單元六和單元一、三、五之間無顯著差異。學生平均成績的變化情形在「已知」和「評量」兩個向度之間較無完全一致的趨勢。



三、小結

根據上述結果顯示，實驗組學生在各學習單元的表現，總體而言，以單元三表現最好，單元二表現最差。但進一步分析各個階段學生的表現時，發現在已知向度，學生的表現在單元三表現最好；在提出方法向度，學生的表現在單元三、

單元五表現最好；在方法解釋向度，學生的表現在單元五表現最好；在實驗設計向度，學生的表現在單元一、單元五、單元六表現最好；在評估向度，學生的表現在單元三、單元五、單元六表現最好；在評量向度，經事後比較發現，學生的表現在單元一、單元五表現最好。學生平均成績的變化情形在「方法」與「解釋」、「實驗設計」與「評估」兩兩向度之間有相似的變化情形「已知」和「評量」兩個向度之間較無完全一致的趨勢。



第五章 結論與建議

本章共分為兩節，第一節主要是根據第四章的資料分析結果，以彙集整理成本研究的結論，第二節主要是針對後續相關的研究提出建議，以下分別進行詳細說明。

第一節 結論

本節針對在第四章的研究結果與討論，依據各研究工具的類別依序說明本研究的主要發現，並分別探討情境問題解決與傳統實驗教學兩種教學課程，對學生學習前後學習成就測驗、概念建構測驗、問題解決測驗的影響，並對實驗組學生學習歷程的問題解決能力變化進行討論，以彙整成結論。

一、教學前後學習成就測驗

以學習成就測驗的分析結果來看，經過情境問題解決教學後，實驗組學生後測與追蹤測的成績，都高於對照組的學生，並且皆達顯著性差異。上述的研究結果支持研究假設1-1，不同教學課程對學生學習成就測驗(後測、追蹤測)達顯著性差異。表示學生在經過情境問題解決教學後，較傳統實驗教學下的學生在記憶性的科學知識的學習上更有成效，且學習效果更持久。此項結果與Schoenfeld (1985；1989)的研究相呼應，Schoenfeld (1985；1989)認為缺乏情境的情況下學到的訊息對個體而言只是孤立的原則或程序步驟，這些訊息對個體而言沒有多大的意義，因此，個體學習後的描述、回應與應用的表現都相當地低弱。研究者推論情境問題解決教學讓學生有機會將抽象、不具體、缺乏真實知覺、脫離真實情境的知識應用於真實情境中，所以，實驗組學生在記憶性科學知識學習上成效較佳，且學習效果持久。

二、教學前後概念建構測驗

以概念建構測驗的分析結果來看，經過情境問題解決教學後，實驗組學生後測與追蹤測的成績，都高於對照組的學生，並且皆達顯著性差異。上述的研究結果支持研究假設1-2，不同教學課程對學生概念建構測驗(後測、追蹤測)達顯著性差異。表示學生在經過情境問題解決教學後，較傳統實驗教學下的學生在概念建構的學習上更有成效，且學習效果更持久。此項結果與Brown、Collins和 Dugid (1988；1989) 等人研究相呼應。情境問題解決教學讓學生在解決情境問題的過程中，使用思考、操作等方式與情境產生互動，使學生的內在心智會產生一種索引性的表徵，此表徵可以幫助個體在面對情境類似的新問題時，從記憶中提取相關的記憶來解決新問題。

三、教學前後問題解決測驗

以問題解決測驗的量化分析結果來看，經過情境問題解決教學後，實驗組學生後測與追蹤測的成績，都高於對照組的學生，並且皆達顯著性差異。上述的研究結果支持研究假設3-1，不同教學課程對學生問題解決測驗(後測、追蹤測)達顯著性差異。上述結果表示，學生在經過情境問題解決教學後，較傳統實驗教學下的學生在問題解決能力的培養上更有成效，且學習效果更持久。此項結果與Holyoak和Thagard (1989a；1989b)的研究相呼應。研究者認為情境問題解決教學讓學生思考「從先前的知識中學到了什麼？」、「從先前的知識中可以產生何種推論？」等議題，進一步讓學生可以應用某一情境的知識或經驗，遷移到另一種相似的情境，以解決結構特徵相似的問題，甚至幫助學生將所習得的先備知識加以整合以解決新情境的問題。

從學習成就測驗、概念建構測驗對問題解決測驗進行逐步迴規分析結果來看，實驗組的成績比對照組更具有解釋力，研究者推論這是情境問題解決課程提供的貢獻。再從各項的解釋變異量來看，顯示出「概念建構測驗」不論是在前、後、追蹤測，對於「問題解決測驗」的預測，都比「學習成就測驗」具有更強的預測力，此結果與Zion、Michalsky與 Mevarech (2005) 的研究結果呼應。

根據學生問題解決測驗中提出的方法，分別比對後測、追蹤測的次數百分比率，不論是實驗組或對照組在後測、追蹤測提出的方法完整、方法部份完整的次數相較於前測皆呈現顯著提升的趨勢，且實驗組在六個問題後測、追蹤測提出方法完整、方法部份完整的次數皆高於對照組。上述結果表示，學生在經過情境問題解決教學後，較傳統實驗教學下的學生面對非結構化問題解決能提出更多的解決方法，且學習效果更持久。根據學生問題解決測驗中提出的方法解釋，分別比對後測、追蹤測的次數百分比率，不論是實驗組或對照組在後測、追蹤測提出的方法完整、方法部份完整的次數相較於前測皆呈現顯著提升的趨勢，且除了問題二、問題四學生提出的解釋正確次數相等外，實驗組在其他四個問題後測、追蹤測提出方法解釋正確的次數皆高於對照組。上述結果表示，學生在經過情境問題解決教學後，較傳統實驗教學下的學生面對非結構化問題解決能提出更多與解決方法有關的解釋正確，且學習效果更持久。此項結果與Holyoak和Thagard (1989a；1989b)的研究相呼應，研究者認為情境問題解決教學讓學生有機會將習得的科學知識整合，因此，實驗組學生提出方法完整、方法部份完整、解釋完整、解釋部份完整的次數與百分比都明顯優於對照組。

四、情境問題解決教學對學生問題解決歷程的影響

以教學單元的角度來看，學生問題解決能力分數在單元三與單元五最佳，在單元一、單元四和單元六次佳，在單元二的表現最差。上述結果顯示學生在解決

單元三和單元五的情境問題時碰到較少的困難，在解決單元二的情境問題時碰到較多的困難。

從學習階段的角度比較學生在不同單元的學習情況。學生分數在已知向度的結果顯示，學生在單元三的學習困難度較低，在單元二的學習困難度較高。學生分數在提出方法向度的結果顯示，學生在單元三、單元五的學習困難度較低，在單元二、單元六的學習困難度較高。學生分數在解釋向度的結果顯示，學生在單元五的學習困難度較低，單元二和單元四的學習困難度較高。學生分數在實驗設計向度的結果顯示，學生在單元一、單元三、單元五、單元六的學習困難度較低，在單元二的學習困難度較高。學生分數在評估向度的結果顯示，學生在單元三、單元五和單元六的學習困難度較低，在單元二的學習困難度較高。學生分數在評量向度的結果顯示，學生在單元一、單元五的學習困難度較低，在單元二和單元三的學習困難度較高。由上述結果得知：學生在不同單元的不同階段表現各異。若將學習單各單元各個向度的平均分數統整比較，我們會發現學生平均成績的變化情形在「方法」與「解釋」兩個向度上相似，都是單元一、三、五成績較佳，單元二、四、六成績最差，此結果與Shepardson(1991)的研究相呼應，研究者推論情境問題解決教學能讓學生在解決問題的過程中學會分析、推論、解釋，進而使用科學知識來幫助自我提出方法解決問題。學生平均成績的變化情形在「實驗設計」與「評估」兩個項度上相似，都是單元一、三、五成績較佳，單元二、四較差，單元六和單元一、三、五之間無顯著差異，此結果與Zion、Michalsky與 Mevarech (2005) 的研究相呼應，研究者推論情境問題解決教學能同時提昇「設計實驗」、「根據科學數據得到結論」的能力。學生平均成績的變化情形在「已知」和「評量」兩個向度之間較無完全一致的趨勢，此結果與Zion、Michalsky與 Mevarech (2005)的研究略有不同。

依據上述的研究結果，學生在不同單元各個向度碰到的學習困難各有不同，顯示學生各個向度的問題解決能力表現會因處理的情境問題的不同而有所差異。教學者在進行教學時，應當針對各個向度給予學生協助，才能全面提昇學生問題解決能力。

五、小結

本研究採取質量並重的方式來收集研究資料，在量化資料方面採用學習成就測驗、概念建構測驗、問題解決測驗質性資料轉量化資料，目的在比較不同教學課程下的學生，其在於各測驗間的表現差異。而在質化的資料方面採用問題解決測驗與情境問題解決教學的學習單進行分析，目的在了解學生問題解決學習上的細部情況，並與量化資料進行驗證。

第二節 建議

本節針對情境問題解決實驗的課程設計，提出以下建議，期盼能提供教學者與後續研究者作為參考。

一、對情境問題解決教學與教材設計上的建議

本研究設計的情境問題解決教學課程主要是以多種解決方法的情境問題為學習單元，讓學生在解決的過程中學習將生活經驗與科學知識轉化成可解決問題的科學概念，並以此概念形成方法來解決問題，結果顯示，這樣的教學課程能有效地提升學生學習成就、概念建構與問題解決能力。

在本研究進行的過程中，研究者提出一些在其中發現的問題，並列出幾點對於教學的建議，以作為教學者或研究者在進行活動時的參考。

(一)實施教學建議：研究者在分析學生學習單質性資料的過程中發現，學生如果對於解決問題的先備知識不足，面對多種解決方法的問題時，往往會手足無措，不知該如何進行，導致其在學習上產生困擾，教師此時應該介入並給予適當的協助。

(二)教材與教學的準備：研究者在分析質性資料的過程中發現，許多學生雖然已經在講述式將學課程中獲得應有的科學知識和概念，但在面對真實情境問題或實驗情境問題時，部分學生仍然因為持有質樸概念而選擇使用無法解決問題的方法。未來研究者針對此一部份開發相關情境問題解決課程。另外，情境問題的設計上雖然要符合多種方法的原則，但也不要太過複雜，以免增加學生認知負荷。

(三)團隊的合作學習：本研究的教材內容、測驗卷設計，是研究者與一位科學教育專家以及兩位資深自然科領域教師所共同設計與檢驗完成的，因此在整體而言較傳統實驗教學耗費更多的人力與時間。但教師之間若能相互分工合作與學習，相信能從中獲得豐富的收穫。

二、對實驗環境的建議

本研究設計的情境問題解決教學課程對學生的學習成就測驗、概念建構測驗、問題解決能力測驗均有較佳的學習成效與學習保留效果，因此對實驗教學的設計與使用，提出以下幾點建議。

(一) 自主的學習環境：研究者在分析直性資料的過程中發現，實驗組的學生在面對問題解決測驗的問題時，提出方法完整、方法部份完整、解釋正確、解釋部份正確的比例都高於對照組，研究者推論情境問題解決教學環境相較於傳統實驗教學環境，能提供學生更自由與開放的學習空間。學生可以自己控制學習的速度，選擇自己認為最好的解決問題方法，並親自設計實驗去驗證自己方法的可行性。未來科學教師應朝此方向改善實驗室環境。

(二) 形成有意義的學習：研究者推論情境問題解決教學能讓學生在解決問題的過程中，嘗試將生活經驗與課本上的知識轉化成情境脈絡的知識，並透過生活情境的問題解決來學習真正地掌握知識、運用知識。因此，實驗組學生的問題解決能力測驗成績顯著高於對照組。因此科學教師在教學過程中，應儘量透過解決情境問題與實驗操作的過程，促使學生改變科學學習態度，培養探究精神，在日常生活情境問題與科學知識之間進行學習轉化及溝通。



參考文獻

一、中文部分

- 王春展 (1997)：專家與生手間問題解決能力的差異及其在教學上的啟示。教育研究資訊, 5, 80-92。
- 教育部 (2000)：國民中小學九年一貫課程暫行綱要：自然與生活科技。台北：教育部。
- 教育部 (2002)：全國第一次科學教育會議資料。台北：教育部。
- 張俊彥和翁玉華(2000)：我國高一學生的問題解決能力與科學過程技能之相關性研究。科學教育學刊, 8 (1), 35-55。
- 楊坤原 (1999)：問題解決在科學學習成就評量上的應用。科學教育月刊, 216, 3-16。

二、英文部分

- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Beyer, B. (1987). *Practical strategies for the teaching of thinking*. Boston: Allyn and Bacon, Inc.
- Bransford, J. D., & Stein, B. S. (1993). *The IDEAL problem solver: A guide for improving thinking learning and creativity(2th ed.)*. New York: W. H. Freeman.
- Brown, S. J., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 322-342.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1988). *Situated cognition and the culture of learning*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED342 357).
- Brown, A. (1987). *Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms*. In F. Weinert & R. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 65-116). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Champagne, A. B., & Klopfer, L. E. (1981). Problem solving as outcome and method in science teaching: Insights from 60 years of experience. *School Science and Mathematics*, 81(1), 3-8.
- Chi, M. T. M., Glaser, R. & Glaser, R. (1985). *The Nature of Expertise*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Coles, M. J. & Robinson, W. D. (Eds) (1989). *Teaching Thinking*. Bristol: The Bristol Press.
- Costa, J. E. (1984). *Physical geomorphology of debris flow*. In J. E. Costa & P. J.

- Fleischer, (Eds.), *Developments and applications of geomorphology*, 268-317. Berlin : Springer-Verlag.
- Detterman, D. K., & Sternberg, R. J. (Eds.). (1993). *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction*. Norwood, NJ: Ablex..
- Dewey, J.(1910).*How we think*. Boston:Heath.
- Driver, R. and Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: a constructivist view. *The School Science Review*, 67(240), 443-456.
- D'Zurilla, T. J., & Goldfried, M.R.(1971). Problem solving and behavior modification. *Journal of Abnormal Psychology*, 78(1), 107- 126.
- Fisher, R. (1990). *Teaching children think*. Oxford: Basil Blackwell.
- Flavell, J. H (1987). *Speculation about the nature and development of metacognition*. In: Weiner, F. E. & R. H. Kluwe (Eds). *Metacognition, motivation, and understanding*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognition aspects of problem-solving. In: Resnick L. B. (Eds). *The nature of intelligence*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum, pp231- 235.
- Fosnot, C.T. (1996). (Ed.). *Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice*. New York: Teachers College Press.
- Fosnot, C.T. (1989). *Enquiring Teachers, Enquiring Learners: A Constructivist Approach for Teaching*. New York, NY: Teachers College Press.
- Gagne' E.D.(1985). *The cognitive psychology of school learning*. Boston : Lettle, Brown and Company.
- Gangne, R. M. (1980). Preparing the learner for new learning. *Theory into Practice*, 19(1), 6-9.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogy transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.
- Hacker M.;&Barden,A.R.(1988).*Living with technology*.Albany New York : Delmar.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1989a). *A computational model of analogical problem solving*. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 242-266). New York: Cambridge University Press.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1989b). Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 13, 295-355.
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48, 63-85.
- Johnson, S.D. (1987). Teaching problem solving. *School Shop*, 15-17.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology: Research and Development*, 45,65-94.

- Kahney, Hank. (1986). *Problem solving - A cognitive approach*. Milton Keynes: Open University Press.
- Kotovsky, K., Hayes, J.R., & Simon, H.A. (1985). Why Are Some Problems Hard? Evidence From the Tower of Hanoi. *Cognitive Psychology* (17),284-294.
- Kuhn, Thomas S. (1996), *The Structure of Scientific Revolutions*. (3rd edition)
- Mayer, E. R. (1992). *Thinking, Problem Solving, Cogniton*. NewYork:Freeman.
- Mayer, E. R. (1989). *Human nonadversary problem solving*. In K. J. Gilhooly (Eds.),*Human and Machine Problem Solving*. New York: Plenum Press.
- Matthews, M. R. (2002). Constructivism and science education: A further appraisal. *Journal of Science Education and Technology*, 11(2),121-134.
- Matthews, M, R. (1997). Introductory comments on philosophy and constructivism in science education. *Science & Education*, 6(1-2), 5-14.
- Niedelman, M. S. (1990). An investigation of transfer to mathematics of a problem-solving strategy learned in earth science. *Dissertation Abstracts International*, 51(11), 3622.
- Newell, Alan and Herbert A. Simon(1972). *Human Problem Solving*.Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Osborne, J. F. (1996). Beyond constructivism. *Science education*, 80(1), 53-82.
- Papert, S. (1996). *The Connected Family*. Atlanta: Longstreet Publishing.
- Paris, S. G., & Winograd, P. (1990). *How metacognition can promote academic learning and instruction*. In B. F. Jones & L. Idol (Eds.), *Dimensions of thinking and cognitive instruction* (pp. 15-51). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Parnes, S. J. (1966). *Programming creative behavior*. Buffalo: State University of New York.
- Phillips, D, C. (1995). The good, the bad, and the ugly: The many faces of constructivism. *Educational Researcher*, 24(7), 5-12.
- Polya G. (1981). *Mathematical discovery: On understanding, learning and teaching problem solving* (2 vols.; combined ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Polya,G.(1957).*How to solve it : A new method of mathematical method*. Solved Gifted Child Today.March/April, 61- 63.Princeton, NJ :Princeton.
- Reitman, W. R. (1965). *Cognition and Thought: An Information-Processing Approach*.New York: Wiley.
- Schoenfeld, A. (1989). Explorations of students' mathematical beliefs and behavior. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20, 338-355.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. New York: Academic.
- Shepardson, D. P. (1991). *Relationships among problem solving, student Interactions, andthinking Skills*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Researchin Science Teaching, Lake Geneva, WI.
- Shin, N., Jonassen, D. H., & McGee, S. (2003).Predictors of well-structured and

- ill-structured problem solving in an astronomy simulation. *Journal of research in science teaching*, 40(1),6-33.
- Smith, M.U. (1991). *Toward a unified theory of problem solving*. New Jersey : LEA Publishers.
- Stanish, B. & Fberle, B.(1997). *Be a problem- Solver : A resource book for teaching creative problem -solving*. Waco, TX : Prufrock Press.
- Sternberg, R. J. (2003). *Cognitive Psychology*, (3rd ed.) Wadsworth: United States of America.
- Sternberg, R. J. (1996). *Cognitive psychology*. Fort Worth, TX: Harcourt teaching creative problem solving. Waco, TX : Prufrock Press. BraceCollege Publishers.
- Sternberg, R. J. (1988). *The Triachic Mind: A new theory of Human Intelligence*. New York : Penguin Books.
- Sternberg, R. J. (1982). Who's intelligent? *Psychology Today*, April, 30-39.
- Sternberg, R. (1977). *Intelligence, information processing, and analogical reasoning: The componential analysis of human abilities*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Swanson, H. (1990). *Influence of metacognitive knowledge and aptitude on problem solving*. *Journal of Educational Psychology*, 82 (2), 306-314.
- Suchmon (1987). Plans and situated actions: The problem of human-machine communication. New York: Cambridge University Press.
- Treffinger, D. J., Isaken, S. G. & Dorval, K. B (1994). *Creative problem solving: An overview*. In M.A. Runco (Ed.), *Problem finding, problem solving, creativity*. New Jersey: Ablex.
- Tsai, C.-C. (2003). The interplay between philosophy of science and the practice of science education. *Curriculum and Teaching*, 18(1), 9-36.
- Tsai, C.-C. (1998). Science learning and constructivism. *Curriculum and Teaching*, 13, 31-52.
- Von Glasersfeld, E.(1995). *Radical constructivism: A way of knowing and learning*. Washington, D. C. :The Falmer Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wallas, G.(1926). *The Art of thought*. New York: Har court Brace world.
- Wayne K. Hoy & Cecil G. Miskel(2001). *Educational Administration: Theory, Research, and Practice*. New York: McGraw-Hill.
- Welch, W. W. (1985). Research in science education: Review and recommendations. *Science Education*, 69(3), 421-448.
- Wheatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning. *Science Education*, 75 (1), 9-21.
- Wolfinger, D. M. (1984). *Teaching Science in the elementary school*. Boston: Little Brown.

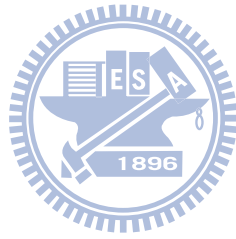
Wood, D. J., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89-100.

Zion, M., Michalsky, T. & Mevarech, Z. (2005). The effects of metacognitive instruction embedded within an asynchronous learning network on scientific inquiry skills. *International Journal of Science Education*, 27(8), 957-983.



附錄

附錄一 科學學習成就測驗題本



【單元 1】

題號	題目
1	要將不同的固態元素分類，下列哪一種方法最恰當？①依物質的狀態來分類 ②依物質表面的顏色來分類 ③依燃燒產生的的氣味來分類 ④依燃燒後產物水溶液的酸鹼性
2	以鈉、鋅、銅分別做燃燒實驗，若要比較此三種金屬對氧的活性大小，應依據下列哪項觀察結果來判斷？①燃燒的難易 ②燃燒時的火焰顏色 ③燃燒產物在水中的溶解情形 ④燃燒產物在水中的酸鹼性試驗。
3	下列物質燃燒後的產物，何者置於水中會使紅色、藍色的石蕊試紙都變成紅色？①銅 ②鎂 ③硫 ④鈉。
4	下列敘述何者正確？①所有的非金屬都不能導電 ②所有金屬放入水中都不會產生化學變化 ③金屬放在酒精燈的火焰上加熱都會燃燒起來 ④有些金屬能與稀鹽酸反應而產生氣體。
5	水氣會溶解空氣中某些氧化物後，落到地面上使土壤或湖水成酸性，下列哪一種物質的氧化物會造成這種現象？①硫 ②鎂 ③銅 ④鐵。
6	金屬銅常用來做電線的材料，主要理由是下列何者？①銅只是便宜而已，其實只要是金屬就可以 ②只要能導電的就可以，不一定要銅金屬 ③銅導電性佳，而且活性小不容易生鏽 ④銅都不會和任何物質作用。
7	鈉、鎂帶、鐵片、銅片、硫、碳六種物質的燃燒產物溶於純水後，用紅色與藍色石蕊試紙檢驗水溶液的酸鹼性，產生的結果可以將這六種物質分成幾類？①2類 ②3類 ③4類 ④5類。

【單元 2】

題號	題目
1	活性愈大的金屬會有什麼特性，下列相關的敘述何者正確？①愈容易燃燒 ②愈不容易燃燒 ③愈不容易形成氧化物 ④在空氣中愈安定。
2	想要比較鋅與銅兩種金屬對氧活性的的大小，下列哪一種方法最恰當？①將鋅粉與銅粉分別加熱 ②將鋅粉與銅粉混合均勻後一起加熱 ③將鋅粉與氧化銅混合均勻後一起加熱 ④將氧化鋅與氧化銅混合均勻後一起加熱
3	已知鎂、鋅、銅對氧活性大小為：鎂>鋅>銅，則下列哪一組的混合物，加熱後可發生反應？①鋅和氧化銅 ②鋅和氧化鎂 ③銅和氧化鎂 ④銅和氧化鋅。
4	根據下列方程式： $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{Fe}$ ， $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{C}$ 則其中三種元素對氧的活性大小為 ① $\text{Mg} > \text{C} > \text{Fe}$ ② $\text{C} > \text{Fe} > \text{Mg}$ ③ $\text{C} > \text{Mg} > \text{Fe}$ ④ $\text{Fe} > \text{C} > \text{Mg}$
5	將燃燒中的鎂放入充滿二氧化碳的集氣瓶中，會繼續燃燒，主要的理由是 ①鎂是金屬，碳是非金屬 ②對氧的活性：鎂>碳 ③對氧的活性：碳>鎂 ④只要是燃燒的金屬插入都有相同的結果。
6	下列 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 3\text{CO}_2 + 2\text{Fe}$ 的反應式中，被氧化的是 ① Fe_2O_3 ② CO ③ CO_2 ④ Fe
7	下列 $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 的反應式中，屬於還原劑的是① CuO ② H_2 ③ Cu ④ H_2O

【單元 3】

題號	題目
1	下列為一定量的貝殼和鹽酸反應，則何組冒出的氣泡最快？①塊狀的貝殼和1M 的鹽酸 ②粉末狀的貝殼和1M 的鹽酸 ③塊狀的貝殼和0.5M 的鹽酸 ④粉末狀的貝殼和0.5M 的鹽酸。
2	20°C、60°C與80°C的1M的鹽酸10毫升與足量的碳酸鈣粉末混合，何者的反應速率最快？①20°C的鹽酸 ②60°C的鹽酸 ③80°C的鹽酸 ④三者一樣快。
4	下列有關化學反應速率的敘述，何者錯誤？①反應物的濃度愈大，則其反應速率可能較快②在定量的反應物下，其顆粒愈大，則反應速率愈快 ③反應溫度愈高，則反應速率愈快 ④在定量的反應物下，其接觸面積愈大，則反應速率愈快。
5	一般而言，要增加一個化學反應的速率，最簡單的方式就是加熱，主要的原因是 ①粒子的能量提高，粒子運動速率也變快 ②粒子本身體積膨脹 ③粒子受熱而容易分解 ④利用熱量抑制粒子的運動，使其容易發生碰撞。

6	以碰撞學說的觀點，反應物粒子互相碰撞的機會愈多，反應速率愈快。則下列何項操作無法使反應速率變快？①將反應物顆粒磨成粉末 ②將可溶性的固體反應物配成溶液 ③將反應物溶液稀釋 ④提高反應時的溫度。
7	有關下列的反應，對於影響反應速率的理由說明，何者錯誤？①鋅粉和硫酸銅作用比鋅粒快，主要是因接觸面積的不同 ②燃燒木材要先將木材切成片狀，才容易燃燒，主要是使接觸面積增加 ③物質在純氧中燃燒較空氣中劇烈，主要是純氧中的粒子都靜止不動，容易發生碰撞 ④增加反應物的濃度，可以加快反應速率，主要是粒子的數量增加，容易發生碰撞。

【單元 4】

題號	題目
1	下列哪一個反應是一種可逆反應？①鎂帶燃燒 ②鹽酸滴入大理石中 ③食物在胃中消化 ④水的解離。
2	下列何者能達到平衡狀態？①燒杯中的水 ②密閉的寶特瓶裡頭裝有飽和食鹽水 ③一塊方糖放入盛有 200mL 水的燒杯中 ④燃燒的線香插入氧氣瓶中。
3	酸性溶液可使酚酞指示劑變成無色，鹼性溶液可使酚酞指示劑變成紅色，當滴入某一種液體，可使酚酞由無色變成紅色，則下列哪一種溶液最有可能？①稀鹽酸 ②純水 ③酒精 ④氨水。
4	在 $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightleftharpoons K_2Cr_2O_7 + H_2O + K_2SO_4$ 中，若加入酸性溶液，則下列有關此式的敘述，何者正確？①不影響 ②反應向左，溶液由橘紅變黃 ③反應向右，溶液由黃變橘紅 ④反應向右，溶液由橘紅變黃。
5	室溫下，當一化學反應已達平衡時，下列有關此平衡狀態的敘述，何者正確？①反應物完全用完 ②正反應和逆反應均停止 ③反應物和生成物濃度必相等 ④正、逆反應速率相同。
6	溴水是紅棕色的水溶液，其反應式為 $Br_2 + H_2O \rightleftharpoons HBrO + Br^- + H^+$ ，在紅棕色的溴水中，滴入數滴氫氧化鈉水溶液，結果溶液變成無色，請問下列敘述何者正確？①反應達到平衡狀態 ②反應已經停止不再作用 ③水溶液中的溴分子已經完全作用完畢 ④水溶液中的氫離子已經完全被氫氧化鈉水溶液中和。
7	請問下列哪一的現象平衡沒有被破壞？①打開汽水瓶 ②黃色的鉻酸鉀水溶液中滴入數滴稀鹽酸 ③飽和食鹽水加熱 ④在飽和的食鹽水中在加入食鹽。

【單元 5】

題號	題目
1	材質相同的 A、B、C 三物體，質量分別為 200 克、400 克、600 克，分別靜止置放在同一桌面上，請問當物體由靜止開始運動的瞬間，何者所需要的力量較大？ ①A 大 ②B 大 ③ C 大 ④一樣大
2	完全相同的 T 形物體 A、B、C 分別靜止置放在同一桌面上，置放情形如下圖，請問當物體由靜止開始運動的瞬間，何者所需要的力量較大？①A 大 ②B 大 ③ C 大 ④一樣大
3	完全相同的長方物體 A、B、C 分別靜止置放在玻璃、桌面與砂紙上，請問當物體由靜止開始運動的瞬間時，何者所需要的力量較大？ ①A 大 ②B 大 ③ C 大 ④一樣大。
4	地面上有一 40 公斤重的物體，若要將此物體推動，下列哪一種方法最恰當？①再放一個相同的物體在上面 ②將物體面積最小的面接觸地面 ③地面灑上一些沙子或水 ④將對物體的推力改為對物體的拉力。

5	10 公斤重的木塊放在桌面上甲、乙、丙三人分別用 1 公斤重、2 公斤重、3 公斤重的水平拉力拉木塊，結果木塊仍靜止不動，哪一個人拉木塊時，木塊在接觸面受到的摩擦力最大？ ①甲 ②乙 ③丙 ④三者一樣大。
6	阿強想要推動一個衣櫃，結果太重推不動，因此他將櫥櫃中的衣服拿出來，結果他可輕易的推動，由此可推知下列哪一個結論？ ①摩擦力與接觸面性質有關 ②物體下壓的力愈大，摩擦力愈大 ③剛開始推不動，是因為推力小於摩擦力 ④接觸面積愈小，摩擦力也愈小。
7	體重50公斤重的小明施力30公斤重的力量去推動一個重達100公斤重的衣櫃，但衣櫃仍然不動，這是因為下列何者原因？ ①小明體重 < 衣櫃重量 ②小明施力 < 衣櫃重量 ③小明施力 < 摩擦力 ④小明施力 < 最大靜摩擦力

【單元 6】

題號	題目	
1	分別盛有等高相同液體的 A、B、C 三塑膠杯，底面積不同(底面積 $C > B > A$)，塑膠杯壁上都有一個小孔，小孔距離桌面相同高度，其裝置圖如右，請問何者的液體柱噴得最遠？ ①A 遠 ②B 遠 ③C 遠 ④一樣遠。	
2	相同種類、相同體積的液體分別倒入 A、B、C 三個塑膠杯，塑膠杯的底面積不同(底面積 $C > B > A$)，其裝置圖如右，請問何者的液體柱噴得最遠？ ①A 遠 ②B 遠 ③C 遠 ④一樣遠。	
3	在 A、B、C 三個相同塑膠杯分別倒入相同體積的水(密度 1g/cm^3)、油(密度 0.8g/cm^3)、食鹽水(密度 1.2g/cm^3)三種液體，並在杯底側邊扎小洞，其裝置圖如右圖，請問何者的液體柱噴得最遠？ ①A 遠 ②B 遠 ③C 遠 ④一樣遠。	
4	潛水人員由水面下 3 公尺潛至水面下 6 公尺的過程中，他所受的水壓力會如何改變？ ①始終不改變 ②變大 ③變小 ④先變小再變大。	
5	盛水的燒杯中，燒杯底部有一個綁在石頭上的氣球，如右圖所示，如果在燒杯中慢慢加入水，使水面不斷上升，氣球的體積會有什麼變化？ ①變小 ②變大 ③始終不改變 ④先不變再變小。	
6	盛水的燒杯中，燒杯底部有一個綁在石頭上的氣球，如右圖所示，如果在燒杯中慢慢加入食鹽，使食鹽水的濃度不斷提高，氣球的體積會有什麼變化？ ①變小 ②變大 ③始終不改變 ④先變大再變小。	
7	潛水人員由海底釋放一個氣球，氣球不斷的往上升出水面，在上升過程中有關氣球受到的水壓與氣球體積變化的敘述，何者正確？ ①氣球受到的水壓不變所以體積也不改變 ②氣球受到的水壓變小所以體積也變小 ③氣球受到的水壓變大所以體積也變大 ④氣球受到的水壓變小所以體積變大。	

附錄二 科學概念建構測驗題本



【活動 1】

1-1	鐵、石墨、硫、銅、鎂、鋅六種元素中，導電性良好的元素有幾種？ ①6種②5種③4種④3種								
1-2	承上題，你的理由是： ①金屬可以導電，非金屬不能導電 ②塊狀或棒狀的物質可以導電，粉狀的不能導電 ③非金屬不能導電，但石墨例外 ④容易燃燒或容易生鏽的金屬才能導電								
2-1	鎂、鋅、鐵、石墨、硫、銅六種元素中，導熱性良好的元素有幾種？ ①6種②5種③4種④3種								
2-2	承上題，你的理由是： ①與氧氣燃燒會生成氣體的元素不能導熱，因為氣體會帶走熱量 ②容易燃燒的物質容易導熱，不容易燃燒的物質不容易導熱 ③非金屬不能導熱，但石墨例外 ④金屬容易傳導熱量，非金屬不容易傳導熱量								
3-1	碳粉、硫粉、銅粉、鎂粉、鋅粉燃燒後的產物丟入水中，水溶液會呈酸性有幾種？ ①5種②4種③3種④2種								
3-2	承上題，你的理由是： ①金屬燃燒會產生酸性物質，與水充分混合後，就會呈現酸性 ②非金屬燃燒會產生酸性物質，與水充分混合後，就會呈現酸性 ③金屬氧化物溶於水後，會與水發生化學反應，產生酸性物質 ④非金屬氧化物溶於水後，會與水發生化學反應，產生酸性物質								
4-1	碳粉、硫粉、銅粉、鎂粉、鋅粉燃燒後的產物丟入水中，水溶液會呈鹼性有幾種？ ①5種②4種③3種④2種								
4-2	承上題，你的理由是： ①金屬燃燒會產生鹼性物質，與水充分混合後，就會呈現鹼性 ②非金屬燃燒會產生鹼性物質，與水充分混合後，就會呈現鹼性 ③金屬氧化物溶於水後，會與水發生化學反應，產生鹼性物質 ④非金屬氧化物溶於水後，會與水發生化學反應，產生鹼性物質								
5-1	如果要將碳、硫、銅、鎂、鋅等元素分成兩類，你覺得哪一種分類方式結果是較合理的？ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>①</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>鎂 鋅</td></tr> <tr><td>銅 硫 碳</td></tr> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>②</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>鋅 碳 鎂</td></tr> <tr><td>銅 硫</td></tr> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>③</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>鎂 硫 銅</td></tr> <tr><td>鋅 碳</td></tr> </table> </div> <div style="text-align: center;"> <p>④</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>鎂 硫</td></tr> <tr><td>鋅 銅 碳</td></tr> </table> </div> </div>	鎂 鋅	銅 硫 碳	鋅 碳 鎂	銅 硫	鎂 硫 銅	鋅 碳	鎂 硫	鋅 銅 碳
鎂 鋅									
銅 硫 碳									
鋅 碳 鎂									
銅 硫									
鎂 硫 銅									
鋅 碳									
鎂 硫									
鋅 銅 碳									
5-2	承上題，你的理由是： ①可以導電的元素歸一類，不可以導電的元素歸一類 ②元素氧化物水溶液呈鹼性的歸一類，不呈鹼性的歸一類 ③元素氧化物水溶液呈酸性的歸一類，不呈酸性的歸一類 ④元素容易燃燒的歸一類，不容易燃燒的歸一類								

【活動 2】

1-1	將燃燒中的鎂帶插入盛有二氧化碳的廣口瓶中，會發生什麼現象？會燃燒還是熄滅？ ①可以繼續燃燒②立刻熄滅③燃燒更加旺盛④立刻熄滅後又再度燃燒																
1-2	承上題，你的理由是： ①二氧化碳不具助燃性 ②鎂的活性很大，在任何物質中都可以燃燒 ③鎂的活性比碳小，所以鎂帶會熄滅 ④鎂的活性比碳大，所以在二氧化碳中可以燃燒																
2-1	鐵與鐵鏽是不是同一種物質？ ①是②不是																
2-2	承上題，你的理由是： ①鐵鏽是鐵的俗稱，就如同氧是氧氣的俗稱 ②鐵鏽是鐵和其他物質的混合物 ③鐵鏽是鐵發生氧化後的一種物質 ④鐵鏽是鐵的一部分，和鐵是同一種物質																
3-1	在工業上經常將含有大量碳元素的煤焦與含大量氧化鐵的鐵礦混合加熱來煉鐵，你認為煤焦的主要功用是下列何者？ ①煤焦能燃燒 ②煤焦很便宜 ③煤焦可以和氧化鐵中的氧結合 ④煤焦可以和氧化鐵中的鐵結合																
3-2	承上題，你的理由是： ①碳容易和空氣中的氧結合 ②碳對氧的活性比鐵大，可以使氧化鐵失去氧而變成鐵 ③碳對鐵的活性比氧大，可以使氧化鐵失去鐵而變成氧 ④碳是可燃物、只要是能和氧作用而且便宜的都可以																
4-1	如果將銅粉與氧化鎂充分混合後，隔絕空氣加熱，請你預測是否會有化學變化產生？①會②不會																
4-2	承上題，你的理由是： ①銅對氧的活性大於鎂，所以銅會變成氧化銅，氧化鎂會變為鎂 ②加熱可以使反應加快，所以銅會變成氧化銅，氧化鎂會變為鎂 ③銅對氧的活性小於鎂，所以沒有化學變化 ④由於缺乏空氣，銅加熱時容易氧化，所以銅會與氧化鎂中的氧結合																
5-1	A、B、C 三種金屬及其氧化物混合加熱之後，其結果如下表所示，是回答下列問題，試問下列三種元素活性大小順序，何者正確？ <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">氧化物 元素</th> <th style="text-align: center;">AO</th> <th style="text-align: center;">BO</th> <th style="text-align: center;">CO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td></td> <td style="text-align: center;">$\rightarrow AO+B$</td> <td style="text-align: center;">不反應</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">不反應</td> <td></td> <td style="text-align: center;">不反應</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">$\rightarrow CO+A$</td> <td style="text-align: center;">$\rightarrow CO+B$</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> ①A>B>C ②B>A>C ③C>A>B ④C>B>A	氧化物 元素	AO	BO	CO	A		$\rightarrow AO+B$	不反應	B	不反應		不反應	C	$\rightarrow CO+A$	$\rightarrow CO+B$	
氧化物 元素	AO	BO	CO														
A		$\rightarrow AO+B$	不反應														
B	不反應		不反應														
C	$\rightarrow CO+A$	$\rightarrow CO+B$															
5-2	承上題，你的理由是： ①因為 A 可以和 B ₂ 、C ₂ 作用，C 可以和 B ₂ 作用 ②因為 C 可以和 A ₂ 、B ₂ 作用，B 可以和 A ₂ 作用 ③因為 C 可以和 A ₂ 、B ₂ 作用，A 可以和 B ₂ 作用 ④因為 B 可以和 A ₂ 、C ₂ 作用，A 可以和 C ₂ 作用																

【活動 3】

1-1	1M 的鹽酸 50 毫升分別與同質量的塊狀、粒狀、粉末狀的大理石作用，請問何者的反應速率較快？ ①塊狀 ②粒狀 ③粉末狀 ④一樣快															
1-2	承上題，你的理由是： ①塊狀大理石顆粒最大，碰撞機會最多，所以反應速率最大 ②粉狀大理石比較分散，碰撞機會最少，所以反應速率最小 ③不管顆粒大小如何，只要大理石質量相同，碰撞機會就相同，所以反應速率一樣 ④粉末狀大理石總表面積最大，碰撞機會最多，所以反應速率最大															
2-1	甲、乙、丙三個燒杯內的鹽酸濃度與體積如右表所示，將三個質量均為 3 公克、形狀為正立方體的大理石分別放入甲、乙、丙三個燒杯中，請問何者的反應速率較快？ ①甲 ②乙 ③丙 ④一樣快															
	<table border="1"> <tr> <td>燒杯</td> <td>甲</td> <td>乙</td> <td>丙</td> </tr> <tr> <td>鹽酸濃度</td> <td>0.5M</td> <td>1.0M</td> <td>2.0M</td> </tr> <tr> <td>鹽酸體積</td> <td>200mL</td> <td>200mL</td> <td>200mL</td> </tr> </table>	燒杯	甲	乙	丙	鹽酸濃度	0.5M	1.0M	2.0M	鹽酸體積	200mL	200mL	200mL			
燒杯	甲	乙	丙													
鹽酸濃度	0.5M	1.0M	2.0M													
鹽酸體積	200mL	200mL	200mL													
2-2	承上題，你的理由是： ①鹽酸濃度愈小，鹽酸粒子愈容易運動，碰撞機會較多，所以反應速率較快 ②鹽酸濃度愈大，鹽酸粒子愈多，碰撞機會較多，所以反應速率較快 ③鹽酸濃度愈大，鹽酸粒子愈多，愈不容易運動，碰撞機會較少，所以反應速率較慢 ④反應速率快慢與鹽酸濃度大小無關															
3-1	硫代硫酸鈉溶液和稀鹽酸作用會產生黃色的沉澱，如果將相同濃度與體積的兩種溶液分別加熱至 30°C、40°C 和 50°C 再互相混合，請問何者的反應速率最快？ ①30°C ②40°C ③50°C ④一樣快															
3-2	承上題，你的理由是： ①溫度愈高，粒子具有的能量較高，所以反應速率較快 ②溫度愈低，粒子運動速率較慢，碰撞機會較多，所以反應速率較快 ③溫度愈高，粒子運動速率較快，碰撞機會較少，所以反應速率較慢 ④雖然溫度不同，但溶液內的粒子總數一樣多，所以反應速率一樣快															
4-1	小傑想了解影響反應速率快慢的因素，進行以下的實驗： (甲)甲、乙、丙、丁四支試管裝入同重量的大理石， (乙)在四支試管分別加入 10.0ml 不同濃度的鹽酸，觀察反應時產生氣泡的情形，實驗結果如右表，則比較甲、乙、丙、丁四支試管中氣泡產生速率的大小，其關係為下列何者？ ①甲<乙<丙<丁 ②甲<乙=丙=丁 ③甲=乙<丙<丁 ④甲=乙=丙=丁															
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>10.0ml 的 鹽酸濃度</td> <td>大理石大小 與形狀</td> </tr> <tr> <td>甲試管</td> <td>0.5M</td> <td>2 克的塊狀大理石</td> </tr> <tr> <td>乙試管</td> <td>2.0M</td> <td>2 克的塊狀大理石</td> </tr> <tr> <td>丙試管</td> <td>2.0M</td> <td>2 克的粉末狀大理石</td> </tr> <tr> <td>丁試管</td> <td>2.5M</td> <td>2 克的粉末狀大理石</td> </tr> </table>		10.0ml 的 鹽酸濃度	大理石大小 與形狀	甲試管	0.5M	2 克的塊狀大理石	乙試管	2.0M	2 克的塊狀大理石	丙試管	2.0M	2 克的粉末狀大理石	丁試管	2.5M	2 克的粉末狀大理石
	10.0ml 的 鹽酸濃度	大理石大小 與形狀														
甲試管	0.5M	2 克的塊狀大理石														
乙試管	2.0M	2 克的塊狀大理石														
丙試管	2.0M	2 克的粉末狀大理石														
丁試管	2.5M	2 克的粉末狀大理石														
4-2	承上題，你根據的理由是： ①鹽酸濃度愈大、大理石接觸總表面積愈大，反應速率愈快 ②反應速率只與大理石接觸表面積有關，與鹽酸濃度無關 ③反應速率只與鹽酸濃度有關，與大理石接觸表面積無關 ④反應速率與鹽酸濃度、大理石接觸面積無關															

5-1	<p>小傑想了解影響反應速率快慢的因素，進行以下的實驗：</p> <p>(甲)甲、乙、丙、丁四支試管裝入同重量的大理石，</p> <p>(乙)在四支試管分別加入10.0ml 不同濃度的鹽酸，觀察反應時產生氣泡的情形，實驗結果如右表，若想了解濃度大小對反應速率的影響，可觀察下列哪二支試管產生氣泡的速率？ ①甲和乙 ②甲和丙 ③乙和丙 ④丙和丁</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>10.0ml 的鹽酸濃度</th> <th>大理石大小與形狀</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>甲試管</td> <td>0.5M</td> <td>2 克的塊狀大理石</td> </tr> <tr> <td>乙試管</td> <td>2.0M</td> <td>2 克的塊狀大理石</td> </tr> <tr> <td>丙試管</td> <td>2.0M</td> <td>2 克的粉末狀大理石</td> </tr> <tr> <td>丁試管</td> <td>2.5M</td> <td>4 克的粉末狀大理石</td> </tr> </tbody> </table>		10.0ml 的鹽酸濃度	大理石大小與形狀	甲試管	0.5M	2 克的塊狀大理石	乙試管	2.0M	2 克的塊狀大理石	丙試管	2.0M	2 克的粉末狀大理石	丁試管	2.5M	4 克的粉末狀大理石
	10.0ml 的鹽酸濃度	大理石大小與形狀															
甲試管	0.5M	2 克的塊狀大理石															
乙試管	2.0M	2 克的塊狀大理石															
丙試管	2.0M	2 克的粉末狀大理石															
丁試管	2.5M	4 克的粉末狀大理石															
5-2	<p>承上題，你根據的理由是：</p> <p>①因為甲和乙試管的大理石的質量和形狀相同</p> <p>②因為甲和丙試管的大理石的質量相同</p> <p>③因為乙和丙試管的鹽酸體積、濃度均相同</p> <p>④因為丙和丁試管的大理石的顆粒大小均相同</p>																

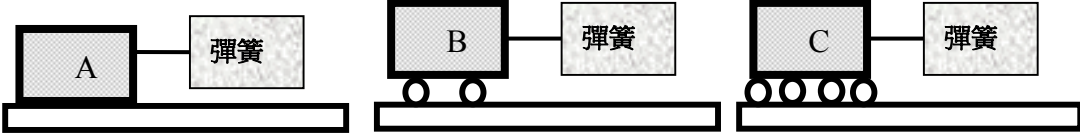
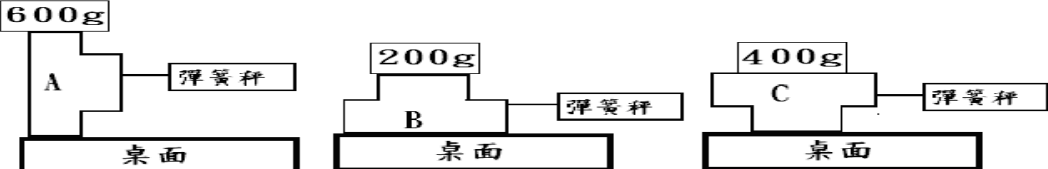
【活動 4】

1-1	<p>下列哪一個化學反應是一種可逆反應？①鎂帶燃燒②植物的光合作用③ 鐘乳石洞穴內的鐘乳石與石筍的產生④水電解產生氫氣與氧氣</p>	
1-2	<p>承上題，你根據的理由是：</p> <p>①鎂帶燃燒變成氧化鎂，氧化鎂可以失去氧又變回鎂</p> <p>②植物可進行光合作用也可以進行呼吸作用</p> <p>③石灰岩地層遇酸性地下水溶解形成洞穴，地下水與洞穴中的二氧化碳結合又形成鐘乳石與石筍</p> <p>④水電解產生氫氣與氧氣，氫氣與氧氣混合點火可以產生水</p>	
2-1	<p>下列哪一種現象可以達到平衡狀態？ ①在教室內燃燒的蠟燭 ② 衣服放在太陽下曝曬 ③ 沒有開過的寶特瓶內的汽水④錐形瓶內的雙氧水加少量的二氧化錳</p>	
2-2	<p>承上題，你根據的理由是：</p> <p>① 蠟燭燃燒的產物會一直留在教室內</p> <p>② 衣服上的水蒸發變成水蒸氣仍停留在大氣中</p> <p>③ 寶特瓶內是一個密閉空間，沒有物質會散失</p> <p>④有催化劑的作用能使雙氧水很快分解出氧氣而停止反應</p>	
3-1	<p>在$I_2+H_2O \rightleftharpoons H^++I^-+HIO$的平衡反應中，$I_2$為褐色，其餘粒子為無色，加入HCl溶液後，則下列何者正確？</p> <p>①反應保持原來狀態 ②反應向右移動 ③反應向左移動 ④反應忽左忽右移動</p>	
3-2	<p>承上題，你根據的理由是：</p> <p>① HCl 溶液不會影響化學反應速率，因為平衡反應中沒有 HCl 此物質</p> <p>② HCl溶液會增加H^+的濃度，使逆反應速率大於正反應速率，反應傾向左邊移動</p> <p>③因為鹽酸會與碘分子(I_2)作用，使得碘分子減少，反應傾向右邊移動</p> <p>④化學反應已經達到平衡狀態，加入 HCl 溶液不會影響平衡</p>	
4-1	<p>在$I_2+H_2O \rightleftharpoons H^++I^-+HIO$的平衡反應中，$I_2$為褐色，其餘粒子為無色，水溶液中加入下列哪一種物質，溶液會變成褐色？</p> <p>①食鹽水 ②酒精水溶液 ③氫氧化鈉水溶液 ④稀鹽酸</p>	

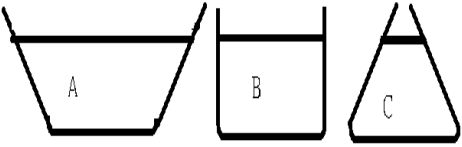
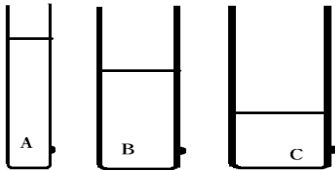
4-2	承上題，你根據的理由是： ①食鹽水有許多鈉離子與氯離子，使水溶液中的離子數量增加 ②酒精會和水互溶，使水溶液中的碘分子析出 ③氫氧化鈉水溶液會與水溶液中的氫離子中和 ④稀鹽酸會解離出氫離子，使水溶液中的氫離子數增加
5-1	小明在寶特瓶內裝有大理石，倒入稀鹽酸後立刻將瓶蓋蓋緊，經過一段時間，發現瓶內氣體不再產生，小明發現瓶內仍有大理石，小明再度打該瓶蓋，發現又有氣泡產生，請問下列哪一種現象有達到化學平衡狀態？ ①蓋緊的寶特瓶與打開的寶特瓶內均達到化學平衡狀態 ②蓋緊的寶特瓶內與打開的寶特瓶內均沒有達到化學平衡狀態 ③蓋緊的寶特瓶內有達到化學平衡狀態；打開的寶特瓶內沒有達到化學平衡狀態 ④蓋緊的寶特瓶內沒有達到化學平衡狀態；打開的寶特瓶內有達到化學平衡狀態
5-2	承上題，你根據的理由是： ① 因為蓋緊與打開瓶蓋，瓶內進行的反應完全相同 ② 因為碳酸鈣會與稀鹽酸反應產生二氧化碳氣體 ③密閉寶特瓶內的氣體沒有散失，打開瓶蓋後二氧化碳會散失 ④密閉寶特瓶內沒有化學反應產生，打開瓶蓋後有化學反應產生

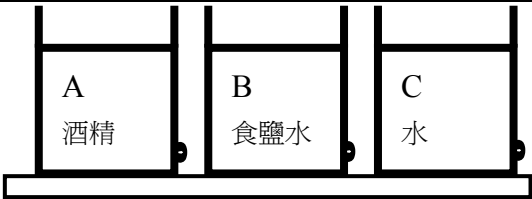
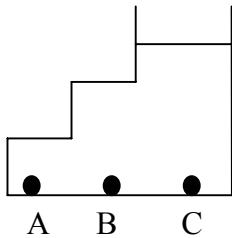
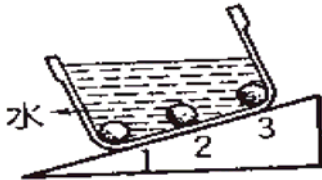
【活動 5】

1-1	一個長、寬、高分別為 10 公分、5 公分、2 公分，且重量為 100 公克的木塊，靜止擺放在一個水平桌面上，此時木塊是否有受到摩擦力作用？ ①有 ②無
1-2	承上題，你的理由是： ①因為物體有受到摩擦力，物體才能靜止在桌面上 ②因為物體有重量，所以物體有受到摩擦力 ③物體沒有受到水平方向的作用力，所以沒有摩擦力 ④物體是靜止狀態，所以不受到摩擦力作用
2-1	古代埃及人徒手推動大石塊，但大石塊仍然維持靜止不動，此時大石塊是否受到摩擦力的作用？ ①有 ②無
2-2	承上題，你的理由是： ①物體靜止不動，物體沒有與桌面產生摩擦，物體沒有受到摩擦力 ②物體有受到摩擦力，但外力等於摩擦力，所以物體不動 ③物體有受到摩擦力，但物體重量 > 摩擦力，所以物體不動 ④人推不動物體，是由於人的推力比摩擦力小
3-1	小明要成功地推動一個物體，推力是否一定要大於物體重量？ ①是 ②否
3-2	承上題，你的理由是： ①是，推力不大於物體重量，物體不會移動 ②是，物體重量 = 摩擦力，要推動物體，則推力 > 物體重量 ③否，要視接觸面性質而定，接觸面粗糙時，推力 > 物體重量 ④否，推力只要大於最大靜摩擦力即可
4-1	完全相同的兩長方體木塊 A、B、C 分別靜止置放在光滑桌面上，在 A、B 物體上底部加上竹筷當作輪子，置放情形如下圖，請問當物體由靜止開始運動的瞬間時，何者所需要的力量較小？

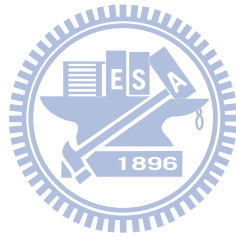
	 <p>①A ②B ③C④一樣大</p>
4-2	<p>承上題，你的理由是：</p> <p>①接觸面積愈小，摩擦力愈小</p> <p>②滾動代替滑動，摩擦力減小</p> <p>③冰上溜冰，摩擦力小，所以用滑的比省力</p> <p>④物體重量與接觸面性質不改變，摩擦力不變</p>
5-1	<p>完全相同的 T 形物體 A、B、C 上分別置放 600、200 與 400 克的砝碼，置放在相同材質的桌面上，置放情形如下圖，請問當物體由靜止開始運動的瞬間時，何者所需要的力量較大？</p> <p>①A ②B ③C④一樣大</p> 
5-2	<p>承上題，你的理由是：</p> <p>① 物體愈重，所受到的摩擦力也愈大</p> <p>② 物體的接觸面積大，所受到的摩擦力也愈大</p> <p>③物體愈重或物體的接觸面積愈大，摩擦力就愈大</p> <p>④AB的材質相同，只要接觸面的種類沒有改變，摩擦力就一樣大</p>

【活動 6】

1-1	<p>三個底面積相同的塑膠杯，裝有等高的水，請問液體底部的壓力何者比較大？</p> <p>①A ②B ③C ④一樣。</p> 
1-2	<p>承上題，你根據的理由是：</p> <p>①杯子愈小，水的質量愈少，所以液體壓力小</p> <p>②杯子的形狀不會影響液體壓力</p> <p>③ C 的杯子內部的液體受到杯子內壁的壓迫，所以液體壓力大</p> <p>④A 的杯子接觸空氣的機會較多，受到的大氣壓力較大，所以液體壓力大</p>
2-1	<p>相同體積的水分別放入 A、B、C 三個塑膠杯中，杯壁上都有一個小孔，小孔位置都距離桌面相等高度，裝置圖如右，請問何者的液體柱噴得最遠？</p> <p>①A ②B ③C ④一樣遠。</p> 

2-2	<p>承上題，你根據的理由是：</p> <p>①A 塑膠杯水的底面積比較大，所以液體柱可以噴得比較遠</p> <p>②C 塑膠杯水的底面積比較大，所以液體柱可以噴得比較遠</p> <p>③小孔與杯底的距離一樣高，所以液體柱可以噴得一樣遠</p> <p>④ A 塑膠杯的液體深度較深，所以液體柱可以噴得比較遠</p>
3-1	<p>A、B、C 三個相同的塑膠杯內分別裝有酒精(密度 0.8g/cm^3)、食鹽水(密度 1.2g/cm^3)、水(密度 1g/cm^3)，液面高度皆為 5 公分高，若在杯底側邊各刺一個小孔，裝置圖如下，請問哪一個塑膠杯內的液體可以噴得比較遠？</p> <p>①A ②B ③C ④一樣遠。</p>
	
3-2	<p>承上題，你根據的理由是：</p> <p>①酒精沸點低，易揮發，可以噴得比較遠</p> <p>②密度最小的液體，重量最輕，可以噴得比較遠</p> <p>③液體密度大，液體壓力大，可以噴得比較遠</p> <p>④液體壓力與液體種類無關</p>
4-1	<p>有一個不規則容器內盛有靜止液體，形狀如右圖，試問其液體底部的 A、B、C 三點，何者壓力大？</p> <p>①A ②B ③C ④一樣大</p>
	
4-2	<p>承上題，你根據的理由是：</p> <p>①A 點除了受到液體的重量造成的壓力，還受到容器往下的壓迫，所以壓力比較大</p> <p>② B 點受到 A 和 C 兩個方向來的壓力，所受到的壓力較大</p> <p>③ C 點除了受到液體的重量造成的壓力，還受到大氣的壓力，所以壓力比較大</p> <p>④ A、B 兩點同在同一水平面上，所受的壓力相同</p>
5-1	<p>在右圖所示裝置中 P1、P2、P3 表示在 1、2、3 處的壓力，則下列敘述何者正確？</p> <p>① $P_3 > P_2 > P_1$ ② $P_1 > P_2 > P_3$ ③ $P_1 = P_2 = P_3$</p> <p>④ $P_2 = (P_1 + P_3) / 2$</p>
	
5-2	<p>承上題，你根據的理由是：</p> <p>①物體高度愈高，壓力愈大</p> <p>②物體距離水面深度愈深，壓力愈大</p> <p>③物體皆在杯底，所以壓力一樣大</p> <p>④因為物體 2 位在物體 1 和物體 3 的中間，所以物體 2 所受到的壓力是物體 1 和物體 3 所受到的壓力的平均值</p>

附錄三 情境科學問題解決測驗題本



小明這學期負責整理理化實驗室的工作。有一天，他到實驗室打掃，看到實驗桌的抽屜內的東西擺放零亂。抽屜內的元素有的是用瓶子裝的、有的是紅紅的、有的是黑黑的，有些元素是亮亮的，有些元素是暗暗的，有些元素會碎成粉末狀。小明向老師報告他所見到的情況，老師告訴小明：「實驗桌的抽屜外貼有標籤，標籤上會記載抽屜內的元素名稱，你可以嘗試將元素分類，重新用標籤標示出這些元素的正確名稱。」小明回到實驗室，看到抽屜外的標籤上寫著鈉、鎂、鐵、銅、硫、碳等元素名稱，但小明對老師交代的任務還是一籌莫展，請問你能幫助小明完成老師交代的工作嗎？

一、根據上述的文章和你學過的科學知識，你覺得有哪些知識能有助於小明分辨元素？

1.

2.

二、承上題，小明利用物質表面光亮與否(亮亮的或暗暗的)的性質來做為元素分類的依據。除了利用小明所提的這個性質來做為物質分類依據之外，你還會依據哪些物質的特性來分辨這些元素，請舉出兩個以上的性質，並說明你的理由。

理由 1：

理由 2：

三、承上題，小明利用砂紙將各個物質的表面磨一磨觀察有沒有光澤，來分辨元素。除了這個方法之外，請你提出 2 種以上可行的策略(方法)以及需要使用的工具，協助小明可以正確地分辨元素。

策略 1：

策略 2：

四、小明利用「觀察表面有沒有光澤」的策略(方法)來分辨元素；他還發現實驗裡頭有酒精燈、燒杯、燃燒匙、坩堝夾、砂紙、鑷子、電池、導線、燈泡、鐵鎚、砂紙、磁鐵、廣口瓶、石蕊試紙、稀鹽酸、石灰水等實驗器材及藥品，請依據你前面所提出的策略中你認為最好的方法來設計實驗來區別這些元素？

策
略

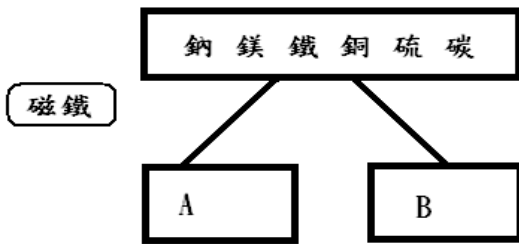
實
驗
設
計

實
驗
使
用
器
材

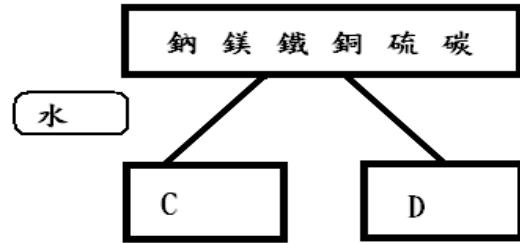
預估
實驗
結果

五、若小明收集了一系列元素分類的實驗結果，實驗結果如下，試回答下列問題：

- (1) 由圖一得知：A的成分是_____；B的成分是_____
- (2) 由圖二得知：C的成分是_____；D的成分是_____

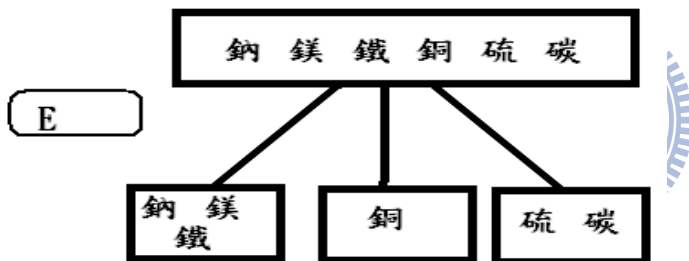


圖一



圖二

- (2)由圖三得知：此元素的分類方式E是_____



圖三

小明曾經做過一個實驗，實驗內容是觀看各種元素的燃燒情形。他在實驗過程中發現：有些元素很容易燃燒，但有些卻非常不容易燃燒。上實驗課的時候，老師曾經提出一個問題：「燃燒的鎂帶插入含有二氧化碳的廣口瓶中，鎂帶會繼續燃燒？還是會熄滅？」當時，同學都異口同聲地回答說：「鎂帶會熄滅，因為二氧化碳沒有助燃性。」但是令人驚訝的實驗的結果卻是：鎂帶會繼續燃燒，而且可以發現廣口瓶的內壁附著許多黑色小點。老師說：「現在實驗桌上有三種不知名的元素 (X、Y、Z) 和該元素的氧化物 (XO、YO、ZO) 及碳粉，請你將這三種元素對氧的活性大小排列出來。」

一、根據上述的文章以及你所學過的科學知識，你覺得有哪些知識能有助於小明達成任務？

1.

2.

二、承上題，小明利用「元素燃燒的難易程度」當做活性大小排列的依據。除了小明所提的物質的性質來做活性大小排列之外，你還會依據哪些物質的特性來比較活性大小，請舉出兩個以上的物質特性，並說明你的理由。

理由 1：

理由 2：



三、承上題，小明把元素放到燃燒匙中，用酒精燈加熱，觀察燃燒的難易程度，來排列元素的活性大小。除了這個方法外，請你提出 2 種以上可能的策略(方法)並寫出可能需要的工具，藉此協助小明正確地排列元素的活性大小。

策略 1：

策略 2：

四、小明利用「觀察燃燒的難易程度」的策略(方法)來排列元素活性的的大小；他還發現實驗裡頭有酒精燈、燒杯、燃燒匙、坩堝夾、砂紙、元素X、元素Y、元素Z、元素氧化物XO、元素氧化物YO、元素氧化物ZO、鋅粉、銅粉、氧化鋅、氧化銅、碳粉等實驗器材及藥品，請你依據你前面所提出的策略中你認為最好的方法並設計實驗來排列這些元素活性？

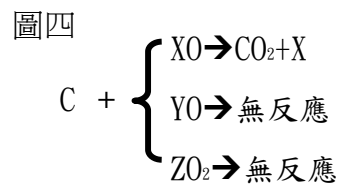
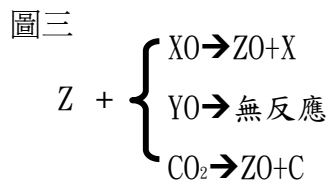
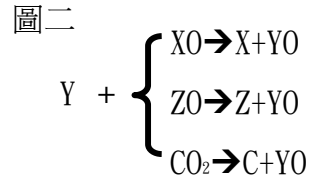
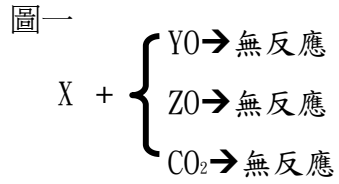
策
略

實
驗
設
計

實
驗
使
用
器
材

預估
實驗
結果

五、若小明收集了一系列元素分類的實驗結果，實驗結果如下，試回答下列問題：



(1) 由圖三實驗結果得知，Z與X、Y、C等元素活性大小比較為何？

(2) 由上面四個實驗結果得知X、Y、Z、C四元素的活性大小排序為何？



小明準備參加炊事競賽，比賽項目是：「在最短的時間內將分派的大塊的 500 公克牛肉全部烤熟。」為了要贏得比賽，小明開始留意媽媽煮菜的方式，小明發現媽媽在做菜的時候會把馬鈴薯切丁、紅蘿蔔切薄片來跟著菜一起炒，而且炒菜的時候會用大火，炒出的菜又脆又好吃。為了贏得比賽，小明決定比賽時的第一個動作就是把牛肉切成薄片。除了小明想出來的方法外，請利用你學過的科學知識幫助小明贏得比賽。

一、根據上述的文章以及你所學過的科學知識，你覺得還有哪些知識會可幫助小明贏得比賽？

- 1.
- 2.
- 3.

二、承上題，小明認為：「牛肉面積大小會影響食物烹煮的時間。」除了小明提出的因素之外，請你舉出兩個影響食物烹煮時間的因素，並說明你的理由。

理由 1：

理由 2：

三、承上題，小明利用將牛肉切薄片的方式來影響實務的烹煮時間。除了小明所提的方法外，請提出兩種以上可能的策略(方法)，協助小明縮短食物烹調的時間。

策略 1：

策略 2：

四、俗語說：「謀定而後動。」在比賽前，如果可以利用模擬實驗來確定自己的想法是否正確，將可以大大提高贏得第一名的機會。

請由上面你所提出的二種以上的策略(方法)中找出你覺得最好的策略(方法)，並利用附側管的廣口瓶、橡皮管、燒杯(50 毫升)、試管、玻璃棒鹽酸(1M、0.5M、0.1M、20°C、40°C、60°C)、石灰水、碼錶、大理石(塊狀、粒狀、粉末狀)等實驗器材，設計實驗來驗證你所提出的策略(方法)的可行性？

※實驗設計請註明：測量項目、控制變因、操縱變因

策 略	
實 驗 設 計	
實 驗 使 用 器 材	
預 估 實 驗 結 果	

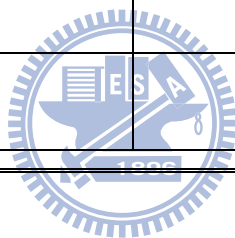
五、若小明收集了一系列鹽酸與大理石反應的實驗數據，結果如下，試回答下列問題：

實驗次序	鹽酸濃度 (M)	鹽酸溫度 (°C)	大理石顆粒大小	石灰水變色時間 (秒)
1	1	20	粉末	20
2	0.5	20	粉末	40
3	0.1	20	粉末	150
4	1	40	粉末	15
5	1	60	粉末	10
6	1	20	粉末	20
7	1	20	塊狀	80
8	1	20	粒狀	60

(1)比較第一次和第三次的實驗數據，我知道_____和_____的關係是_____

(2)承上題，除此之外，請寫出你由表中數據所獲得的實驗結論。

結論	我的根據	我的結論
結論 1	根據第_____次和第_____次的 實驗數據比較	
結論 2	根據第_____次和第_____次的 實驗數據比較	



有一天上課的時候，老師將紅色的酚酞指示劑滴入一種透明液體，指示劑馬上變為無色；接著，老師又將這無色的酚酞指示劑滴入另一種液體，指示劑又變為紅色。老師說：「酚酞指示劑反覆地顏色變化可以視為是一種可逆反應。」

小明突然回想到：酚酞是一種酸鹼指示劑，因此，老師在酚酞指示劑裡先後加入的透明液體一定具有酸性或鹼性的物質，才會影響化學反應的進行。

鐘乳石 (CaCO_3) 的形成是自然界中的神奇景觀之一。鐘乳石通常形成於高溫多雨的石灰岩的環境裡，當石灰岩地形滲入微酸性的地下水後，受微酸性的地下水侵蝕，逐漸形成石灰岩洞。如果在石灰岩洞中，空氣中的二氧化碳濃度變高，則使得化學反應往另一個方向進行，因而形成碳酸鈣沉澱，如果碳酸鈣自地面逐漸形成稱為石筍，如果碳酸鈣自洞頂向下生長則稱為鐘乳石。不論是石筍還是鐘乳石，要在自然界的環境中形成這些自然景觀，都需要非常長久的時間以及合適的環境條件配合。為了要保護這些自然景觀，我們必須對「影響鐘乳石形成的因素」、「氣候變遷對鐘乳石造成的影響」等相關議題有深入的了解，政府與相關單位才能制定合適的政策來達到維護這些自然景觀的目的。

一、根據上述的文章以及你所學過的科學知識，你覺得有哪些學過的知識與此議題有關？

1.

2.

3.



二、承上題，小明認為：空氣溫度的高低是影響鐘乳石形成的因素。除了小明認為的因素之外，你覺得還有哪些因素會影響鐘乳石的形成？請舉出兩個以上的因素，並說明你的理由。

因素 1：

因素 2：

三、承上題，小明利用加熱空氣的方法來促進鐘乳石的生成。除了這個方法之外，請你提出 2 種以上可行的策略(方法)來促進鐘乳石的形成。

策略 1：

策略 2：

四、俗語說：「謀定而後動」，如果可以利用實驗模擬來驗證自己的想法是否正確，將可以大大減少人力、物力與時間的浪費。

如果小明想要利用石灰水來模擬鐘乳石 (CaCO_3) 的形成，請由上面你所提出的二種以上的策略(方法)中選擇你覺得最好的策略(方法)，並利用石灰水 (20°C 、 40°C 、 80°C)、鹽酸 (1M 、 0.5M 、 0.1M)、氫氧化鈉 (1M 、 0.5M 、 0.1M)、氣體(空氣、純氧、純二氧化碳、純氮氣)、水等實驗器材和藥品，設計實驗來執行你的想法？

※實驗設計請註明：測量項目、控制變因、操縱變因

策 略	
實 驗 設 計	
實 驗 使 用 器 材	
預 估 實 驗 結 果	

五、若小明收集了一系列澄清石灰水產生白色混濁的實驗數據，實驗結果如下，試回答下列問題：

實驗 次序	石灰水 溫度(°C)	氣體種類	鹽酸濃度 (M)	氫氧化鈉 濃度(M)	水(ml)	石灰水 的變化
1	20	空氣	0	0	0	澄清
2	80	空氣	0	0	0	變混濁
3	20	空氣	1	0	0	澄清
4	20	空氣	0.5	0	0	澄清
5	20	空氣	0	1	0	變混濁
6	20	空氣	0	0.5	0	變混濁
7	20	氧氣	0	0	0	澄清
8	20	二氧化碳	0	0	0	變混濁
9	20	氮氣	0	0	0	澄清

(1)比較第一次和第三次的實驗數據，我知道_____和_____的關係是_____。

(2)承上題，除此之外，請寫出你由表中數據所獲得的實驗結論。

結論	我的根據	我的結論
結論 1	根據第_____次和第_____次的 實驗數據比較	
結論 2	根據第_____次和第_____次的 實驗數據比較	

媽媽要求國二的小明將自己的書桌搬移從書房搬移到自己的房間，小明向媽媽抱怨：「書桌那麼重，桌上堆滿厚厚的教科書和參考書，我的年紀那麼小，體重只有 50 公斤重，根本沒有足夠的力氣可以搬動比我的體重還要重的書桌，媽媽交代的工作根本就是不可能的任務。」媽媽說：「爸爸的工具間裡有許多的工具和器材，動動腦，你一定可以達成任務。」小明為了要完成媽媽交代的任務，在搬運工作前，對書桌以及桌上的重物做了一些測量。以下是他在搬運書桌前所做的測量：書桌重量 60 公斤重，教科書和參考書的總重量 20 公斤重，桌面長 120 公分，寬 60 公分，高 80 公分，桌腳總面積 64 cm^2 。接著，小明到了工具間，發現爸爸的工具間就像小叮噠的百寶箱，裡面的東西應有盡有。請利用你學過的科學知識幫助小明達成媽媽指派的任務呢？

一、根據上述的文章以及你所學過的科學知識，你覺得有哪些學過的知識能有助於小明解決這個問題？

1.

2.

3.

二、承上題，小明認為：「書桌的底面積大小」是造成書桌無法被搬動的主因。除了小明所提的因素之外，請你舉出兩個以上造成書桌無法被搬動的因素，並說明你的理由。

理由 1：

理由 2：



三、承上題，小明利用桌腳著地(接觸面積小)的方式搬運書桌。除了小明所提的方法之外，請你提出兩種以上可能的策略(方法)來協助小明搬動書桌。

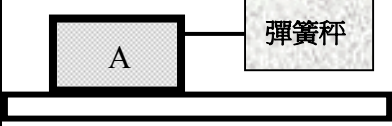
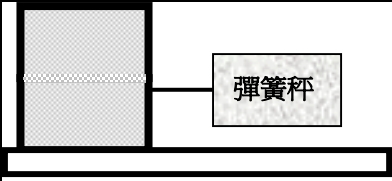
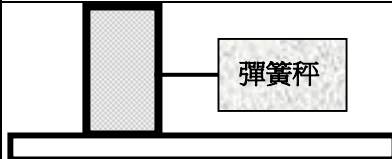
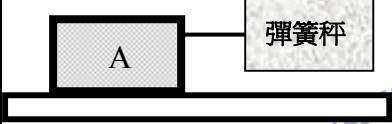
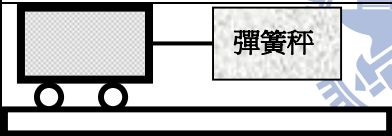
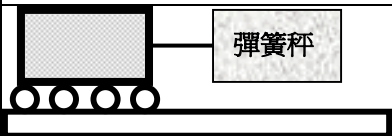
策略 1：

策略 2：

	<p>四、俗語說：「謀定而後動」，在實際搬運書桌前，如果可以利用實驗模擬來確定自己的想法是否正確，將可以大大減少人力、物力與時間的浪費。</p> <p>請由上面你所提出的二種以上的策略(方法)中找出你覺得最好的策略(方法)，並利用木塊A(質量 600 克、體積 $20 \times 10 \times 5 \text{cm}^3$)、木塊B(質量 1200 克、體積 $20 \times 10 \times 10 \text{cm}^3$)、砝碼數個(100 克)、抹布、砂紙、桌面、彈簧秤、彈珠、竹筷等實驗器材，<u>設計實驗</u>來執行你的想法？</p> <p>※實驗設計請註明：測量項目、控制變因、操縱變因</p>
策略	
實驗設計	
實驗使用器材	
預估實驗結果	

五、若小明收集了一系列木塊開始運動瞬間的彈簧秤讀數，數據如下，試回答下列問題：

木塊A(質量 600 克、體積 $20 \times 10 \times 5 \text{ cm}^3$)、木塊B(質量 1200 克、體積 $20 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$)

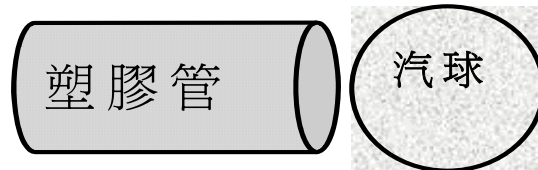
實驗次序	木塊編號	圖示	接觸面積 cm^2	接觸面材質	物體重量	輔助器材	彈簧秤讀數 (gw)
1	A		200	桌面	600	無	300
2	B		200	桌面	1200	無	600
3	A		50	桌面	600	無	300
4	A		200	砂紙	600	無	800
5	A		200	桌面	600	竹筷 2 枝	180
6	A		200	桌面	600	竹筷 4 枝	180

(1)比較第一次和第三次的實驗數據，我知道_____和_____的關係是_____

(2)承上題，除此之外，請寫出你由表中數據所獲得的實驗結論。

結論	我的根據	我的結論
結論 1	根據第_____次和第_____次的 實驗數據比較	
結論 2	根據第_____次和第_____次的 實驗數據比較	

今天上課的時候，老師出了一個問題：「我的手裡有一顆漲滿氣體的汽球和一個塑膠水管，汽球的直徑比塑膠水管的直徑大，有什麼方法可以在不弄破汽球（汽球內的氣體不外洩）的情況下，把汽球塞進塑膠水管裡？」（示意圖如下）



班上一位號稱「大力士」的同學一馬當先地接受老師的挑戰，但是他用盡了力氣，還是無法把汽球塞進塑膠水管內。老師提示說：「生物課的時候，在水中悠游的魚兒可以自由地上升或下降，完全靠體內的魚鰾會膨脹或縮小的緣故。魚兒越游越深、魚兒體內的魚鰾就會越來越小。只要動動腦，你就可以輕鬆地完成這個任務。」

身材瘦弱的小明也想要挑戰這個新奇的任務，請利用你學過的科學知識幫助小明達成老師交代的任務。

一、根據上述的文章以及你所學過的科學知識，你覺得有哪些學過的知識有助於解決這個問題。

1.

2.

3.

二、承上題，小明認為：「汽球在水中的體積比在空氣中的體積小」。除了小明的理由之外，還有哪些因素可以讓汽球變小？請你舉出兩個不同的因素，並說明你的理由。

理由 1：

理由 2：

三、承上題，小明利用把汽球放入水中的方法，縮小汽球的體積。除了這個方法之外，請提出兩種以上可能的策略(方法)，幫助小明完成這個任務。

策略 1：

策略 2：

四、小明利用「汽球放入水中」的方法來縮小物體的體積。此外，他還發現實驗是有圓柱狀容器A(底面積 100cm^2 ，高 100cm)、B面積 400cm^2 ，高 100cm 、水(密度 1 g/cm^3)、酒精(密度 0.8 g/cm^3)、食鹽水(密度 1.2 g/cm^3)、直尺等實驗器材。請由上一題你所提出的二種以上的策略(方法)中選擇一個你覺得最好的策略(方法)，並利用本題所提供的實驗器材設計實驗來執行你的想法？

※實驗設計請註明：測量項目、控制變因、操縱變因

策 略	
實 驗 設 計	
實 驗 使 用 器 材	
預 估 實 驗 結 果	

五、若小明收集了一系列液體內部壓力的實驗數據，實驗結果如下，試回答下列問題：

實驗次序	容器底面積	液體密度 (g/cm^3)	汽球距離液面距離(cm)	壓力大小 (gw/cm^2)
1	100	1	50	50
2	400	1	50	50
3	400	1.2	50	60
4	400	1	10	10

(3) 比較第一次和第三次的實驗數據，我知道_____和_____的關係是_____。

(2)承上題，除此之外，請寫出你由表中數據所獲得的實驗結論。

結論	我的根據	我的結論
結論 1	根據第_____次和第_____次的 實驗數據比較	
結論 1	根據第_____次和第_____次的 實驗數據比較	

附錄四 科學情境問題解決學習單



實驗桌上有不知正確名稱的片狀和粉末狀的六種元素，這六種元素分別是鎂、鋅、銅、石墨、鐵、硫。請利用實驗室提供給你的實驗藥品與器材，找出這些元素的正確名稱？

實驗器材：酒精燈、燒杯、燃燒匙、砂紙、鑷子、電池、導線、燈泡、蠟燭、鐵鎚、砂紙、磁鐵廣口瓶、石蕊試紙、

實驗藥品：鎂帶、鎂粉、鋅片、鋅粉、銅片、銅粉、石墨棒、碳粉、鐵片、鐵粉、硫棒、硫粉、鹽酸

一、想想看，有哪些你學過的生活知識與科學知識可以幫助你將這些元素進行分類？(請寫出愈多愈好)

答：

二、你會利用哪些性質對元素進行分類？你利用哪些方法？你預期的結果是什麼？這個方法是否恰當？(安全性、可行性)請寫出兩種以上的方法。

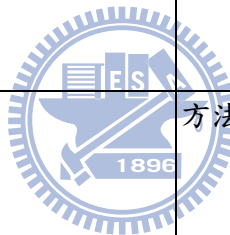
參考答案：

性質	元素的導熱性
理由	有的元素可以導熱(金屬)，有的元素不能導熱(非金屬)
方法	觀察元素上的蠟油的熔化情形
理由	蠟油會熔化的元素代表可以導熱，蠟油不易熔化的元素代表不易導熱
實驗設計	將元素放在點燃的酒精燈上加熱，觀察元素上的蠟油是否有熔化的現象產生
預期結果	鎂帶、鋅片、銅片、石墨棒、鐵片等元素上的蠟油有熔化的現象，歸為一類 硫棒、硫粉等元素上的蠟油沒有熔化的現象，歸為一類
評估	1. 粉狀元素不易測量導熱性質，所以實驗器材選擇時，要選擇棒狀或片狀的元素進行 2. 鎂帶活性大，遇到火焰易燃燒，所以對鎂帶進行加熱時，須注意安全

	第一種解決方法		第二種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	

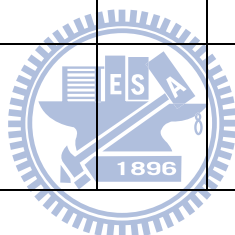
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	
評估		評估	

	第三種解決方法		第四種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	
評估		評估	



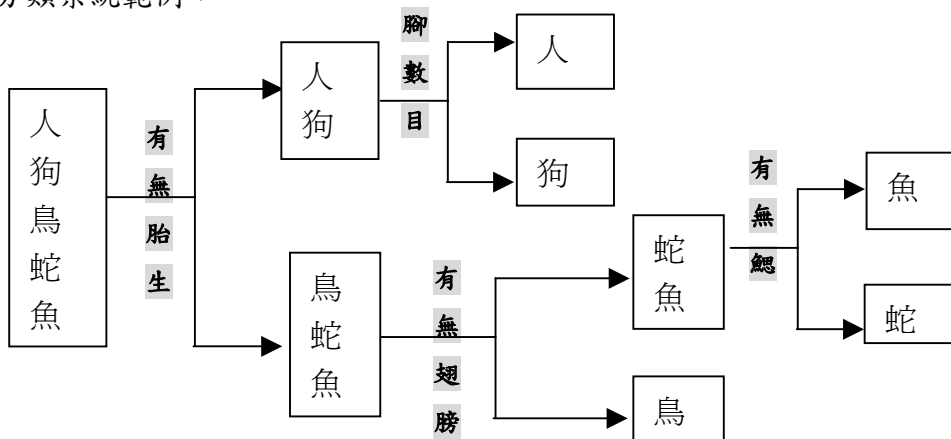
三、進行小組討論，從你和同學所想出的方法裡選出幾個你們覺得最可行的方法，進行實際操作，並紀錄你們的實驗結果。

元素性質 \	鎂帶	鋅片	銅片	石墨棒	鐵片	硫棒	實驗結論	方法可行性
導熱性	✓	✓	✓		✓		可導熱者為一類 不可導熱者為一類	可行

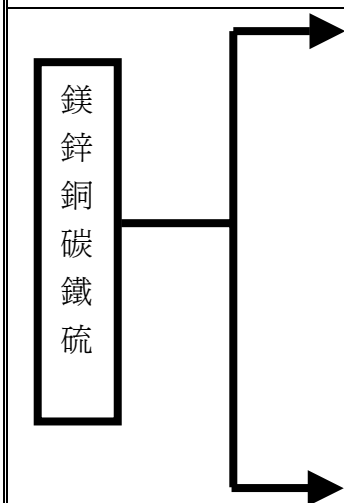
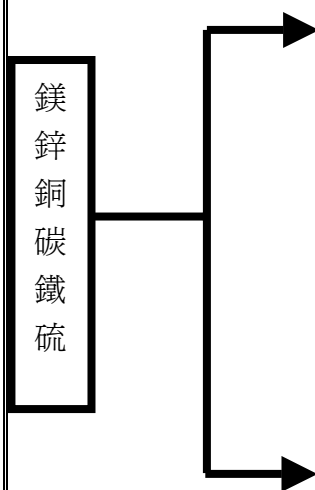


元素性質 \	鎂粉	鋅粉	銅粉	碳粉	鐵粉	硫粉	實驗結論	方法可行性

分類系統範例：



四、根據你所學過的科學知識以及實驗課所學到的資訊，你是否能建立一套分類系統，將鎂、鋅、銅、碳、鐵、硫等元素一一加以分類。請畫出你認為最好的分類系統。(樹狀圖)



實驗桌上有碳粉、三種不知名的元素(X、Y、Z)和該元素的氧化物(XO、YO、ZO)，請找出三元素的活性大小順序。

實驗器材：酒精燈、燒杯、燃燒匙、坩堝夾、砂紙

實驗藥品：元素 X、元素 Y、元素 Z、元素氧化物 XO、元素氧化物 YO、元素氧化物 ZO、鋅粉、銅粉、氧化鋅、氧化銅、碳粉

一、想想看，有哪些你學過的生活知識與科學知識可以幫助你判斷元素的活性大小？(請寫出愈多愈好)

答：

二、你會利用哪些物質的性質來作為判斷活性大小的依據？你利用哪些方法？你預期的結果是什麼？這個方法是否恰當？(安全性、可行性)請寫出兩種以上的方法。

參考答案：

性質	元素的燃燒難易程度	
理由	有的元素容易與氧氣結合，活性大，有的元素不易與氧氣結合，活性小	
方法	觀察燃燒的劇烈程度	
理由	燃燒劇烈代表容易燃燒，燃燒不劇烈代表不容易燃燒	
實驗設計	將三種元素(X、Y、Z)放在燃燒匙上加熱，比較元素燃燒的難易情形，排列出元素的活性大小	
預期結果	燃燒劇烈的物質，活性大；燃燒不劇烈的物質，活性小	
評估	將活性大的元素燃燒，會有危險性	

	第一種解決方法		第二種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	

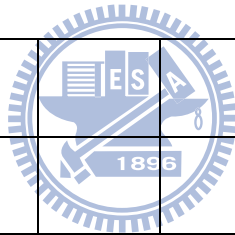
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	
評估		評估	

	第三種解決方法		第四種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	
評估		評估	

三、進行小組討論，從你和同學所想出的方法裡選出幾個你們覺得最可行的方法，進行實際操作，並紀錄你們的實驗結果。

元素 使用材料	X	Y	Z	你的結論	方法可行性

元素氧化物 使用材料				你的結論	方法可行性



四、若小明收集了一系列元素與物質發生化學反應的實驗結果，實驗結果如下，請寫出實驗結果所代表的資訊：

元素 使用材料	X	Y	Z	C	Zn	你的結論	你的理由
XO		x	x	x	x		因為____和____無法發生作用， 所以活性_____
YO	a		✓	x	x		因為____和____無法發生作用， 所以活性_____
ZO	b	c		x	x		因為____和____無法發生作用， 所以活性_____
CO ₂	d	e	f		x	C > Zn	因為Zn和CO ₂ 無法發生作用， 所以活性 C > Zn
ZnO	g	h	i	j			

(1) 請排列各個元素的活性大小順序：_____

(2) 請評估表格內代號的正確答案，正確的打「✓」，錯誤的打「x」。

代號	有無反應	代號	有無反應
a		f	
b		g	
c		h	
d		i	
e		j	

如何利用大理石和鹽酸讓收集氣體的時間縮短？請提出兩種以上的方法。

實驗器材：附側管的廣口瓶、橡皮管、燒杯(50 毫升)、試管、玻璃棒、碼錶、溫度計

實驗藥品：鹽酸(1M、0.5M、0.1M、20°C、40°C、60°C)、石灰水(20°C、40°C、60°C)、碳酸鈣(粒狀、塊狀、粉末狀)

一、想想看，有哪些你學過的生活知識與科學知識可以讓反應的速率變快？(請寫出愈多愈好)

答：

二、你認為有哪些因素會影響收集氣體的時間？你的理由是什麼？你會利用哪些方法縮短收集氣體的時間？你預期的結果是什麼？這個方法是否恰當？(安全性、可行性)請寫出兩種以上的方法。

參考答案：

因素	鹽酸的溫度
理由	溫度愈高，分子的動能愈大，反應速率愈快
方法	測量不同溫度的鹽酸與大理石作用後，氣體收集的時間
理由	石灰水變色的時間愈短，代表二氧化碳產生的速率愈快
實驗設計	將同質量的大理石粉末分別加入 20°C、40°C、60°C 的 1M 鹽酸，測量石灰水變色的時間。
預期結果	60°C 的鹽酸與大理石粉末反應，應該可以在最短的時間內讓石灰水變色
評估	將鹽酸加熱，具有危險性，但此法應該可行性高

	第一種解決方法		第二種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	

預期結果		預期結果	
評估		評估	
	第三種解決方法		第四種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	
評估		評估	

三、進行小組討論，從你和同學所想出的方法裡選出幾個你們覺得最可行的方法，進行實際操作，並紀錄你們的實驗結果。

參考答案：

測量項目	收集氣體的時間(秒)	操縱變因	鹽酸的溫度
控制變因	鹽酸的濃度(1M)、鹽酸的體積(20 毫升)、大理石的顆粒大小(粉末)、大理石的質量(2 公克)		
變項	鹽酸溫度(°C)	收集氣體的時間(秒)	
實驗次序			
1	20	12	
2	40	9	
3	60	7	
實驗結論	由實驗結果得知，鹽酸的溫度會影響反應的速率		

小組實驗紀錄(1)

測量項目		操縱變因	
------	--	------	--

測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序			
實驗次序			
1			
2			
3			
實驗 結論			

小組實驗紀錄(2)

測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序			
實驗次序			
1			
2			
3			
實驗 結論			

小組實驗紀錄(3)

測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序			
實驗次序			
1			
2			
3			
實驗 結論			

四、若小明收集了一系列鹽酸與大理石反應的實驗數據，結果如下，試回答下列問題：

實驗次序	鹽酸濃度(M)	鹽酸溫度(°C)	大理石顆粒大小	收集氣體時間(秒)
1	1	20	粉末	20
2	0.5	20	粉末	40
3	0.1	20	粉末	20
4	0.1	20	粉末	90
5	1	10	粉末	10
6	1	40	粉末	15
7	1	60	粉末	10
8	1	20	粉末	20
9	1	20	粒狀	60
10	1	20	塊狀	80
11	1	20	塊狀	20

(1) 你覺得上述的實驗結果有哪幾次與你的實驗結果不合？有哪幾次是不合理的？你的理由是什麼？

我的評估	理由
我覺得第 5 次實驗結果不合理	鹽酸溫度愈低，鹽酸發生化學反應產生二氧化碳的速率應該愈快，但第 5 次的實驗結果與此原則違背
我覺得第_____次實驗結果不合理	因為_____， 但第_____次的實驗結果與此原則違背
我覺得第_____次實驗結果不合理	因為_____， 但第_____次的實驗結果與此原則違背

【活動】題目：衣服沾到了碘酒(茶褐色)，應該用什麼方法把衣服上的污漬去除？哪些方法會讓污漬變得更嚴重？



實驗器材：廣口瓶、滴管、燒杯、酒精燈

實驗藥品：碘酒、鹽酸(0.5M、0.1M)、醋酸(0.5M、0.1M)、氫氧化鈉(0.5M、0.1M)、碳酸氫鈉(0.5M、0.1M)、氨水(0.5M、0.1M)、糖(0.5M、0.1M)、食鹽(0.5M、0.1M)、0.2%酚酞

一、想想看，有哪些你學過的生活知識與科學知識可以改變反應的平衡？(請寫出愈多愈好)

答：

二、你認為有哪些因素會造成碘酒改變顏色？你的理由是什麼？你會利用哪些方法讓碘酒的顏色發生改變？你預期的結果是什麼？這個方法是否恰當？(安全性、可行性)請寫出兩種以上的方法。

	第一種解決方法		第二種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	

評估		評估	
	第三種解決方法		第四種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	
評估		評估	

三、進行小組討論，從你和同學所想出的方法裡選出幾個你們覺得最可行的方法，進行實際操作，並紀錄你們的實驗結果。

小組實驗紀錄(1)			
測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項			
實驗次序			
1			

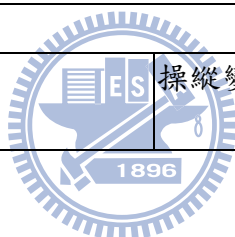
1		
2		
3		
實驗 結論		

小組實驗紀錄(2)

測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序			
實驗次序			
1			
2			
3			
實驗 結論			

小組實驗紀錄(3)

測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序			
實驗次序			
1			
2			
3			
實驗 結論			



四、若小明收集了一系列碘酒發生化學反應變動的實驗結果，實驗結果如下，試回答下列問題：

實驗次序	液體種類	濃度 (M)	碘酒溫度	碘酒顏色變化
1	糖	0.5	20°C	茶褐色→茶褐色 無色→無色
2	食鹽	0.5	20°C	茶褐色→茶褐色 無色→無色
3	鹽酸	0.5	20°C	茶褐色→茶褐色 無色→茶褐色
4	醋酸	0.5	20°C	茶褐色→茶褐色 無色→茶褐色
5	氫氧化鈉	0.5	20°C	茶褐色→無色 無色→無色
6	碳酸氫鈉	0.5	20°C	茶褐色→茶褐色 無色→無色
7	氨水	0.5	20°C	茶褐色→茶褐色 無色→無色
8	氫氧化鈉	0.1	20°C	茶褐色→茶褐色 無色→無色
9	鹽酸	0.1	20°C	茶褐色→茶褐色 無色→茶褐色
10	醋酸	0.1	20°C	茶褐色→無色 無色→無色
9	氨水	0.5	20°C	茶褐色→茶褐色 無色→茶褐色

(1)你覺得上述的實驗結果有哪幾次與你的實驗結果不合？有哪幾次是不合理的？你的理由是什麼？

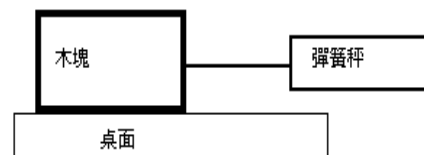
我的評估	理由
我覺得第_____次實驗結果不合理	因為_____， 但第_____次的實驗結果與此原則違背
我覺得第_____次實驗結果不合理	因為_____， 但第_____次的實驗結果與此原則違背
我覺得第_____次實驗結果不合理	因為_____， 但第_____次的實驗結果與此原則違背

【活動 5】摩擦力

班級：_____ 座號：_____ 姓名：_____

若要一口氣拉動一個物體，當物體移動的瞬間所需要的最大的力量與什麼因素有關？

實驗器材：附掛勾長方體木塊數個、紙張、抹布、粗砂紙、砝碼、彈簧秤、竹筷



一、想想看，有哪些你學過的生活知識與科學知識可以讓移動物體瞬間所需要的最大的力量變小？(請寫出愈多愈好)

答：

二、你認為有哪些因素會影響移動物體瞬間所需要的最大的力量？你的理由是什麼？你會利用哪些方法減少移動物體瞬間所需要的最大的力量？你預期的結果是什麼？這個方法是否恰當？(安全性、可行性)請寫出兩種以上的方法。

	第一種解決方法		第二種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	

評估		評估	
	第三種解決方法		第四種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	
評估		評估	

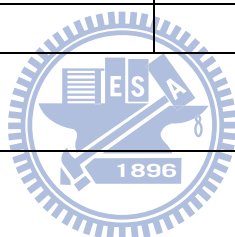
三、進行小組討論，從你和同學所想出的方法裡選出幾個你們覺得最可行的方法，進行實際操作，並紀錄你們的實驗結果。

小組實驗紀錄(1)			
測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序		130	

變項 實驗次序		
實驗次序		
1		
2		
3		
實驗 結論		

小組實驗紀錄(2)

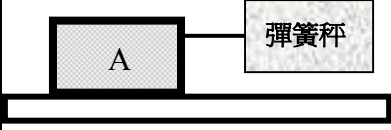
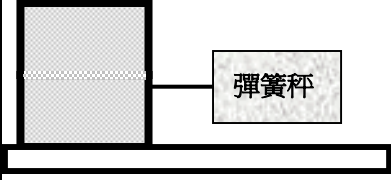
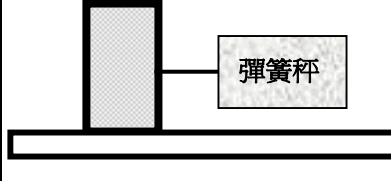


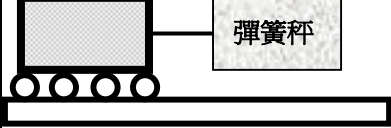
測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序			
實驗次序			
1			
2			
3			
實驗 結論			



小組實驗紀錄(3)

測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序			
實驗次序			
1			
2			
3			
實驗 結論			

四、若小明收集了一系列木塊開始運動瞬間的彈簧秤讀數，數據如下，試回答下列問題：
木塊A(質量 600 克、體積 $20 \times 10 \times 5 \text{ cm}^3$)、木塊B(質量 1200 克、體積 $20 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$)

實驗次序	木塊編號	圖示	接觸面積 cm^2	接觸面材質	物體重量	輔助器材	彈簧秤讀數 (gw)
1	A		200	桌面	600	無	300
2	B		200	桌面	1200	無	300
3	A		50	桌面	600	無	400
4	A		200	砂紙	600	無	200
5	A		200	桌面	600	竹筷 2 枝	180
6	A		200	桌面	600	竹筷 4 枝	100

(1)你覺得上述的實驗結果有哪幾次與你的實驗結果不合？有哪幾次是不合理的？你的理由是什麼？

我的評估	理由
我覺得第 _____ 次實驗結果不合理	因為 _____ ， 但第 _____ 次的實驗結果與此原則違背
我覺得第 _____ 次實驗結果不合理	因為 _____ ， 但第 _____ 次的實驗結果與此原則違背
我覺得第 _____ 次實驗結果不合理	因 _____ ， 但第 _____ 次的實驗結果與此原則違背

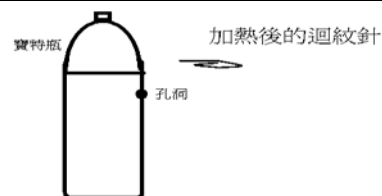
【活動 6】液體壓力

班級：____座號：____姓名：_____

如何讓塑膠瓶內的液體可以噴得最遠？(寶特瓶側面的小孔洞)

實驗器材：塑膠瓶(大小不同的寶特瓶(底面積大、小))、直尺、膠帶、剪刀、圖釘

實驗藥品：沙拉油、食鹽、蔗糖、水



一、想想看，有哪些你學過的生活知識與科學知識可以讓塑膠瓶內的液體可以噴得最遠？(請寫出愈多愈好)

答：

二、你認為有哪些因素會影響液體噴出的距離？你的理由是什麼？你會利用哪些方法讓塑膠瓶內的液體可以噴得最遠？你預期的結果是什麼？這個方法是否恰當？(安全性、可行性)請寫出兩種以上的方法。

	第一種解決方法		第二種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	

評估		評估	
	第三種解決方法		第四種解決方法
性質		性質	
理由		理由	
方法		方法	
理由		理由	
實驗設計		實驗設計	
預期結果		預期結果	
評估		評估	

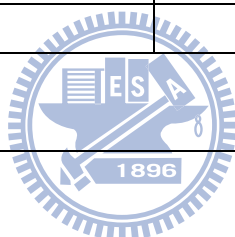
三、進行小組討論，從你和同學所想出的方法裡選出幾個你們覺得最可行的方法，進行實際操作，並紀錄你們的實驗結果。

小組實驗紀錄(1)			
測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序	134		

變項 實驗次序		
實驗次序		
1		
2		
3		
實驗 結論		

小組實驗紀錄(2)

測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序			
實驗次序			
1			
2			
3			
實驗 結論			



小組實驗紀錄(3)

測量項目		操縱變因	
控制變因			
變項 實驗次序			
實驗次序			
1			
2			
3			
實驗 結論			

四、若小明收集了一系列液體噴出的距離的實驗數據，實驗結果如下，試回答下列問題：

實驗次序	容器底面積 (cm ²)	液體種類	液體密度 (gw/cm ³)	液體的深度(cm) (孔洞與液面距離)	液體噴出的距離 (cm)
1	100	水	1	20	5
2	400	水	1	20	5
3	800	水	1	20	5
4	400	食鹽水	1.2	20	6
5	400	糖水	1.2	20	4
6	400	酒精	0.8	20	4
7	400	水	1	10	5
8	400	水	1	25	5

(1)你覺得上述的實驗結果有哪幾次與你的實驗結果不合？有哪幾次是不合理的？你的理由是什麼？

我的評估	理由
我覺得第_____次實驗結果不合理	因為_____， 但第_____次的實驗結果與此原則違背
我覺得第_____次實驗結果不合理	因為_____， 但第_____次的實驗結果與此原則違背
我覺得第_____次實驗結果不合理	因為_____， 但第_____次的實驗結果與此原則違背
我覺得第_____次實驗結果不合理	因為_____， 但第_____次的實驗結果與此原則違背
我覺得第_____次實驗結果不合理	因為_____， 但第_____次的實驗結果與此原則違背

附錄五 情境科學問題解決實驗與傳統實驗教學內容對照表



種類 單元名稱	情境問題解決教學	傳統實驗教學(食譜式實驗)
單元一 氧化 認識 元素 性質	階段一：情境問題	階段一：以課本的實驗目的為目的
	<p>一、教學鷹架</p> <p>實驗桌上有不知正確名稱的片狀和粉末狀的六種元素，這六種元素分別是鎂、鋅、銅、石墨、鐵、硫。請利用實驗室提供給你的實驗藥品與器材，找出元素的正確名稱？</p> <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師提供有特定的目標的情境問題(分辨正確元素的名稱) ● 教師提供條件無嚴格定義的情境問題 ● 教師提供解決方法不止一種的情境問題 <p>(可以根據氧化物溶於水的酸鹼性、磁性、導電性、焰色、延展性、顏色、光澤等性質設計方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師提供可能需要使用到的實驗器材與實驗藥品 <p>(實驗器材：酒精燈、燒杯、燃燒匙、砂紙、鑷子、電池、導線、燈泡、蠟燭、鐵鎚、砂紙、磁鐵、廣口瓶、石蕊試紙)</p> <p>(實驗藥品：鎂帶、鎂粉、鋅片、鋅粉、銅片、銅粉、石墨棒、碳粉、鐵片、鐵粉、硫棒、硫粉、鹽酸)</p>	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 根據金屬燃燒的難易程度，探討金屬對氧的活性大小 ● 檢驗金屬與非金屬氧化物的性質 <p>階段二：依照課本指示選擇與安裝實驗器材。</p>
	<p style="text-align: center;">階段二：已知</p> <p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 哪些你學過的生活經驗與科學知識可以幫助你將這些元素進行分類？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生將已具有的知識與問題連結 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生過濾無關緊要的資訊 <p>學生提取與情境問題有關的知識</p>	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列進行實驗所需器材 <p>(實驗工具：燃燒匙、酒精燈、石蕊試紙、廣口瓶)</p> <p>(實驗藥品：金屬元素(鎂、鋅、銅)與非金屬元素(硫、碳))</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗器材安裝方式 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師準備實驗所需器材 ● 當學生實驗器材安裝有錯誤時，教師予以糾正 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生按照課本指示選擇進行實驗所需器材 ● 學生按照課本指示安裝實驗器材
	<p style="text-align: center;">階段三：解釋</p> <p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你會利用哪些性質對元素進行分類？ ● 為什麼你認為這個性質可以解決問題？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生釐清問題的本質 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生對情境問題進行定義與表徵 ● 學生找出解決情境問題的關鍵因素(例：氧化物溶於水的酸鹼性、磁性、導電性、焰色、延展性、顏色、光澤……) 	<p>階段三：依照課本指示執行實驗步驟。</p> <p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗操作步驟 <p>(觀察物質燃燒情形)</p> <p>(檢驗物質氧化物的酸鹼性)</p> <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本操作步驟進行實驗 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示將金屬元素與非金屬元素加熱燃燒
	階段四：方法	依照課本指示將元素的氧化物與水混合

<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你會利用哪些方法對元素進行分類？ ● 你的解決方法的設計理由為何？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生提出解決方法 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生根據自己提出的關鍵因素形成解決方法。(例：顏色、焰色、導電性、氧化物的酸鹼性、...) <p>學生自我反思形成解決方法的理由。</p>	
<p>階段五：實驗設計</p>	
<p>教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你如何設計實驗來證明你的方法可解決問題？ ● 你認為這個方法有哪些執行上的困難？這個方法可行嗎？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生設計實驗及解決實驗碰到的困難 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生設計實驗來證明自己方法的可行性 ● 小組討論，選出組內最好的方法及實驗設計 ● 小組選擇適當的實驗器材，執行實驗工作 ● 小組解決實驗過程碰到的困難。 	<p>階段四：依照課本指示進行實驗觀察，並將實驗結果加以紀錄</p> <p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗需觀察的項目 (觀察元素燃燒劇烈情形) (觀察元素焰色) (檢驗氧化物溶於水後的酸鹼性) <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本指示觀察與紀錄實驗結果 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示觀察並紀錄元素燃燒劇烈情形 ● 依照課本指示觀察並紀錄元素焰色 ● 依照課本指示檢驗並紀錄氧化物溶於水後的酸鹼性
<p>階段六：評估策略</p>	
<p>教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你認為小組實驗的實驗數據合理嗎？你的理由是什麼？ ● 你認為老師提供的實驗數據裡有哪些是錯誤的？你的理由是什麼？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生對實驗數據進行評估 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 每個學生針對小組的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 ● 每個學生針對教師提供的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 	<p>階段五：教師總結實驗結果</p> <p>一、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師綜合實驗結果
<p>階段七：全班討論</p>	

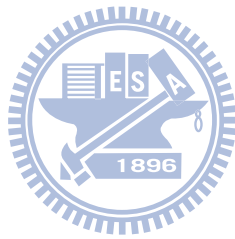
	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none">● 分享各組問題解決的方法與結果 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none">● 教師輔助學生進行問題解決成果的討論 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none">● 讓每個學生了解其他各組問題解決的方法與結果。● 讓每個學生在分享的過程中整合出個人最佳的解決方法。	
--	---	--



種類 單元名稱	情境問題解決教學	傳統實驗教學(食譜式實驗)
單元二 氧化還原	階段一：情境問題	階段一：以課本的實驗目的為目的
	<p>一、教學鷹架</p> <p>實驗桌上有碳粉、三種不知名的元素(X、Y、Z)和該元素的氧化物(XO、YO、ZO)，請你利用實驗室裡的器材，找出三元素的活性大小順序。</p> <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師提供有特定的目標的情境問題(找出三元素的活性大小順序) ● 教師提供條件無嚴格定義的情境問題 ● 教師提供解決方法不止一種的情境問題(可選用不同的元素或氧化物作為檢驗的標準) ● 教師提供可能需要使用到的實驗器材與實驗藥品(實驗器材：酒精燈、燒杯、燃燒匙、試管、橡皮塞)(實驗藥品：鎂粉、鋅粉、銅粉、碳粉、鎂帶、鋅片、銅片、氧化鎂、氧化鋅、氧化銅、廣用指示劑) 	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 觀察元素與氧化物加熱後的變化。 <p>階段二：依照課本指示選擇與安裝實驗器材。</p> <p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列進行實驗所需器材(實驗工具：燃燒匙、酒精燈、石蕊試紙、廣口瓶)(實驗藥品：元素(鎂、鋅、銅、碳)、氧化物(二氧化碳、氧化銅)) ● 課本詳列實驗器材安裝方式 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師準備實驗所需器材 ● 當學生實驗器材安裝有錯誤時，教師予以糾正
	階段二：已知	
	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 哪些你學過的生活經驗學知識可以幫助你找出這三個元素活性大小順序？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生將已具有的知識與問題連結 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生過濾無關緊要的資訊 ● 學生提取與情境問題有關的知識 	<p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生按照課本指示選擇進行實驗所需器材 ● 學生按照課本指示安裝實驗器材
	階段三：解釋	
	<p>二、教學鷹架</p> <p>你會利用哪些性質來判斷元素活性大小？ 為什麼你認為這個性質可以解決問題？</p> <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生釐清問題的本質 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生對情境問題進行定義與表徵 ● 學生找出解決情境問題的關鍵因素(例：活性、氧化力、還原力……) 	<p>階段三：依照課本指示執行實驗步驟。</p> <p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗操作步驟(將指定的氧化物與元素混合後，隔絕空氣加熱) <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本操作步驟進行實驗 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示，將氧化物與元素混合後，隔絕空氣加熱
階段四：方法		
<p>二、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你會利用哪些方法對元素進行分類？ 		

<ul style="list-style-type: none"> ● 你的解決方法的設計理由為何？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生提出解決方法 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生根據自己提出的關鍵因素形成解決方法。(例：以XO和Y、Z分別加熱) ● 學生自我反思形成解決方法的理由。 	<p>階段四：依照課本指示進行實驗觀察，並將實驗結果加以紀錄</p> <p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗需觀察的項目 (觀察不同元素與不同氧化物混合加熱後的變化情形) <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本指示觀察與紀錄實驗結果 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示觀察並紀錄不同元素與不同氧化物混合加熱後的變化情形
<p>階段五：實驗設計</p>	
<p>教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你如何設計實驗來證明你的方法可解決問題？ ● 你認為這個方法有哪些執行上的困難？這個方法可行嗎？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生設計實驗及解決實驗碰到的困難 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生設計實驗來證明自己方法的可行性 ● 小組討論，選出組內最好的方法及實驗設計 ● 小組選擇適當的實驗器材，執行實驗工作 ● 小組解決實驗過程碰到的困難。 	<p>階段五：教師總結實驗結果</p> <p>一、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師綜合實驗結果
<p>階段六：評估策略</p>	
<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你認為小組實驗的實驗數據合理嗎？你的理由是什麼？ ● 你認為老師提供的實驗數據裡有哪些是錯誤的？你的理由是什麼？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生對實驗數據進行評估 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 每個學生針對小組的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 ● 每個學生針對教師提供的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 	
<p>階段七：全班討論</p>	

	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none">● 分享各組問題解決的方法與結果 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none">● 教師輔助學生進行問題解決成果的討論 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none">● 讓每個學生了解其他各組問題解決的方法與結果。● 讓每個學生在分享的過程中整合出個人最佳的解決方法。	
--	---	--



種類 單元名稱	情境問題解決教學	傳統實驗教學(食譜式實驗)
單元三 化學反應速率	階段一：情境問題	階段一：以課本的實驗目的為目的
	<p>一、教學鷹架</p> <p>如果想收集大理石和鹽酸產生的氣體，如何可以讓收集氣體的 時間縮短？</p> <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師提供有特定的目標的情境問題(讓收集氣體的 時間縮短) ● 教師提供條件無嚴格定義的情境問題 ● 教師提供解決方法不止一種的情境問題 (根據溫度、濃度、接觸面積等性質設計方法) ● 教師提供可能需要使用到的實驗器材與實驗藥品 (實驗器材：附測管的廣口瓶、橡皮管、燒杯(50 毫升)、試管、 玻璃棒、碼錶、溫度計) (實驗藥品：鹽酸(1M、0.5M、0.1M、20°C、40°C、60°C)、石 灰水(20°C、40°C、60°C)、碳酸鈣(粒狀、塊狀、粉末狀)) 	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 改變大理石顆粒大小與鹽酸濃度， 觀察大理石與鹽酸反應後的結果。 <p>階段二：依照課本指示選擇與安裝實驗器 材。</p> <p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列進行實驗所需器材 ● 課本詳列實驗器材安裝方式 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師準備實驗所需器材 (實驗工具：試管、燒杯) (實驗藥品：大理石(塊狀、粒狀、粉末)與 鹽酸(1M、0.1M)
	階段二：已知	
	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 哪些你學過的生活經驗學知識可以幫助你解決問題？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生將已具有的 知識與問題連結 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生過濾無關緊要的資訊 ● 學生提取與情境問題有關的知識 	<ul style="list-style-type: none"> ● 當學生實驗器材安裝有錯誤時，教 師予以糾正 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生按照課本指示選擇進行實驗所 需器材 ● 學生按照課本指示安裝實驗器材
	階段三：解釋	
	<p>一、鷹架</p> <p>你會利用哪些因素來縮短收集氣體的 時間？ 為什麼你認為這個因素可以解決問題？</p> <p>二、教師工作</p> <p>以學習單引導及教師支援等方式輔助學生釐清問題的本質</p> <p>三、學生工作</p> <p>學生對情境問題進行定義與表徵</p> <p>學生找出解決情境問題的關鍵因素(濃度、溫度、接觸面積)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 	<p>階段三：依照課本指示執行實驗步驟。</p> <p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗操作步驟 (將顆粒大小不同的大理石與鹽酸反應、 將不同濃度鹽酸與大理石反應) <p>二、教師工作</p> <p>確認學生按照課本操作步驟進行實驗</p> <p>三、學生工作</p>
	階段四：方法	

<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你會利用哪些方法來縮短收集氣體的時間？ ● 你的解決方法的設計理由為何？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生提出解決方法 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生根據自己提出的關鍵因素形成解決方法。(例：濃度、溫度、接觸面積) <p>學生自我反思形成解決方法的理由。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示進行實驗操作
<p>階段五：實驗設計</p>	<p>階段四：依照課本指示進行實驗觀察，並將實驗結果加以紀錄</p>
<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你如何設計實驗來證明你的方法可解決問題？ ● 你評估這個方法有哪些執行上的困難？這個方法可行嗎？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生設計實驗及解決實驗碰到的困難 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生設計實驗來證明自己方法的可行性 ● 小組討論，選出組內最好的方法及實驗設計 ● 小組選擇適當的實驗器材，執行實驗工作 ● 小組解決實驗過程碰到的困難。 	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗需觀察的項目 (觀察顆粒大小不同的大理石與鹽酸反應後的結果) (觀察不同濃度鹽酸與大理石反應後的結果) <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本指示觀察與紀錄實驗結果 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 將顆粒大小的大理石與鹽酸反應，觀察並紀錄大理石與鹽酸反應後的結果。 ● 將不同濃度鹽酸與大理石反應，觀察並紀錄大理石與鹽酸反應後的結果。
<p>階段六：評估策略</p>	<p>階段五：教師總結實驗結果</p>
<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你認為小組實驗的實驗數據合理嗎？你的理由是什麼？ ● 你認為老師提供的實驗數據裡有哪些是錯誤的？你的理由是什麼？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生對實驗數據進行評估 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 每個學生針對小組的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 ● 每個學生針對教師提供的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 	<p>一、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師綜合實驗結果
<p>階段七：全班討論</p>	

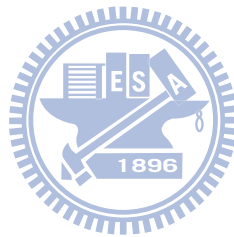
	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none">● 分享各組問題解決的方法與結果 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none">● 教師輔助學生進行問題解決成果的討論 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none">● 讓每個學生了解其他各組問題解決的方法與結果。● 讓每個學生在分享的過程中整合出個人最佳的解決方法。	
--	---	--



種類 單元名稱	情境問題解決教學	傳統實驗教學(食譜式實驗)
單元四 化學反應	階段一：情境問題	階段一：以課本的實驗目的為目的
速率平衡	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 如果衣服沾到了碘酒(茶褐色)，柯南應該用什麼方法把衣服上的污漬去除？哪些方法會讓污漬變得更嚴重？ <p>實驗藥品：</p> <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師提供有特定的目標的情境問題 (讓褐色碘酒變無色、無色碘酒變褐色) ● 教師提供條件無嚴格定義的情境問題 ● 教師提供解決方法不止一種的情境問題 (加強酸、加弱酸、加強鹼、加弱鹼、加熱) ● 教師提供可能需要使用到的實驗器材與實驗藥品 (實驗器材：廣口瓶、滴管、燒杯、酒精燈) (實驗藥品：碘酒、鹽酸、醋酸、氫氧化鈉、碳酸氫鈉、氨水、碳酸鈣、糖、氧化鈣、食鹽、0.2%酚酞) 	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 利用碘酒的顏色變化，探討影響反應平衡的因素
	階段二：已知	階段二：依照課本指示選擇與安裝實驗器材。
	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 哪些你學過的生活經驗學知識可以幫助你解決問題？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生將已具有的知識與問題連結 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生過濾無關緊要的資訊 ● 學生提取與情境問題有關的知識 	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列進行實驗所需器材 (實驗工具：試管、燒杯) (實驗藥品：碘酒、鹽酸、氫氧化鈉) ● 課本詳列實驗器材安裝方式 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師準備實驗所需器材 ● 當學生實驗器材安裝有錯誤時，教師予以糾正 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生按照課本指示選擇進行實驗所需器材 ● 學生按照課本指示安裝實驗器材
	階段三：解釋	階段三：依照課本指示執行實驗步驟。
	<p>三、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你會利用哪些因素來讓碘酒變色？ ● 為什麼你認為這個因素可以解決問題？ 	

<p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生釐清問題的本質 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生對情境問題進行定義與表徵 ● 學生找出解決情境問題的關鍵因素(水、鹼性物質、酸性物質、溫度) 	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗操作步驟(將碘酒加入酸性溶液、將碘酒加入鹼性溶液) <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本操作步驟進行實驗 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示進行實驗操作
<p>階段四：方法</p>	<p>階段四：依照課本指示進行實驗觀察，並將實驗結果加以紀錄</p>
<p>三、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你會利用哪些方法來讓碘酒變色？ ● 你的解決方法的設計理由為何？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生提出解決方法 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生根據自己提出的關鍵因素形成解決方法 ● 學生自我反思形成解決方法的理由。 	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗需觀察的項目 (觀察碘酒加入酸性溶液的變色情形) (觀察碘酒加入鹼性溶液的變色情形) <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本指示觀察與紀錄實驗結果
<p>階段五：實驗設計</p>	
<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你如何設計實驗來證明你的方法可解決問題？ ● 你評估這個方法有哪些執行上的困難？這個方法可行嗎？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生設計實驗及解決實驗碰到的困難 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生設計實驗來證明自己方法的可行性 ● 小組討論，選出組內最好的方法及實驗設計 ● 小組選擇適當的實驗器材，執行實驗工作 ● 小組解決實驗過程碰到的困難。 	<p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示觀察碘酒加入酸性溶液的變色情形 ● 依照課本指示觀察碘酒加入鹼性溶液的變色情形 ●
<p>階段六：評估策略</p>	<p>階段五：教師總結實驗結果</p>

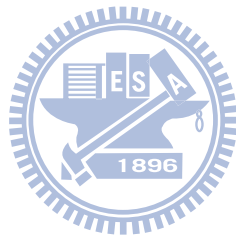
	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你認為小組實驗的實驗數據合理嗎？你的理由是什麼？ ● 你認為老師提供的實驗數據裡有哪些是錯誤的？你的理由是什麼？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生對實驗數據進行評估 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 每個學生針對小組的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 ● 每個學生針對教師提供的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 	<p>一、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師綜合實驗結果
<p>階段七：全班討論</p>		
	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 分享各組問題解決的方法與結果 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師輔助學生進行問題解決成果的討論 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 讓每個學生了解其他各組問題解決的方法與結果。 ● 讓每個學生在分享的過程中整合出個人最佳的解決方法。 	



種類 單元名稱	情境問題解決教學	傳統實驗教學(食譜式實驗)
單元五 最大靜摩擦	階段一：情境問題	階段一：以課本的實驗目的為目的
力	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 若想要一口氣拉動一個物體，當物體移動的瞬間所需要的最大的力量與什麼因素有關？你會建議柯南採取什麼方式來減少移動靜止物體瞬間所需要的最大的力量。 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師提供有特定的目標的情境問題(利用最小的力量移動物體) ● 教師提供條件無嚴格定義的情境問題 ● 教師提供解決方法不止一種的情境問題 ● (利用不同接觸面性質、不同重量等因素設計方法) ● 教師提供可能需要使用到的實驗器材與實驗藥品 <p>(實驗器材：附掛勾長方體木塊木塊、A4 紙張、抹布、粗砂紙、砝碼、彈簧秤、竹筷)</p>	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 探討影響最大靜摩擦力的因素 <p>階段二：依照課本指示選擇與安裝實驗器材。</p> <p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列進行實驗所需器材 <p>(實驗工具：長方體木塊、砝碼、竹筷、桌面、砂紙、彈簧秤)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗器材安裝方式
	階段二：已知	
	<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 哪些你學過的生活經驗學知識可以幫助你減少移動靜止物體瞬間所需要的最大 的力量？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生將已具有的知識與問題連結 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生過濾無關緊要的資訊 ● 學生提取與情境問題有關的知識 	<p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師準備實驗所需器材 ● 當學生實驗器材安裝有錯誤時，教師予以糾正 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生按照課本指示選擇進行實驗所需器材 ● 學生按照課本指示安裝實驗器材
	階段三：解釋	
	<p>四、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你會利用哪些性質來判減少移動靜止物體瞬間所需要的最大的力量？ ● 為什麼你認為這個因素可以解決問題？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生釐清問題的本質 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生對情境問題進行定義與表徵 ● 學生找出解決情境問題的關鍵因素(不同接觸面性質、不同重量、滾動與滑動) 	<p>階段三：依照課本指示執行實驗步驟。</p> <p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗操作步驟
	階段四：方法	(在不同性質接觸面上拉動木塊)

<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你會利用哪些方法來減少移動靜止物體瞬間所需要的最大的力量？ ● 你的解決方法的設計理由為何？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生提出解決方法 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生根據自己提出的關鍵因素形成解決方法。 學生自我反思形成解決方法的理由。 	<p>(以不同的接觸面積拉動木塊)</p> <p>(拉動不同重量的木塊)</p> <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本操作步驟進行實驗 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示進行實驗操作
<p>階段五：實驗設計</p>	<p>階段四：依照課本指示進行實驗觀察，並將實驗結果加以紀錄</p>
<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你如何設計實驗來證明你的方法可解決問題？ ● 你評估這個方法有哪些執行上的困難？這個方法可行嗎？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生設計實驗及解決實驗碰到的困難 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生設計實驗來證明自己方法的可行性 ● 小組討論，選出組內最好的方法及實驗設計 ● 小組選擇適當的實驗器材，執行實驗工作 ● 小組解決實驗過程碰到的困難。 	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗需觀察的項目 (觀察木塊在不同性質的接觸面上的拉動情形) (觀察不同接觸面積木塊的拉動情形)
<p>階段六：評估策略</p>	<p>(觀察不同重量木塊的拉動情形)</p> <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本指示觀察與紀錄實驗結果 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示進行觀察與紀錄
<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你認為小組實驗的實驗數據合理嗎？你的理由是什麼？ ● 你認為老師提供的實驗數據裡有哪些是錯誤的？你的理由是什麼？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生對實驗數據進行評估 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 每個學生針對小組的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 每個學生針對教師提供的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 	<p>(觀察並紀錄木塊在不同性質的接觸面上的拉動情形) (觀察並紀錄不同接觸面積木塊的拉動情形) (觀察並紀錄不同重量木塊的拉動情形)</p>
<p>階段七：全班討論</p>	<p>階段五：教師總結實驗結果</p>
<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 分享各組問題解決的方法與結果 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師輔助學生進行問題解決成果的討論 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 讓每個學生了解其他各組問題解決的方法與結果。 ● 讓每個學生在分享的過程中整合出個人最佳的解決方法。 	

		<p>一、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none">● 教師綜合實驗結果
--	--	--



種類 單元名稱	情境問題解決教學	傳統實驗教學(食譜式實驗)
單元六 液體壓力	階段一：情境問題	階段一：以課本的實驗目的為目的
	一、教學鷹架 <ul style="list-style-type: none"> ● 如果想要讓塑膠瓶內的液體可以噴得最遠？請問你會採取什麼方法來達成任務？ 二、教師工作 <ul style="list-style-type: none"> ● 教師提供有特定的目標的情境問題 (讓塑膠瓶內的液體可以噴得最遠) ● 教師提供條件無嚴格定義的情境問題 ● 教師提供解決方法不止一種的情境問題 (利用液體深度不同、密度不同設計方法) ● 教師提供可能需要使用到的實驗器材與實驗藥品 (實驗器材：塑膠瓶(大小不同)、直尺、膠帶、剪刀、迴紋針) (實驗藥品：沙拉油、食鹽、蔗糖、水、酒精) 	一、課本資源 <ul style="list-style-type: none"> ● 探討影響靜止液體壓力的原因
	階段二：已知	階段二：依照課本指示選擇與安裝實驗器材。
	一、教學鷹架 <ul style="list-style-type: none"> ● 哪些你學過的生活經驗與知識與此問題有關？ 二、教師工作 <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生將已具有的知識與問題連結 三、學生工作 <ul style="list-style-type: none"> ● 學生過濾無關緊要的資訊 ● 學生提取與情境問題有關的知識 	一、課本資源 <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列進行實驗所需器材 ● 課本詳列實驗器材安裝方式 二、教師工作 <ul style="list-style-type: none"> ● 教師準備實驗所需器材
	階段三：解釋	(實驗工具與藥品：塑膠盆、塑膠瓶、圖釘、食鹽、水) <ul style="list-style-type: none"> ● 當學生實驗器材安裝有錯誤時，教師予以糾正 三、學生工作 <ul style="list-style-type: none"> ● 學生按照課本指示選擇進行實驗所需器材 ● 學生按照課本指示安裝實驗器材
	五、教學鷹架 <ul style="list-style-type: none"> ● 你會利用哪些性質來讓瓶內的液體噴得最遠？ ● 為什麼你認為這個因素可以解決問題？ 二、教師工作 <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生釐清問題的本質 三、學生工作 <ul style="list-style-type: none"> ● 學生對情境問題進行定義與表徵 ● 學生找出解決情境問題的關鍵因素(液體密度、液體深度) 	階段三：依照課本指示執行實驗步驟
	階段四：方法	一、課本資源 <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗操作步驟 (將瓶內裝入不同深度的液體)

<p>一、學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你會利用哪些方法來讓瓶內的液體噴得最遠？ ● 你的解決方法的設計理由為何？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生提出解決方法 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生根據自己提出的關鍵因素形成解決方法。 ● 學生自我反思形成解決方法的理由。 	<p>(將瓶內裝入不同濃度的液體)</p> <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本操作步驟進行實驗 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示進行實驗操作
<p>階段五：實驗設計</p>	<p>(比較不同密度的液體的靜止液體壓力)</p>
<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你如何設計實驗來證明你的方法可解決問題？ ● 你評估這個方法有哪些執行上的困難？這個方法可行嗎？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生設計實驗及解決實驗碰到的困難 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 學生設計實驗來證明自己方法的可行性 ● 小組討論，選出組內最好的方法及實驗設計 ● 小組選擇適當的實驗器材，執行實驗工作 ● 小組解決實驗過程碰到的困難。 	<p>(比較深度不同的液體的靜止液體壓力)</p> <p>階段四：依照課本指示進行實驗觀察，並將實驗結果加以紀錄</p>
<p>階段六：評估策略</p>	
<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 你認為小組實驗的實驗數據合理嗎？你的理由是什麼？ ● 你認為老師提供的實驗數據裡有哪些是錯誤的？你的理由是什麼？ <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 以學習單引導及教師支援等方式輔助學生對實驗數據進行評估 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 每個學生針對小組的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 ● 每個學生針對教師提供的實驗數據進行個人評估，並說明理由。 	<p>一、課本資源</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 課本詳列實驗需觀察的項目 <p>(將瓶內裝入不同深度的液體，觀察液體壓力大小)</p> <p>(將瓶內裝入不同濃度的液體，觀察液體壓力大小)</p> <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 確認學生按照課本指示觀察與紀錄實驗結果 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 依照課本指示操作 <p>(紀錄不同密度的液體的靜止液體壓力)</p> <p>(紀錄深度不同的液體的靜止液體壓力)</p>
<p>階段七：全班討論</p>	
<p>一、教學鷹架</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 分享各組問題解決的方法與結果 <p>二、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師輔助學生進行問題解決成果的討論 <p>三、學生工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 讓每個學生了解其他各組問題解決的方法與結果。 ● 讓每個學生在分享的過程中整合出個人最佳的解決方法。 	<p>階段五：教師總結實驗結果</p>
	<p>一、教師工作</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 教師綜合實驗結果