

# 『問題導向學習法 (PBL)』與『傳統主題學習法 (SBL)』

## 對於增進學生在學習科學概念的深度與廣度方面的差異

### 第一章 緒論

本研究主要在探討『問題導向學習』與『傳統主題教學』對國中學生自然科學概念學習的深度廣度的影響，本章主要分為三節，分別為研究動機、研究目的、研究假設，詳述如下。

#### 1.1 研究動機與背景

教育是立國之根本，其與國家整體的政治、經濟、社會、文化的發展有密切的關係。「根本」若是無法深厚扎實，則違論茁壯生長，開枝散葉。因此只有做好教育的功夫，國家的發展基礎才能夠厚實健全，進而增進社會發展，人民安和樂利。



面對二十一世紀的來臨，為迎接新世紀的挑戰，世界各先進國家皆努力進行教育改革，例如，美國推出「二十一世紀美國教育行動」；日本宣示要培養「具生存實力的下一代」；歐盟則促成會員國透過資訊社會中的學習，建構一個邁向知識的歐洲；新加坡則要建立「思考型學校，學習型國家」。中華民國即將邁入開發國家之林，自應順應此一世界趨勢，致力於新世紀教育改革的研究、規劃與執行。過去幾十年來，我國的教育發展培育了社會各行各業所需要的人才，帶動經濟發展，增加國民所得，改善國民生活，被世人譽為臺灣經濟奇蹟；其後，教育發展所培養的人才，也帶動社會朝向自白化、民主化和多元化的方向發展，促成民主政治體制，被譽為臺灣政治奇蹟。為迎接新世紀的來臨，立國根本的教育絕不可落後其他領域的改革，應配合時代脈動，藉前瞻性的教育改革締造另一次臺灣經驗。(教育部,民91)。

綜觀世界各國的教育改革應變之策，顯然「終身學習」是大勢所趨。在教育方面，比較傳統的想法依然相當盛行，但若要因應廿一世紀種種新情況，就學習而言，就學校教學而言，傳統的派典不足以適應，我們必須重新調適：從老師中心轉變為學生中心；從被動的吸收轉變為學生積極主動的建構和師徒相授；從個別的研讀到團隊的學習，合作學習；從固定的教材到隨時可變的教材；從以教室為主擴展到其他合適的場所（學校、家庭等）；由過去單一性，以學科內容為主的教材，轉變為多樣化、與生活結合，跟學生未來就業準備有關的考量。（郭重吉，民 86）。近年來，由於建構合作的學習理論漸受肯定，在「老師的教」與「學生的學習」方面都開始反省傳統式的以教師為中心的教法及精熟學習的教學，是否能真正使學生達成「有意義的學習」。反觀台灣社會進步的情形，過去五六〇年代的社會依靠的是代工產業，所需要的是訓練有素的勞動階層，因此傳統教育所教出來的是群制式的、缺乏創造力的學生，便已滿足社會需求；而現今的社會是知識經濟的型態，能夠有良好的創意、點子的，才是社會所需要的，所以因此標榜以學生為中心及實際問題解決能力為教學目標的教學理念正大為暢行，甚至在我國國民教育九年一貫的課程目標中也明定，運用科技與資訊的能力、激發主動探索和研究的的精神、以及培養獨立思考與問題解決能力為學校現階段學校教育的目標，而成為此次九年一貫教育改革的重點。因此，如何善用有效的教學方法，啟發學生的創造思考能力，培養學生解決問題的能力就成為我們教育工作者所要努力方向。

問題導向學習法(PBL,problem-based learning)是一種新興的學習方法，它是以「學習者為中心」，以真實世界的非結構性問題為學習的起始點，在未施予學習者任何教學前呈現問題，由學習者主動進行問題解決的過程。而學習者在學習的過程中扮演積極參與的問題解決者，對於學習負有重要的責任，主導整個學習的進行，培養自我導向的終身學習技能、問題解決能力、團隊合作的溝通技能、以及資訊管理與應用的能力（ Illinois Mathematics and Science

Academy, 1998)；而教師則是在旁輔助，成為學習者解決問題的夥伴，擔任輔助、顧問、教練的角色，儘從旁給予必要的協助。(張杏妃，民91)。而這種學習方式在諸多研究上證明在教育的應用上有相當顯著的成效(丁大成，民92)。因此筆者嘗試將此問題導向學習法引進國中的自然科學領域教學，並以「滑翔機的飛行原理與實作」為主題，希望能夠藉此比較不同的教學方法對於九年一貫學生自然科學教育的成效。以及找出在實行此種教學方法時所面臨的問題與困難。藉以提供一些教學的建議與心得。

## 1.2 研究目的

在以往傳統的教學法當中，所採行的是教師對學生的單向知識傳授，而且學生也對老師的教學內容深信不疑。長久以來訓練容易造成學生的思考僵化，缺乏創造性思考的能力。而且常有對於課本上的知識非常熟悉，但應用於日常生活中時卻往往不知所措，或者是考慮的層面不夠廣泛，不夠深入。

而問題導向學習法的特性是以問題為中心，讓學生藉由團隊合作的方式，自己去解決生活上實際的問題，而教師並不直接給予答案而是在旁引導，這樣的學習方式似乎是一種可改進傳統教學方式缺點的學習方式。因此本實驗即是在探討問題導向學習法與傳統主題教學法兩種教學方法對於科學概念的學習比較，以滑翔機的飛行原理的科學概念為主題，並讓學習者實作滑翔機。檢視不同的學習方式之後，對於飛行原理的科學概念的了解是否深入(深度)及對於日常生活的科學現象是否能辨別有哪些是屬於飛行原理的科學概念(廣度)，兩種學習方式是否有所差異。並且比較實驗組(PBL)與對照組(SBL)在自然科學的學習態度後測上是否有所差異。

### 1.3 待答問題

(1) 接受問題導向學習與傳統主題導向學習法的學生在科學概念學習的深度前後測成績是否有顯著差異。

(2) 接受問題導向學習的學生在科學概念學習的深度後測表現是否優於傳統主題式教學學生？

(3) 接受問題導向學習與傳統主題導向學習法的學生在科學概念學習的廣度前後測成績有顯著差異？

(4) 接受問題導向學習的學生在科學概念學習的廣度後測表現是否優於傳統主題式教學的學生？

(5) 接受問題導向學習與傳統主題導向學習法的學生在在自然科學的學習態度前後測成績有顯著差異？

(6) 在自然科學的學習態度的後測成績表現上，接受問題導向學習的學生是否優於傳統主題式教學的學生？

### 1.4 研究限制

(1) 本研究教學內容以滑翔機之飛行原理單元為主，若要推論至其他教學單元，要考慮其適切性。

(2) 本研究實驗的對象為研究者任教之學校，地處台北縣都會區。由於學校規模和學生程度間的差異，若要推論至其他地區的學生，需考慮其適切性。

## 1.5 名詞釋義

本研究主要是探討在兩種不同的教學法對於增進科學概念的深度與廣度的比較，文中提及許多名詞，無法一一解釋，故僅將幾個重要名詞界定於下：

### (1) PBL：problem-based learning 問題導向學習

是指由教師安排一個問題或任務，交由學習者去達成或解決，此任務/問題解決的過程著重在經由他人合作時而迸發出自己建構的知識與技能，在整個學習過程中主要強調學習是要透過團隊的合作，而並非經由講演式的課堂學習。學生不但可以透過討論而反映出不同學習型態的學習特質，更可以透過意見的交換，記錄所見所聞、驗證自己對於問題的了解。

### (2) SBL：subject-based learning 主題式導向學習

是指傳統式的教學方式。授課主動權全部在講授的老師，教師訂定了講課的主題後，就按照課程綱要，很有系統的介紹這個題目的重要知識。主題導向學習法的知識，通常架構較為完整，傳授的速度較快，知識傳輸方式大半是單向傳輸，師生互動較為不足。

### (3) 科學概念的深度(Depth):指對於某一科學概念原理了解的深入程度。

(4) 科學概念的廣度 (Boardness)：在此是指能了解某一科學概念原理在生活中應用的寬廣程度。

### (5) 合作學習 (cooperative learning)：

合作學習是一種有結構系統的教學策略，能適用於不同年級及不同的學科領域。在合作學習中，依學生的能力、性別、種族背景等因素，分配學生到一異質小組中，鼓勵同儕間互相協助，以提高個人的學習效果並達成團體的目標。

### (6) 白努力原理 (Bernoulli's principle)：

現行高級中學物質科學（物理篇）課程標準教材綱要以白努利方程式 (Bernoulli's equation) 代替白努利原理，也有稱之為白努利定律 (Bernoulli's

principle)、白努利定理。主要是探討氣體流速與壓力之間的關係。

(7) 迷失概念 (missing concept)

學者有許多不同的說法，如原有知識 (prior knowledge)、兒童科學 (children' s science)、先前概念 (preconception)、直覺概念 (intuition)、另有架構 (alternative framework)、自發性知識 (spontaneous Knowledge) 等等，指學生學習前或學習前後所具有與專家不同的概念，在此指學生學習後所具有的概念與正統科學界公認的概念不同之謂。

(8) 創造性思考：

創造性思考是一種以不尋常的、獨特的想像力或眼光，有意向地將累積的知識和經驗，整體大量反應，並以優異的技術，使創作品具有品質的思考活動。



## 第二章 文獻探討

前教育部長林清江曾談到：「此次九年一貫課程改革的原則是培養學生能帶得走的基本能力，而不是背不動的書包」。以往的教學方式在升學及聯考制度的前提下，往往強調知識的記誦，卻無法與社會實際生活相配合。在這種情況下往往會造成學非所用或流於偏狹（陳伯璋（民 87））。因此在九年一貫的綱要當中才特別提到要「培養學生獨立思考與解決問題的能力」。

而在本實驗中所使用的問題導學習法，是一種以鼓勵學習者運用批判思考、問題解決技能和內容知識，去解決真實世界的問題和爭議的教學方法。這種教學方法從問題的發展、探究、調查、資料蒐集到問題解決的教學過程，有助於激發學生學習動機、統整學科知識，培養批判思考、問題解決的能力與主動學習、合作學習及終身學習的習慣。這些長處正也呼應了九年一貫課程改革的目標（張民杰,民 89）。而在本論文中要探討的文獻主要有問題導向學習法（PBL）的起源、應用多層式網路診斷測驗、及廣度測驗。

### 2.1 問題導向學習法（PBL）的理論與應用

#### 2.1.1 PBL 的意義

問題導向學習（problem based learning），又稱問題引導學習法，乃是一種以問題為起點的教學方法。它有別於傳統的講述式教學方法——有系統的將概念傳述給學生。問題導向學習是給定學習者一個問題，利用小組合作學習、彼此腦力激盪的方式討論出問題的解答。而在討論的過程當中老師並不直接參與討論或給予解答，而是在旁作引導的角色（tutor）。這種學習法主要的特徵有四：（張民杰,民 89）

(一)以學生為中心的自我導向學習

(二)小團體的學習方式

(三)以問題匯聚焦點刺激學習

(四)教師是促進者和引導者角色

問題導向學習是以真實世界的非結構性問題做為開始，在未施予學習者任何教學前呈現問題，由學習者主動進行問題解決的過程。一般都會先進行分組，每組約 4-8 人左右。由小組成員自己來分析問題，搜尋所需的知識並加以整合，找出可能的解決方案。

學習者在學習的過程中扮演積極參與的問題解決者，對於學習負有重要的責任，主導整個學習的進行，培養自我導向的終身學習技能、問題解決能力、團隊合作的溝通技能、以及資訊管理與應用的能力。教師則退居第二線，成為學習者解決問題的夥伴，擔任輔助、顧問、教練的角色，儘從旁給予必要的協助。(張杏妃,民 90)

周天賜先生在「問題引導學習 PBL」(民 90)一書中談到 PBL 的成功要訣主要在於教師能建立系列的指導原則。鼓勵所有不同能力的學生都能參與。讓每個學生都能對這個團體有所貢獻，參與解決問題。另外，教師必須讓所有學生感覺到同學能相互加分、分享而貢獻資訊，這在腦力激盪或小組研究時，顯得特別重要；更重要的，同學們必須體認到全班都要參與追求成功。

### 2.1.2 PBL 的起源

PBL 的起源可回溯自進步主義運動，尤其是杜威(John Dewey)的信念：教師應引出學生探究與創造的本能(周天賜，民 92)。他並且談到：「這些



教學法在正式教育之所以能有永久的良效是回到校外日常生活情境以喚起學生的省思。他們給學生事物去做，而非給事物去學。在做的本質中要求學生思考，或有意外地找出其中的關聯，自然地學習結果。」(Dewey 1916, 1944, p. 154) 因此，透過讓學生主動去解決的學習方式就成為問題導向學習法 (problem based learning) 的先驅。

首先承襲杜威理念的是醫學院的臨床醫學。在 1986 年加拿大的麥克瑪斯特大學 (McMasters University) 兩位醫學教授 Woods 和 Barrows 發展出一套為醫學課程用的 PBL 模式。他們有鑒於以往傳統的醫學教育上要求學生背誦繁瑣的醫療知識應用在臨床醫療上，然而面臨一些臨床的病患可能不確定自己的症狀或可能併發的多種症狀，雖然記了很多的醫療資訊，卻仍束手無策，不知該如何運用這些資訊於臨床的醫療上，而且時間久不用就忘記了。所以 Barrows 認為醫學教育的目的是培養醫生管理健康問題的能力，並能使病患感到滿意和親切的服務方式 (Barrows, 1985)。

因此，Barrows 發展了一套教育醫學院學生的方法，用來訓練醫學院學生將所學的知識運用在臨床醫療上。他設計了一些問題，要求學生研究一個病理狀況，解決臨床上會面臨的問題，但沒有提供學生太多訊息，並要求學生設法解決。當然允許學生們應用學習到的新知識在病例身上，此方法的目的在於培養學生解決問題的能力 (丁大成, 民 92)。

由於 Barrows 的成功，PBL 教學方法開始漸被被美國教育學者所認同，1979 年美國傳統的醫學院 New Mexico 是美國第一個採用 PBL 課程的學校，該校大多數的學生都經歷了以課堂講授 (lecture-based) 為主的傳統課程及 PBL 的並軌 (hybrid) 課程；之後 Southern Illinois 及哈佛，先設 PBL 實驗班，經過多年與傳統課程的學生比較後，全盤改為 PBL。至 1982 年喬治亞州的 Mercer 大學醫學院成為美國第一所全面採用 PBL 的醫學校。夏威

夷大學醫學院和加拿大的 Sherbrooke 大學醫學院則不經過雙軌制，直接從傳統課程改為 PBL 課程（何克抗，民 86）

而台灣的醫學教育體系自然也不例外，包括台大、陽明醫學院、輔仁大學醫學系、長庚大學、高雄醫科大學、成功大學醫學院等等…均開始引進 PBL 教學設計來訓練學生的分析、蒐集、綜合統整資料能力及邏輯思考能力。以問題為導向的教學方法開始成為要突破傳統教學法的另一種選擇，而高工高職等職業學校，甚至中小學領域亦開始嘗試。

### 2.1.3 PBL 的理論依據

PBL 是由教師安排一個問題或任務交由學習者去達成或解決，此任務（或問題）解決的過程，著重在經由與他人的合作工作時而迸發出自己建構的知識與技能（計惠卿與張杏妃，2001）。問題導向學習是以真實世界的非結構性問題作為學習的起始點，在未施予學習者任何教學前呈現問題，由學習者主動進行問題解決的過程：界定問題釐清已有的、缺乏的資訊，進一步彙整相關的資訊，設定解決問題所需的學習內容與目標，再經過假設研究調查與驗證，不斷評鑑重整的過程，理出問題可能的最佳解。學習者在學習的過程中扮演積極參與的問題解決者，對於學習負有重要的責任主導整個學習的進行培養自我導向的終身學習技能問題解決能力團隊合作的溝通技能以及資訊管理與應用的能力（ISMA, 1998）。

因此我們可以嘗試著從建構主義、合作學習理論以及問題解決（problem solving）等方面來探討與問題導向學習法的關係。

#### 2.1.3.1 問題導向學習與建構主義的關係

建構主義(Constructivism)是學習理論由行為主義到認知主義以後的進一步發展。其最早提出者可以追溯到瑞士的皮亞傑(J. Piaget)，他是認知發展領域很有影響力的一位心理學家。皮亞傑認為，兒童是在與周圍環境相互作用的過程中，逐步建構起關於外部世界的知識，從而使自身的知識得到發展（何克抗，民 86）。布魯納(J. S. Bruner)亦談到：實有的心靈是建構客觀世界的來源，以心靈創造出可能的世界。所以基本上，我們所瞭解的世界，是人心靈所建構出的產物，是以人類的思考、語言、和文字為工具，解釋所形成的。之後經由不斷的發展與創新改進，現代的建構主義可歸納出三點原理：（張靜譽，1995）

**（一）知識是認知個體主動的建構，不是被動的接受或吸收；**

**（二）認知功能在適應，是用來組織經驗的世界，不是用來發現本體的現實；**

**（三）知識是個人與別人經由磋商與和解的社會建構。**




學習的發生並不是單純的刺激與反應的聯結，而是學習者主動的將新接受的訊息與原有的先前知識做某種程度的聯繫，並產生了意義。因此，有意義學習之發生必須具備三種認知條件，也就是接受(選擇性注意)、主動統整(組織和精緻化)、和儲存(編碼和提取)。如果學習沒有第一個條件，那麼將學不到任何知識，如果缺少第二個條件或第三個條件，那麼學習者只有機械式的記憶，無法理解學習的內容，學習也就毫無意義。只有在這三種認知條件完全符合的情形下，學生才能有完整的知識，了解整體的內容，並將知識應用於其他情境之中（王國華，民 84）。也由此我們發現學生若只是被動的吸收知識，而不去消化吸收，充其量僅是填鴨式的教學而已。因此若能引導學生主動地建構知識，並與他人在互動討論中尋求磋商和解，則可讓學生有意義的學習知識，進而增

加學習的興趣與動機，而達到最佳的學習效果。

而 PBL 問題導向學習法強調以學生為主體、以生活經驗為重心、跨學科的、長期的學習活動、整合真實世界的議題和實踐。透過老師在學習過程中的鷹架引導學習、從真實的經驗中學習，並強調與人合作的學習，獲得並創造個人的知識。PBL 是以「問題」為教學工具，透過深度的討論活動，吸引出學習者既有的經驗和知識，藉由認知衝突，促使學習者反思影響個人行動之隱而未現的信念與價值觀，在分析、辯護及反思中建構知識（林國書，民 92）。由此我們可以了解到問題導向學習法不僅符合了知識必須由學習者主動建構而來的理念，而且在小組的互動式討論中彼此分享結果、腦力激盪，最後能夠整合出一個合理的共識。因此問題導向學習法的確符合建構主義的精神。

### 2.1.3.2 問題導向學習與合作學習的關係



「合作學習」(Cooperative Learning)是結合教育學、社會心理學、團體動力學等的一種分組教學設計（林生傳，民 81）。主要是利用小組成員間的分工合作、互相支援，去進行學習；並利用小組本位的評核及組間比賽的社會心理氣氛，以增進學習的成效。目的在使學習活動成為共同合作的活動，其成敗關係團體的榮辱（張秀雄、吳美嬌、劉秀嫻，民 88）。更具體來說，在合作學習的進行流程中，學生通常分成若干小組，各小組的成員都針對特定的學習單元，完全按照自己的能力以及所瞭解的方式去完成自己的學習責任，在經由成員之間不斷的交流意見、互相支持之下，所有成員共同努力朝向小組的學習目標邁進。

而在教學者的方面來談，教師在合作學習的過程中扮演著極為重要的角色，不僅要配合學習目標選擇或自編學習的素材，而且要在學生的學習過程中，引導學生使用舊有的知識主動去探索新的知識，最後要確定學生所獲得的

新知是學生自己的知識及經驗建構而成的。學生在合作學習的過程中也扮演著相當重要的角色，因為學生要綜合運用交談、書寫、解決問題、藝術表現……等等行為，才能有效建構起自己的知識（吳清山、林天祐，民 85）。

Johnson and Johnson (1994, pp. 81-95) 兄弟提出合作學習具有下列五項特質：

### **§1 積極互賴**

積極互賴發生在學生共同承擔團體工作時所擁有之相互的感覺，學生往往會為了整個團體的利益而感受到自己必須作好份內的工作。也就是說，為了完成小組的工作，較低成就的學生會為了整個團體的利益而竭盡所能，而較高成就者也會為了維持工作的品質而協助其他組員完成小組的工作。

### **§2 面對面助長互動**



助長互動往往發生在學生向其他組員解釋如何得到解答，或問題是如何獲得解決等口頭的意見交換中，學生們互相幫助使彼此都能了解整個學習材料。

### **§3 個人績效責任**

在合作學習團體裏，對個人所分擔的學習材料負責是一種義務。換言之，每位學生必須精熟某一部分學習材料，以期對所屬團體有貢獻。

### **§4 社會技巧**

合作學習可培養學生在團體中如何有效地與人溝通、如何彼此尊重、彼此信任等社會技巧。當學生們共同分享學習的責任時，就必須彼此鼓勵以求完成指定的工作；當需要他人幫助時，也懂得如何尋求協助；當衝突發生時，學生

也了解如何運用解決衝突的策略。

## §5 團體歷程

團體歷程是指學生們必須定期地思考團體工作應該如何進行，並分析怎樣可以增進團體的效能。經由小組成員、教師或個別指定者的觀察中，所提供的回饋對團體歷程而言是相當重要的，有了這些回饋，學生們可以繼續進行學習以尋求問題的解答，也可提供未來在處理類似爭論時的參考。

「合作學習」提供學生「愛」與「支持」的習環境，除去學生心中的焦慮和恐懼；藉由同儕的合作和彼此的分享，豐富學生的學習經驗，從自我表達和聆聽他人觀點的過程中，開拓學生的視野，學生藉由批判性的思考，從眾多的觀點中，選擇最合理而恰當的論點，同時學習人際互動所必須的傾聽、接納與尊重的溝通技巧；尊重學生表達自己的想法和觀點的權利，學生有更大的自由空間從事學習活動（李錫津，民 79），鼓勵學生適時而合宜地提出他人的錯誤，並提出建設性的建議，幫助學生以誠懇的態度接納建設性的批評，其最終目的在於解決問題，達成共同的學習目標，給予學生成就感，使學生不會自我放棄。而運用合作學習的教學策略不僅改變了瀰漫於學習情境中的競爭氣氛，而且讓學生能在「愛」與「支持」的學習環境中培養學生批判思考的能力、表達意見的勇氣，與尊重他人的態度（楊巧玲，民 89）。

「問題導向學習」則強調以解決問題為目標的學習，給予學生解決問題的實際經驗（act on problems）。在學習過程中，教師必須給學生實際驗證自己想法的機會，讓學生處理自己從實驗中所得的資料，及發表其解決的方法，讓學生有充裕的學習時間，像科學家研究科學問題一樣，經歷「界定問題→驗證假設→評估→再次界定問題→提出新的假設→評估」的螺旋性研究歷程。在這過程中必須重視學生的群體智力投入（group intellectual involvement）以及學生

的批判性反思 (reflective thinking)，藉由群體的討論中，讓學生突破個人學習的極限，激盪出對問題的新認知及對學習內容的深入瞭解。(王千偉,民 88)。

由以上可知，在 PBL 問題導向學習法的實施過程中，各小組內的學生，彼此互相學習，並協同合作解決問題，進而建立小組團隊技能。因此，PBL 適用於不同能力範圍的異質班級，每組學生可以就一個問題的不同方面來努力。也就是說，不同背景的學生會注意問題的不同方面，而有不同的點子去解決問題。在負責自己小組的工作或協同他人研究的過程中，學生發展了領導才能。(周天賜，民 92)。

因此，我們可以發現問題導向學習法非常符合合作學習法的精神與特色。而 Delisle 也談到了問題導向學習確能增進合作學習 (problem-based learning promotes collaborative learning) (Robert Dllisle, 1997)。

### 2.1.3.3 問題導向學習與問題解決 (problem sloving) 的關係

從某些意義來說教育的最終目的是要使學生能自主地解決各種問題(施良方, 1996)，因此培養問題解決的能力正是教育刻不容緩的目標。在九年一貫教育目標中所要培養的十大基本能力就包含了「獨立思考與解決問題」，要養成學生獨立思考及反省的能力與習慣，有系統地研判問題，並能有效解決問題和衝突。要培養學生成為善於解決問題的人。在教學方面，教師要透過問題中心的教學策略，使學生成為有效的學習者。問題中心的教學乃是過程取向，著重在發展學生的推理過程。教師提出開放式且精心設計的問題，供學生作預測，並且介入問題的重點，引導學生解決問題。(張清濱，民 86)

而問題導向學習法正是以實際解決所面臨問題為主的教學法，PBL 不僅完全符合了問題解決的精神，同時在經過這樣的訓練之後，學生將因此而能學會自

行蒐集資料、分析資料、主動發現問題進而解決問題的能力（郭裕芳, 民 92）。而這種能評估問題並主動解決問題的能力正是我們九年一貫中教育目標中所要培養的能力。

## 2.1.4 PBL 的實施

### 2.1.4.1 問題的選擇

由於 PBL 是藉由小組討論，腦力激盪來解決問題。因此教師所給予學生的問題要盡量避免有固定結構、解答的問題（structured problem），以免綁住了學生的思考模式或無法讓其發揮。而且要能適合年齡發展，扎根於學生經驗以現有課程為基礎。問題要適合不同的教導及學習的策略方式，要能增進知識習得及技能發展。另外問題要是弱結構（ill-structured），讓學生操作額外研究，發現問題的複雜度，並了解許多的可能答案（周天賜, 民 92）。張民杰在「問題基礎學習在中小學之應用」中談到 PBL 問題的性質最好具備以下特徵：

1. 問題應該是當前專業領域的真實性問題：
2. 問題應該是結構不良的開放性問題

蕭宜陵(民91)整理相關的研究(如王千倅, 民88; 廖桂菁, 民90; Duch, 1996; White, 1995; Moustetal, 1989; Torp, & Sage, 2002) 得到，好的問題必須具備以下條件：

1. 開放( open-ended )且為非結構問題(ill-structured problems)，所謂的非結構問題，即是沒有預設標準答案的問題。
2. 與學習者先備知識相連結。



3. 具爭議性的話題且跨學科領域。
4. 與未來專業領域相關。
5. 具複雜性。
6. 具挑戰性。
7. 與生活相結合。

另外，問題不用包括所有需要的訊息，也不需要學生用既有的知識就可以解決，問題導向學習法的目的是讓學生從既有的知識去發現更多的訊息，解釋這些發現的資料，並發現很多可能的解決方案(Delisle,1997)。

葛塞勒(Gijselaers,1996,p.20)則從反面的角度說明不好的問題有以下特徵：1.問題一看就知道答案或結果；2.問題像是教科書章節的標題；3.問題沒有衝突、過於簡單，不能引起學習動機等。

問題的選擇相當的重要，尤其在剛開始作 PBL 方法的訓練更需要適當而能符合真實情境的問題，否則沒有辦法達到訓練學生思考的目標。一個好的問題才有辦法引起學生的熱烈討論，刺激學生的思考，引動學生合作討論的氣氛。

#### 2.1.4.2 問題導向學習常見流程

Cooke 和 Alavi(1995) 認為問題之解決過程，應先列出改善現況之必要性，描述現況、列出假設，並找出所需知識，以進行資料統整與組織，且透過分享，連結所獲得之知識與先前假設，而後對初步答案作深入探討與質疑，得進行判斷，並對所下判斷進行行動之規劃，進而實踐計劃。整理其問題導向學習模式如圖 2.1 所示。(蕭宜陵，民 91)

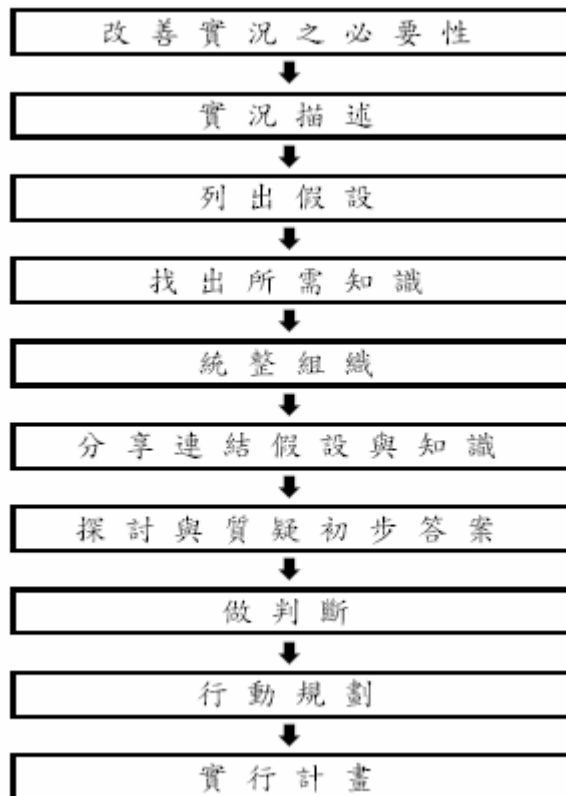


圖 2-1 Cooke 和 Alavi 的問題導向學習模式



資料來源：參考 *Problem-based learning in a health science curriculum* (pp.12-37), by M. Cooke & C. Alavi, 1995, London, England: Routledge.

Delisle 在「how to use problem based learning in the classroom」一文中指出 PBL 的實施方式(歷程)有下列七項步驟：與問題連結、建立結構、訪查問題、再訪查問、生產成果或表現、評鑑表現及評鑑該問題。(蕭梨梨,民 91)

(一) **連結問題**：教師將問題發給學生時，還要將問題連結到學生所關心的生活事件，如學生個人經驗、家人朋友的經驗、電子媒體的經驗等，讓學生感受到問題的重要性，而會花時間去注意。

(二) **建立學習結構**：這個學習結構是 PBL 教學的關鍵，學生可用來思考，以求系統化步驟解決問題。這個結構可分為四部分，分別是想法(ideas)、事實狀況(facts)、學習議題(learning issues)及行動計劃(action plan)。

(三) **面對問題**：閱讀問題的陳述，檢視「想法」、確認「事實狀況」以及「學習議題」，然後分組行動，各自選擇一個或數個學習議題分組討論和研究。

(四) **再度面對問題**：學生經過一段時間研究後，進行第二次討論，再度面對問題。每組報告研究結果，同時老師評估各組所花的時間、資源和行動計畫的有效性。教師讓學生再檢視原來的想法，並思考三個問題：你還支持原來的想法嗎？你已反對原來的想法嗎？什麼資訊讓你有這樣的立場？在此過程學生學習如何分析、比較各種想法，藉此發展學生分析、作決定和溝通的能力。

(五) **創出作品或表現**：每個問題在學生創出作品或表現後結束。這些作品或表現可以讓教師了解學生是否達到學習的目標，學到應有的能力。作品或表現可以是個人創作、分組創作或全班創作均可，教師評量可以十分多元。

(六) **評估表現**：教師可以鼓勵學生自我評鑑或互評，教師亦可提供檢核表，讓學生自我評量。

(七) **教學評鑑**：教學結束時，教師自我評鑑問題設計的品質及教學實施過程，教師教學成就和學生學習表現，以了解教學設計與實施的品質，做為改進教學之參考

### 2.1.5 訪談國內實施 PBL 的先驅----陽明醫學院

筆者曾為了如何將問題導向學習法應用於國中的教學中，特地與專班同

學造訪陽明醫學院 PBL 課程的主要負責人之一凌憬峰醫師(現任職於榮總放射科，榮總為陽明醫學院的建教合作醫院)，請教實施的心得，今將陽明醫學院採取的方式與筆者於國中對象實行時所修正的方式比較列述如下：

表 2-1 陽明醫學院的做法與筆者於國中對象實行時的做法之對照表

	陽明醫學院的做法	研究者於國中實行時的做法
1	各組皆有一個 Tutor	由於 Tutor 只有本人，再加上時間不夠充足。所以採取全班一起討論，再分組討論細部議題。
2	tutor 的風格對小組討論的影響。 A. 專業問題：非專業的老師則有時不被信任，因學生有時希望 tutor 是臨床專業。 B. 是否介入太多：tutor 的介入時間最好是恰到好處，盡量讓學生能充分發揮。	A. TUTOR 於國中教學，故學生對 TUTOR 能有專業信任。 B. tutor 的介入時間最好是恰到好處
3	PBL 的評分： A. tutor 根據組員討論狀況以及最後之報告而評分（盡量克服不同 tutor 評分基準不同的問題） B. 組員的自評互評分數則當作參考。	PBL 的評分： A. 由 tutor 一人，採用相同評分基準，所佔的比率為 50%。 B. 學生可看到一些我們看不到的問題，所以組員的自評互評分數佔的比率為 50%。
4.	各組員的組合可刻意的隨機變換。盡量避免每次都是固定的組合，應讓學生學習如何與不同的人相處。除非有特定的情況（如情敵），才考慮避開。	採 S 形分配，讓每一小組平均。 由於實驗學校是常態編班，故不採隨機分配。避免學習成績低弱的學生湊在一組，無法運作。
5	由於 PBL1 得到的知識較散亂，所以在最後時還是會給他們上一次完整的課程解答（或請專家說明），讓他們覺得學到點東西！	在教學後會上一次整合課程，但不是提供解答，而是引導他們把各組的內容報告整合所需的科學概念。
6	學生把每節討論的內容畫成概念流程圖（機制圖）	學生將每節討論的內容整合成架構圖。
7	黑板上（或書面紀錄）上分類清楚，亦即作學生較易進入狀況	相同。在大班討論時直接將同學的討論直接輸入電腦呈現於投影幕上。小組討論時則直接寫在各組的討論表中
8	每一節課最後盡量留點時間做回饋。	相同
9	學生小組上台報告可有不同的形式，讓它多樣化呈現	相同

另外以下是凌醫師談到陽明醫學院一些施行 PBL 的心得感想：

1. PBL 教案一般是兩三年換一次。
2. PBL 最重要的是中間思考的過程。經長期訓練過的學生，反而覺得思考過程是一種享受。
3. 主席（組長）的重要性有時比 tutor 大。一個好的主席能控制整個討論順利的進行。
4. 哈佛大學的學生作過 PBL and SBL 的比較實驗，結果差不多。但 PBL 的學生在工作後的口才、人際關係處理較流暢。
5. 黑板上（或書面紀錄）上分類清楚，亦即作學生較易進入狀況。
6. 訓練紀錄者要能記重點的能力。
7. 學生小組上台報告可有不同的形式，讓它多樣化呈現。



## 2.2 多層式診斷測驗

由於本實驗所用之三層式診斷測驗是以雙層式診斷系統為出發點，而進一步延伸至三層以作為深度測驗之探討。因此以下先探討雙層式診斷系統：

### 2.2.1 雙層式測驗

雙層式測驗主要是 Treagust 首先提出，Treagust 曾針對找出學生迷思概念的各種方式提出分析，其中包括晤談、紙筆式的多重選項測驗（選項是經過設計的）以及以多重選測驗搭配開放性問題的方式，然而，這樣的方式往往是相當耗時的，於是他發展了紙筆式雙層式診斷測驗來診斷學生的迷思概念（郭裕芳, 民 92）

Treagust 題目的設計方式為：第一層是針對題目設計作答的選項，通常為 2~4 個選項；第二層則進一步針對上一層的題目，續問受試者之所以選擇該選項的原因理由為何？

### 2.2.2 網路雙層式測驗

將 Treagust 的雙層式測驗的概念以電腦線上測驗的方式呈現，即為網路雙層式測驗。其設計的基本原理為（蔡今中 & 周倩, 民 92）：

1. 每次只出現一個題目及其選項。
2. 在學生確定了第一層的答案之後，畫面緊接著出現第二層的題目及選項，由於第一層的題目與選項仍然出現在螢幕上，因此，將有助於學生針對第二層問題的作答。
3. 學生無法回頭更改答案，除非重新登入。



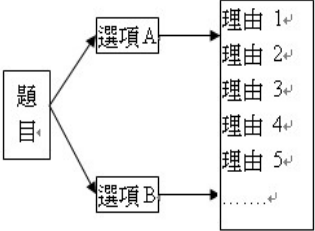
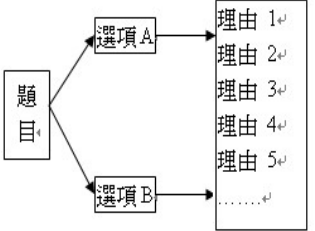
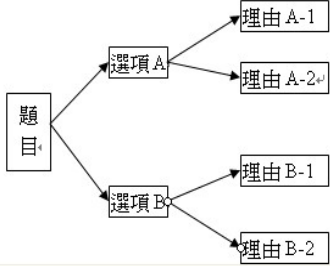
### 2.2.3 改良式雙層式診斷測驗

此即為本實驗所用之三層式診斷測驗的設計概念基礎。在傳統雙層式測驗中第二層的理由有第一層全部的理由選項，因此學生可能會有第一層答錯，等看到第二層列出的第一層所有答案的理由時，才想到原來在第一層的作答參錯了，只好在第二層選出他認為正確但卻並不針對他在第一層所作答案的理由，這就產生了學生在第一層答錯了，但卻在第二層卻答對的狀況。如此無法正確的診斷出學生的另有概念情形。而改良式雙層式診斷測驗則是在一層的題目作答完，會根據第一層的選項，出現不同的第二層理由選項。也就是第一層錯，第二層一定也會跟著錯；第一層對，第二層才有可能對。

如此可以確實診斷學生的概念改變情形及概念錯認究竟是從何處發生(林國書、邱漢東、郭裕芳, 民 92)。

今將上面三種雙層式測驗將其特色與優缺點整理如下：

表 2-2 三類雙層式測驗比較分析表

Treagust雙層式測驗	網路雙層式測驗	網路改良雙層式診斷測驗
<p>示意圖：</p> 	<p>示意圖：</p> 	<p>示意圖：</p> 
<p>測驗方式： 紙筆式</p>	<p>測驗方式： 電腦線上測驗</p>	<p>測驗方式： 電腦線上測驗</p>
<p>特色：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 第一層與第二層均出現紙本，可回頭更改答案。</li> <li>2. 第一層各選項的理由均出現在第二層，容易給學生提示，而回頭更改答案。</li> </ol>	<p>特色：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可作使用者登入並作控管。</li> <li>2. 作答者無法回頭更改答案。</li> <li>3. 由於各種理由均一起出現在第二層。因此容易給學生提示而造成第二層對第一層錯的情形。較不能確實診斷學生的另有概念。</li> </ol>	<p>特色：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可作使用者登入並作控管。</li> <li>2. 作答者無法回頭更改答案。</li> <li>3. 第二層有第一層各選項的個別理由而不會同時出現。所以一定第一層對才有可能第二層對。能確實診斷學生的另有概念。</li> </ol>

本準實驗所用的深度診斷測驗，正是以改良式網路雙層式診斷測驗為基礎，向上發展為多層式診斷系統，藉以測驗學生對科學概念的深度。

## 2.3 廣度複選式測驗

由於在本實驗中所要探討的乃是 PBL 與 SBL 教學方法是否能增加科學概念的廣度，亦即在經由教學法之後學生是否增加科學知識的廣度，在經與交大褚德三教授與蔡今中教授的討論後（民 93），認為此測驗的做法應為列出一些生活中的物理現象（涵蓋範圍盡量寬廣），然後由學生勾選符合題目所問的科學概念的物理現象（複選），如此不僅可測出作答者是否了解該科學概念，並且亦可以了解學生對於其他科學概念是否亦能分辨。而要能了解有哪些物理現象是符合相同的科學概念原理除了要了解該物理現象外，更需要聯想力與想像力，而這兩種能力就是創造性思考能力的來源（Wiles（1985，孫志誠，民 92）。廣度思考所牽涉的理論有：

### 一、連結論



連結論是由英國學者 Hume 和 Mill 所提出，他們相信概念的連結是思想的基礎，創造是量多而質異（不尋常思想）的連結成果。該派的核心論點在新觀念的產生是由於：（蔡智明，民 92）

1. 經驗原則：個體獨特的認知或感覺經驗。
2. 聯想原則：連結兩事物其間的關係。
3. 連結原則：個體便會依其經驗產生新關聯的事物。

聯想或連結有層級性。聯想有垂直聯想與水平聯想，垂直聯想是同類或同性質的聯想；水平聯想則是不同類或不同性質的聯想。而廣度思考就是需要藉由水平聯想能力，來找出原理性質相同的科學現象，但也需要聯想能力去分辨不同的科學原理現象。



## 二、心像理論

心像 (mental image) 是指不憑感官只憑記憶而使經驗過的事物在腦海中顯現的現象。在心理學上被視為一種人們對環境的真實事物在內心詳加審視的感官圖像 (張春興, 1990)。每個人心中都有描繪事務的能力, 例如當我們看見「飛機」二字, 心中便會浮現該名詞所代表的具體物像及在空中飛翔的景象; 看到「飛翔」二字, 除物象外還會兼有番茄的味道。此即心像。(張世慧, 民 92)

心像可分為「個別心像」與「交互心像」。個別心像是指單一名詞所引起的心像, 如「飛機」的圖形; 而交互心像是指兩個或兩個以上的名詞在心中描繪具有交互作用的畫面, 如將「飛機—旅客—飛機場」三個名詞在心中就描繪成一個旅客到飛機場坐飛機出國旅遊。

而在廣度測驗中每一個選項都是一個科學現象或原理, 因此作答者看到描述的名詞或圖片, 心中就會開始形成影像而與所知的原理進行比對。

## 三、概念學習

所謂「概念」(concept), 是個人在同一類的物件或事件中, 找出其共同的重要特徵, 並利用此重要特徵去認識新事物; 若符合此特徵, 便將之歸為同一類, 此共同的重要特徵即為個人對此事物的概念 (Pella, 1966)。概念是一種認知過程 (cognitive process) 的觀念、符號或意念, 使個體能概括抽象及理解的事物, 而表現在有層次的結構上即概念結構 (歐陽鍾仁, 民 80)。概念是依據某些事物共有的重要屬性或特徵將它歸於一類, 在瞭解一個概念後可以看出它分類的規則, 並且找出此概念與其他概念間的相關性以及差異性 (黃台珠, 民 73)

藉由概念的學習可以將許多訊息予以分類處理，減少記憶上的負擔，以便於進行推理與思考，因此可以說概念的形成是思考的基礎（鄭麗玉，民82）。那麼概念在學習上扮演著什麼樣的角色？概念是學習的基本單位，經由有意義的學習將使得人類有深入思考的能力，並作為瞭解和思考的基本工具（Beasley & Heikkinen, 1983）。它可用來瞭解許多獨立的事物及它們之間的關係，並供作垂直、水平及側向學習轉移的基礎（丁鉉鎰，民89）。

概念學習之所以被重視，乃是因為其在教育上有重要的意義存在，而美國教育心理學者德雪柯（John P. Dececco）與布魯納（Bruner）就提出概念學習具有下列教育意義（楊冠政，1976）（廖淑華，民88）：

**（一） 概念可以簡化環境的複雜性：**概念不是得自單一事項，而是來自一群的事項刺激。若將所受的每一項刺激都當成特殊事項來反應，則將會被環境的複雜性所困擾，尤其在知識爆炸的今日，必須發展有效的知識分類，以達到最有效的學習。

**（二） 概念有助於辨認周遭的環境：**在辨認事物時，常將其置於某一類，以減少複雜性。運用概念於辨識環境中的物體，顯示概念作為起使行為，概念和原理與環境的關係，以及其相互間的關係，形成階層的結構，若沒有學會低階層的概念，將無法學會高階層的概念。

**（三） 概念可以減少經常學習的需要：**例如當學生習得哺乳類這概念後，就可以不斷地使用這類概念來辨認動物。從此以後，當再遇及此類動物時，就不必再從頭研習哺乳類的意義。

**（四） 概念使教學得以成功：**一般教師習慣於用口語教學，因為教師認為學生已獲得所需的觀念，不需要具體的實在環境，就可學到進一步的觀念。因此，隨著教育程度的提高，教師使用口語的比率也隨之增加。

(五) 概念學習有助於學生的記憶：例如我們都不可能記住在不同重力場，不同時間，各種落體所經過的距離，但若我們記得地心引力、時間與距離的關係式 ( $S=1/2*gt^2$ )，便能計算出不同情況中物體落下的距離。

(六) 概念學習有助於學科了解：概念為各學科的基本結構，若學生能了解各學科的概念及概念間的關係，便可對該學科知識的廣度與深度更加認識。

(七) 概念有助於學習轉移：學生擁有基本的概念之後，便可應用此概念於將來所遭遇的新情境。概念聯繫各種事實，愈基本的概念愈能應用到更多的問題上。

而在科學教育上概念學習的重要性，藉由 Piaget 和 Ausubel 兩位學者所強調兒童認知結構對學習重要性的主張，使得科學教育學者對學生的概念學習有了不同的看法，其中張春興與林清山（民 74）兩位學者認為概念學習是將同類事物，按其特徵歸類而得抽象觀念的學習方式，概念學習是超越具體事物本身抽象化之後的結果，而抽象化是以概念的屬性為基礎，並且概念學習是學習將事物由簡而繁、由類化到分化的心理歷程（丁鉉鎰，民 89）。在廣度測驗當中是要勾選相同科學原理概念的生活科學的現象，其實就已經用到了概念學習的意涵，若是概念學習方法深入的學生它會習慣去找尋生活中相同科學概念的物理現象或物體，並且能夠區別出不同的概念而加以分辨，自然而然地學習的廣度就會增加。



## 第三章 研究方法

本實驗主要是研究問題導向學習法 (PBL) 與傳統主題學習法 (SBL) 對於增進學生在學習科學的深度與廣度方面的差異？並以滑翔機製作為例。

本章共分為四節，第一節研究對象，第二節研究工具，第三節研究設計與流程，第四節為資料處理及分析。

### 3.1 研究對象：

本實驗的實驗對象為一北部的大型國中【約 107 班，每班人數為 38~40 人】的二年級學生（兩個班，任教者相同）。該校歷史悠久學生民風淳樸而且全面實施常態編班，故對於一般的學生較為適合。選取此對象的理由主要有三點：

1. 國中階段的自然與生活科技課程未學過滑翔機的原理及應用，故對於實驗組及控制組的立足點均相同。
2. 選擇國二學生的目的在於避免造成課程延誤，尤其是 PBL 班級需花更多的時間。也能避免國三時會有升學壓力或國一學生科學能力較不足的情況。
3. 此屆學生是九年一貫實施的第一屆學生，恰好可藉此將九年一貫的精神融入學生的科學學習態度中。

表 3-1 實驗對象資料


	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
實驗組【PBL】	2	A01	38	19	19
控制組【SBL】	2	A02	39	20	19

## 3.2 研究工具

本實驗所用到的研究工具主要有：

- (1) 滑翔機原理之深度三層式概念診斷測驗
- (2) 滑翔機原理之應用廣度複選式測驗
- (3) 自然科學態度量表
- (4) PBL 分組討論紀錄單與內容整合單
- (5) 深度三層式試題網路施測工具
- (6) 廣度複選式網路施測工具

### 1. 滑翔機原理之深度三層式概念診斷測驗問卷



【研製理念】為確實診斷出學生的滑翔原理深度及其另有概念，本測驗問卷參考了蔡今中的線上雙層式診斷測驗（2002）以及林國書的改良式雙層式診斷測驗（碩士論文，民92）。

雙層式診斷測驗是在選完第一層的選項之後，再選第二層的理由。但是第一層答案 ABC 的理由，全部一起呈現在第二層。因此會有無法確定其概念發展的情形。示意圖如下

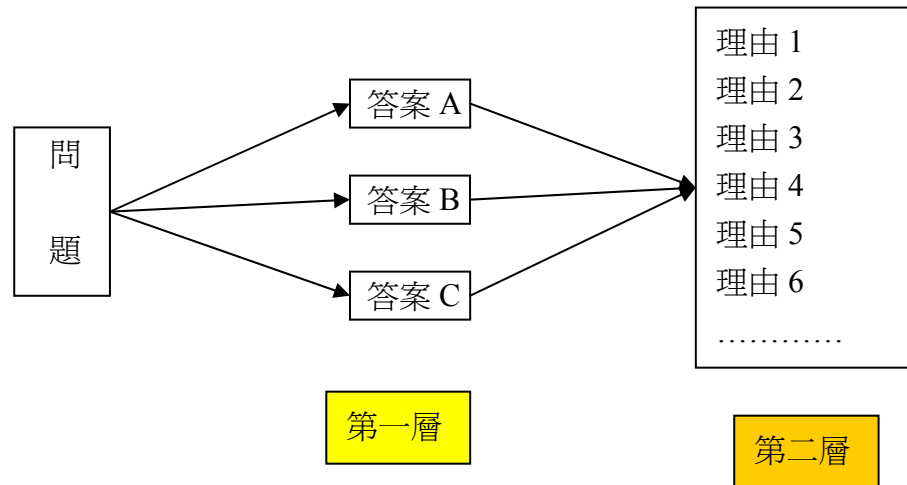


圖 3-1 雙層式診斷測驗示意圖

而改良式雙層式診斷測驗（林國書，民 92）則是在選完第一層選項後，第二層則只會出現第一層答案 ABC 的個別專屬理由選項，亦即若第一層選 A，則第二層僅會出現屬於 A 的選項，如此較能診斷出學生的迷失概念及了解其概念發展，示意圖如下：

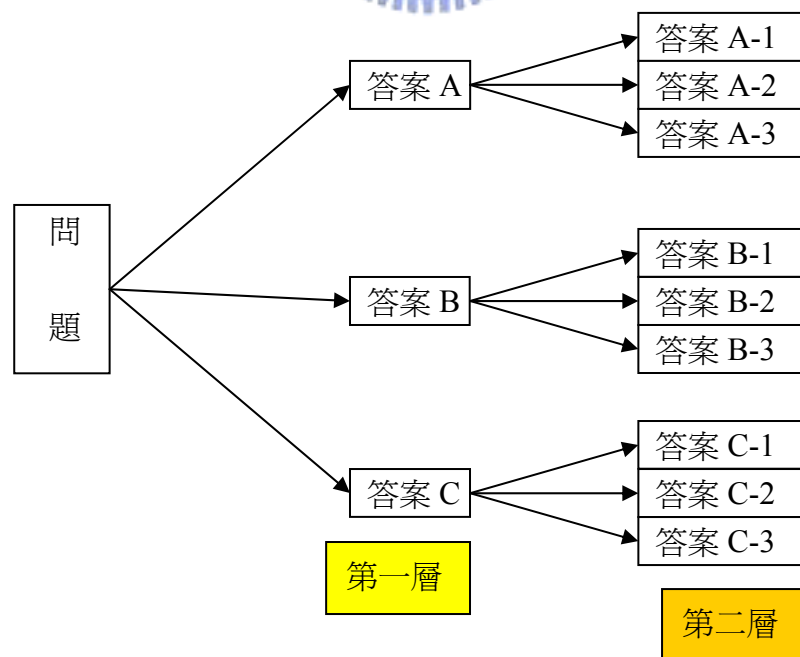


圖 3-2 雙層式診斷測驗示意圖

由於雙層式診斷測驗具有了解學生概念發展的優點及改良式雙層式診斷測驗具有往下發展，了解學生對於概念了解的深度的特性。於是本實驗以改良式雙層式診斷測驗為基礎，往下延伸發展三層式診斷測驗。藉以診斷學習者對於科學概念原理—滑翔機的飛行原理，了解的深度如何。深度三層式診斷測驗之示意圖如下：





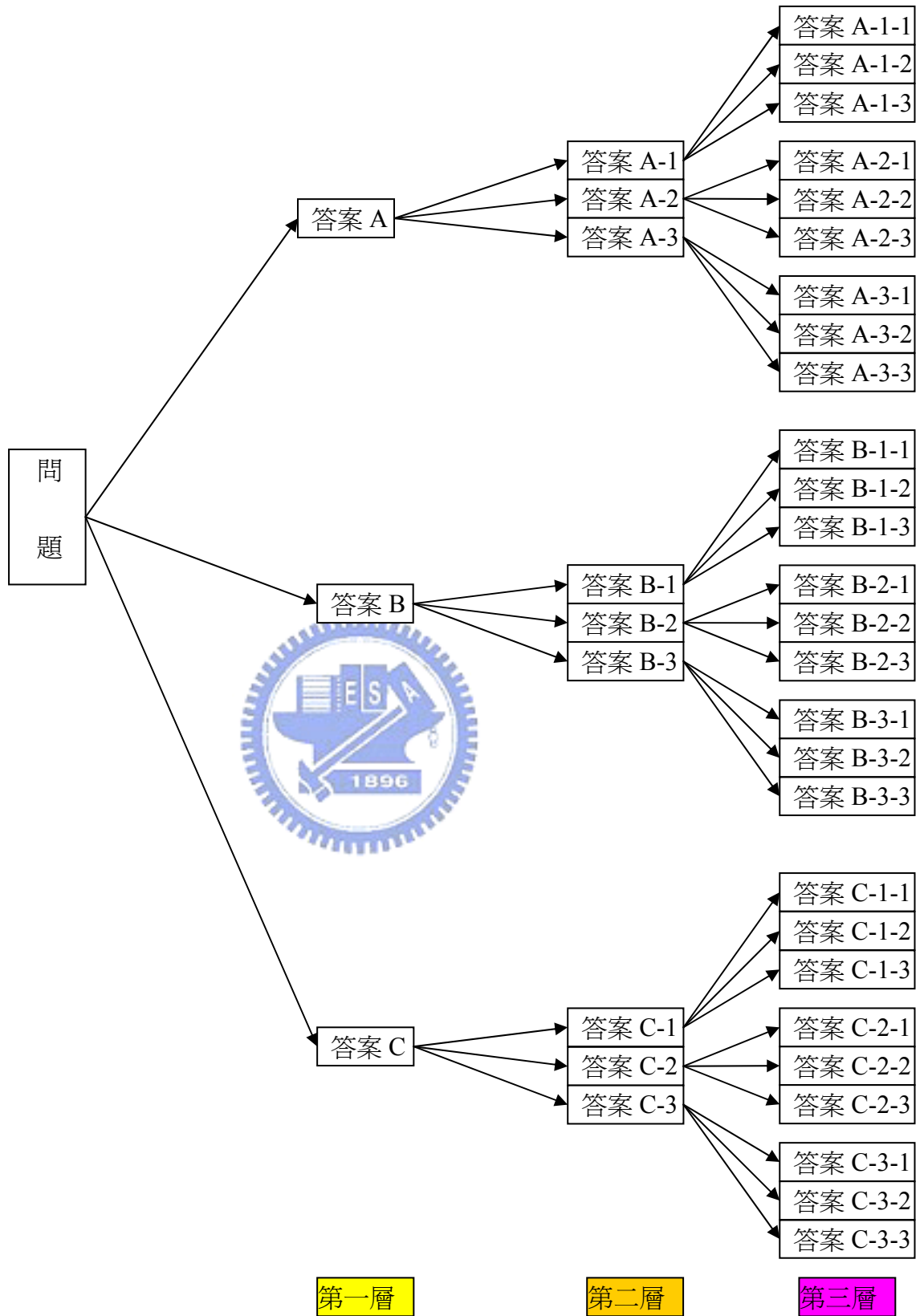


圖 3-3 三層式診斷測驗示意圖

深度三層式測驗的設計每一層都是上一層的選項的理由，而且所以越往下一層走深度越深。但若是要這一層只出現上一層選項的理由的話，則必須用電腦程式來控制，若是用紙筆測驗則會有看到其他選項的理由的疑慮。因此本實驗採用網路三層式深度診斷測驗來克服。

### 【研製程序】

(1) **深度開放式問卷**：為測驗學生對於滑翔機飛行原理的了解特參考了國立師範大學科學教育研究所姚昭銘的碩士論文--高中學生「白努利原理」迷思概念之研究、揭開飛行的奧秘【王懷柱，民 90】及相關文獻。經與教授專家與兩位國中資深理化科教師的討論指導下，擬定了滑翔機原理深度開放式問卷。為了能了解國中學生對於飛行原理的想法，故選擇了國一學生一個班及國二學生三個班來施測。施測人數及背景資料如下：

表 3-2 深度開放式問卷受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
甲國中	1	B01	39	20	19
	2	A13	40	18	19
乙國中	2	C01	38	19	19
		C02	37	19	18

(2) **深度雙層式半開放式問卷 (A 卷)**：將開放式問卷收集資料整理後，抓出學生對於飛行原理的迷思概念，再與教授專家數次討論，最後將深度雙層式半開放式問卷定稿。此問卷的主要目的在於了解學生在第二層理由上的答案與另有概念。為了要讓與實驗組學生立足點相同，於是再針對國二學生兩個班進行深度半開放式問卷，施測學生的資料如下表格：

表 3-3 深度雙層式半開放式問卷 A 受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
甲國中	2	A03	38	21	17
		A04	40	19	18

(3) 深度三層式半開放式問卷 (B 卷)：將深度雙層式半開放式問卷收集資料整理後，抓出學生對於飛行原理的迷思概念，再與教授專家數次討論，最後將深度三層式半開放式問卷定稿。此問卷的主要目的在於了解學生在第三層理由上的答案與另有概念。為了更讓與實驗組學生立足點相同，於是再針對國二學生兩個班進行深度三層式半開放式問卷，施測學生的資料如下表格：

表 3-4 深度三層式半開放式問卷 (B 卷) 受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
甲國中	2	A05	39	19	19
		A06	40	20	19

(4) 深度三層式封閉式問卷【第一次】：將半開放式問卷整理，再與專家教授討論，最後將三層式半開放式問卷修正為三層式封閉式問卷。為參考高中及國中學生的測驗成果，而選定了高中學生兩個班級國中學生兩個班作為試測的對象：

表 3-5 深度三層式封閉式問卷【第一次】受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
甲國中	2	A07	39	19	20
	2	A08	39	20	19
高中	1	D01	40	0	40

	1	D02	40	0	40
--	---	-----	----	---	----

(4) **深度三層式封閉式問卷【第二次】**：將深度三層式封閉式問卷【第一次】整理，再與專家教授討論，最後將再修正。進行第二次試測。此次選定了國中學生四個班作為試測的對象：

表 3-6 深度三層式封閉式問卷【第二次】受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
甲國中	2	A09	38	20	18
	2	A10	39	19	20
	2	A11	37	19	18
	2	A12	38	18	20

(5) **深度三層式封閉式問卷信度檢驗**：選定了國中二年級一個班進行重測信度檢驗



表 3-7 深度三層式封閉式問卷信度檢驗受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
信度：甲國中	2	A13	37	18	19

(6) **深度三層式正式問卷**：重測信度檢驗信度結果為顯著後，再加上修正過程中與教授、專家的討論，具有專家效度。所以即成為一份正式問卷，再來即針對實驗組與控制組進行前測，受測班級資料如下：

表 3-8 深度三層式正式問卷受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
實驗組【PBL】	2	A01	38	19	19
控制組【SBL】	2	A02	39	20	19

【試題範例】

你認為飛機的主機翼橫切面形狀應是下列何者較能幫助飛行？\_\_\_\_\_

第一層

第二層

第三層

<p>A. 長方形，如</p> 	<p>A. 因此形狀所受的空氣浮力較大</p>	<p>A. 長方形的物體表面積比曲形大，所以所受的空氣浮力越大</p>
		<p>B. 上下皆平，使得空氣浮力可以集中向上，而不會偏向</p>
		<p>C. 因長方體型的體積較大所受的空氣浮力會較大</p>
	<p>B. 因這個形狀所受的空氣阻力最小</p>	<p>A. 因為上下兩面皆為平滑面，有助於氣流順利通過</p>
		<p>B. 把氣流分邊，有助於避免氣流正面衝撞飛機</p>
		<p>C. 因上下面所受的空氣阻力可平衡抵銷，只剩下正面所受的阻力</p>
<p>B. 上平下曲</p> 	<p>A. 下面的氣流會順勢彎上去，把飛機推上去</p>	<p>A. 滑過下方的氣流，合力方向向上，故可把飛機抬高。</p>
		<p>B. 滑過下方的氣流較快，有較大拉扯力量</p>
		<p>C. 不知道，憑直覺。</p>
	<p>B. 上下形狀不同造成氣流流速各不同，使得上下氣壓不同，而把飛機推上去</p>	<p>A. 上方氣流流速比下方快，造成上方氣壓較下方大，氣體會從壓力小的地方推向壓力大的地方</p>
		<p>B. 上方氣流流速比下方快，造成上方氣壓較下方小，氣體會從壓力大的地方推向壓力小的地方</p>
		<p>C. 上方氣流流速比下方慢，造成上方氣壓較下方大，氣體會從壓力小的地方推向壓力大的地方</p>
		<p>D. 上方氣流流速比下方慢，造成上方氣壓較下方小，氣體會從壓力大的地方推向壓力小的地方</p>
	<p>C. 因流線型的設計，較能減少空氣阻力</p>	<p>A. 形狀較圓滑，可讓風順利通過</p>
		<p>B. 前後面積小，對風的阻力會較小</p>
		<p>C. 可把風向引到外側，如此就不會受到風的干擾了</p>

<p>C. 上曲下平</p> 	A.可增加飛機在飛行時的推力	A.氣流打到機翼前端,所受的反作用力增加了飛機的推力
		B.氣流順勢繞到後方時,對機翼施予一推力,使飛機向前
		C.把上下兩邊氣流匯集到後方,造成噴出氣流
	B.上下氣流流速不同,造成上下氣壓不同,有壓力差,而把飛機推上去	A.上方氣流流速比下方快,造成上方氣壓較下方大,氣體會從壓力小的地方推向壓力大的地方
		B.上方氣流流速比下方快,造成上方氣壓較下方小,氣體會從壓力大的地方推向壓力小的地方
		C.上方氣流流速比下方慢,造成上方氣壓較下方大,氣體會從壓力小的地方推向壓力大的地方
		D.上方氣流流速比下方慢,造成上方氣壓較下方小,氣體會從壓力大的地方推向壓力小的地方
	C.流線型的設計,較能減少空氣阻力	A.形狀較圓滑,可讓風順利通過
		B.前後面積小,對風的阻力會較小
		C.可把風向引到外側,如此就不會受到風的干擾了

## 2. 滑翔機原理之廣度複選式測驗問卷

為了解學生在經過滑翔機的製作教學後是否能增加他對於科學的廣度,於是發展了滑翔機廣度複選式測驗問卷,依據問卷的編製程序:

(1)滑翔機廣度開放式問卷:為測驗學生是否能了解生活中有哪些科學現象的原理是應用了滑翔機的飛行相關原理,特參考了國立師範大學科學教育研究所姚昭銘的碩士論文--高中學生「白努利原理」迷思概念之研究、飛行原理的探討及相關文獻。經與教授專家與兩位國中資深理化科教師的討論指導下,擬定了滑翔機原理廣度開放式問卷。為了能了解國中學生對於生活中有哪些物理現象是應用了飛行原理的想法,故選擇了國二學生兩個班來施測。施測人數

及背景資料如下：【採紙筆測驗】

表 3-9 滑翔機廣度開放式問卷受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
甲國中	2	A14	38	20	18
	2	A15	38	19	19

(2)廣度複選式半開放式問卷：將開放式問卷收集資料整理後，抓出學生對於一般生活中物理現象的迷思概念，再與教授專家數次討論，最後將廣度複選式半開放式問卷定稿。此問卷的主要目的在於了解學生是否能真正了解生活中有哪些物理現象是應用了飛行原理以及是否能真正了解生活週遭常見的科學原理。為了更讓與實驗組學生立足點相同，於是再針對國二學生兩個班進行深度半開放式問卷，施測學生的資料如下表格：【採紙筆測驗】

表 3-10 廣度複選式半開放式問卷測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
甲國中	2	A16	38	20	18
甲國中	2	A17	37	19	18

(3)廣度複選式封閉式問卷【第一次】：將半開放式問卷整理，再與專家教授討論，最後將廣度複選式半開放式問卷修正為封閉式問卷。為測試問卷是否合乎，而選定了國中學生兩個班作為試測的對象：【採電腦網路線上施測】

表 3-11 廣度複選式封閉式問卷【第一次】受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
甲國中	2	A07	39	19	20
甲國中	2	A08	39	20	19
高中	1	D01	40	0	40
	1	D02	40	0	40

(4) 廣度複選式封閉式問卷【第二次】：將廣度複選封閉式問卷【第一次】整理，再與專家教授討論，最後將再修正。進行第二次試測。此次選定了國中學生四個班作為試測的對象：【採電腦網路線上施測】

表 3-12 廣度複選式封閉式問卷【第二次】受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
甲國中	2	A09	38	20	18
甲國中	2	A10	39	19	20
甲國中	2	A11	37	19	18
	2	A12	38	18	20

(5) 廣度複選式問卷信度檢驗：選定了國中二年級一個班進行重測信度檢驗：

表 3-13 廣度複選式問卷信度檢驗受測班級人數表

	年級	班級代碼	受測人數	男學生	女學生
信度：甲國中	2	A13	37	18	19

(6) 廣度複選式正式問卷：重測信度檢驗信度結果為顯著後，再加上修正過程中與教授、專家的討論，具有專家效度。所以即成為一份正式問卷，再來即針對實驗組與控制組進行前測。

範例：

1. 【複選題】白努利原理談到-----流體（氣體或液體）的流速改變時，其壓力也跟著改變，而流體內兩個壓力不同的地方會有流動的現象，試問下列所敘述的事件，何者是應用了白努力原理？

<input type="checkbox"/>	在一傾斜面上倒一些水，水會從高處往低處流動
<input type="checkbox"/>	冷氣機需放在房間的上方，促使空氣對流而逐漸變冷



<input type="checkbox"/>	一熟蛋放在酒瓶口,並在瓶內燃燒紙張,不久雞蛋自動被吸入瓶內
<input type="checkbox"/>	放在冷氣出口處的塑膠繩會被吹起來,呈現水平
<input type="checkbox"/>	帆船得以逆風前進
<input type="checkbox"/>	改為海底中一小氣泡在上升途中,所受的水壓越來越小
<input type="checkbox"/>	棒球投手投出一記漂亮的變化球
<input type="checkbox"/>	有風時,煙囪的排煙效果較好
<input type="checkbox"/>	山腳下開車至高山上,發現有耳鳴現象
<input type="checkbox"/>	一艘船從淡水開至海水,船的吃水線會低一點(船身會上浮些)
<input type="checkbox"/>	一般噴霧器【如殺蟲劑、氣喘藥噴霧器】,將內容物噴成霧狀 
<input type="checkbox"/>	火車進站時,如旅客太靠近月台邊緣,則容易往火車靠近

### 3. 自然科學態度量表

本量表乃是參考國立台灣師範大學科學教育研究所的楊坤原教授與台師大生物系鄭湧涇教授所發表的對生物學的態度量表的發展與效化(鄭湧涇,民84)一文以及丁大成的「物理學習態度量表」(丁大成,民92,碩士論文)所修改。鄭湧涇原文共有80題共分為四個向度,。本文從中篩選出40題並將其中的「生物」兩字改為「自然科學」。在九年一貫課程當中已經將生物、地球科學、物理化學統稱為自然學科,而且對第一屆九年一貫的學生而言,所上的自然與生活科技課程內容以生物居多,故應具有一定之效度。本量表的題目並經過交通大學褚德三教授的審題與訂正,故具有專家效度,經修正後共有正向題23題,負向題17題。再將此量表對三個國中共六個班的施測其信度 $\alpha$ 值為

0.93，具有極高之信度。

四個向度為

S1：表示對科學的態度

S2：表示對學習科學的態度

S3：對參與科學探討活動的態度

S4：對科學家及科學相關生涯的態度

表 3-14 對自然科學態度量表試題向度分類

向度	題號	原量表題號	對自然科學態度量表題目
S1	1	1	我對自然科學很有興趣
	2	9	自然科學知識對我們的生活沒什麼用處
	3	17	自然科學的知識可以幫助我們解決許多生活上的問題。
	4	21	我不喜歡觀賞有關自然科學方面的展覽。
	5	25	我不喜歡閱讀有關自然科學知識的報導
	6	29	我覺得報章、雜誌中與自然科學有關的知識都很有趣。
	7	41	我喜歡閱讀有關自然科學的書籍和雜誌。
	8	45	自然科學的知識很難理解。
	9	49	自然科學跟我們的日常生活息息相關。

	10	73	我希望能瞭解更多的自然科學知識
S2	11	6	我很喜歡上自然科學課
	12	10	自然科學實驗很有趣，我很喜歡
	13	22	上自然科學課時，我時常覺得腦袋空空，無法思考
	14	26	每一個人應該都學習一些有關自然科學的知識
	15	30	自然科學課的內容既單調又乏味
	16	34	假如不用上自然科學課，我將會更快樂
	17	38	我覺得上自然科學課非常有趣
	18	42	一想到今天有自然科學課，我的心情就很愉快
	19	54	上自然科學課時，我總覺得時間過地特別慢
	20	66	我不喜歡做自然科學課的作業
	21	11	書本的說法絕對正確，不必要自己動手做實驗驗證
	22	55	想了解自然科學知識，不一定要靠自然科學實驗
	23	71	我對參加研習營或科學營沒有什麼興趣。
	24	19	有問題時，請教老師就好，做實驗實在是太浪費時間了

S3	25	23	我比較喜歡經由「做實驗」來獲得有關自然科學的知識
	26	59	做自然科學實驗很麻煩，也很無聊
	27	63	一想到自然科學課能夠動手做實驗，我就很開心
	28	3	我不喜歡用作實驗的方式來解決自然科學上的問題
	29	27	我覺得要自己親手作實驗，才能真正學到自然科學學知識
	30	75	碰到不懂的自然科學問題時，我會自己去查資料找出答案
S4	31	4	科學家都是怪人，他們對人類生活的改進沒什麼貢獻
	32	24	科學家所做的研究工作，對人類知識的增加很有價值
	33	56	一般的科學家就和平常人一樣，也喜歡科學之外的運動、文學和藝術
	34	72	我希望將來能當一位科學家
	35	36	我覺得不管成績好不好，只要對自然科學有興趣，都可以試著做科學研究工作
	36	80	只有脾氣古怪的人才會想要從事科學研究工作
	37	40	將來我喜歡從事與科學有關的工作
	38	60	科學家的工作對人類貢獻很大
	39	76	我對從事科學的研究工作很有興趣

	40	16	我很嚮往科學家在實驗室忙碌的生活
--	----	----	------------------

#### 4. PBL 討論紀錄單及內容整合單

當教師確定學生的生活經驗與主題開始有連結後，下一步就要創立結構以解決問題（問題引導學習 PBL，周天賜譯，心理出版社）。於是本實驗就為 PBL 討論設計了兩種紀錄單。

(1) PBL 學習討論過程紀錄單：此紀錄單的目的在於將學生的討論過程詳細的紀錄下來。而 Tutor 可以依此了解學生的思考過程，並且可以思考下一步該如何引導學生。

表 3-15 二年 班第 組問題討論學習討論單

主題：製作滑翔機

時間：

地點：地科分組討論教室



組長：

組員：

小明：如果把螺旋槳裝在飛機上可以嗎？

于靈：可以試試看啊！

曉東：不過應該怎麼裝電池及馬達呢？

小明：沒關係，我回去試試看。

阿雄：飛機的外殼用保利龍適合嗎？

.....

--	--

(2) PBL 討論結果整合單：此整合單可為學生小組討論建立結構，他確保學生工作有適當的基礎，而且不會忽略任一基本元素。這結構是整個 PBL 過程的關鍵，告訴學生如何就情境來思考問題，並且得到適當的解答（周天賜, 民 92）。

表 3-16 二年 班第 組 主題：動手作滑翔機 討論內容整合單

點子	我們已知道的（事實）	我們想要知道的(學習論題)	如何去蒐集資訊(行動計畫)
把飛機翻過來投射 .....	主機翼上翹 翻過來投射會往後飛 兩邊裝螺旋槳會飛比較久 螺旋槳裝後面會飛比較快 主機翼減短會飛比較久 主機翼跟飛機瓶行會飛比較久 流線型會飛的更快 有降落後的輪胎 尾翼平衡用 主機翼的形狀上曲下平 尾翼有兩種 用力丟容易墜機 .....	主機翼的用途是什麼? 用力丟對飛行有沒有改變? 用力丟到底是增加阻力還是減少阻力? 滑翔機再飛的時候是靠什麼平衡? 螺旋槳有什麼用途? 尾翼上面有一個可以搖擺的東西有什麼用? 飛機主體為什麼前面比較多 .....	1. 以網路查詢 2. 去圖書館看看有無相關書籍 3. 問有修過航空原理的朋友或長輩

## 5. 深度三層式試題網路施測工具

本實驗所用的改良三層式試題網路施測工具乃是委由台北市東湖國中黃偉銘老師所撰寫之程式.其系統需求為 LINUX 或 FreeBSD，以 PHP 撰寫程式並以 MySQL 為資料庫。其特色如下，

- 1.具有帳號密碼功能，非特定使用者無法進入
- 2.具有人性化管理介面，包含使用者管理、試題管理、學生歷程管理、試題分析四大功能。可直接點選進入各功能區。
- 3.使用者管理方面：可線上單筆資料直接輸入或刪除。亦可利用文字檔整批帳號密碼以一個檔案上傳即可。
- 4.試題管理方面：可直接線上編修題目、上傳圖片，相當方便。亦可將學生的作答比對正確答案而直接輸出學生的作答成績。
- 5.歷程管理：可直接在螢幕上看到每位作答學生的作答歷程。
- 6.試題分析：可對全部的作答資料做試題分析統計，看出每一層每一個選項學生的作答比例。



圖 3-4 三層式診斷系統登入畫面



圖 3-5 三層式診斷系統管理介面





圖 3-6 三層式診斷系統使用者管理介面

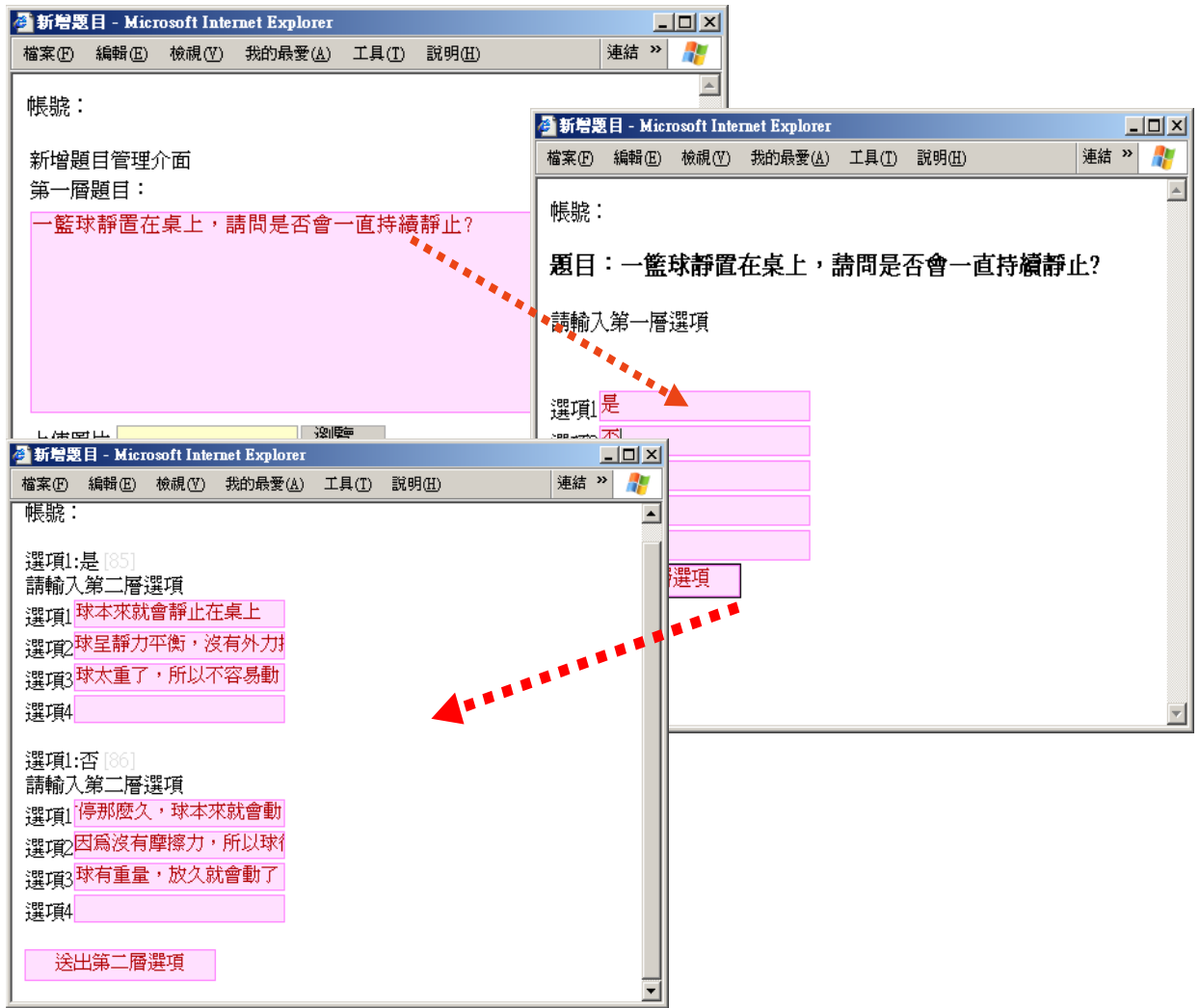


圖 3-7 三層式診斷系統新增題目管理介面

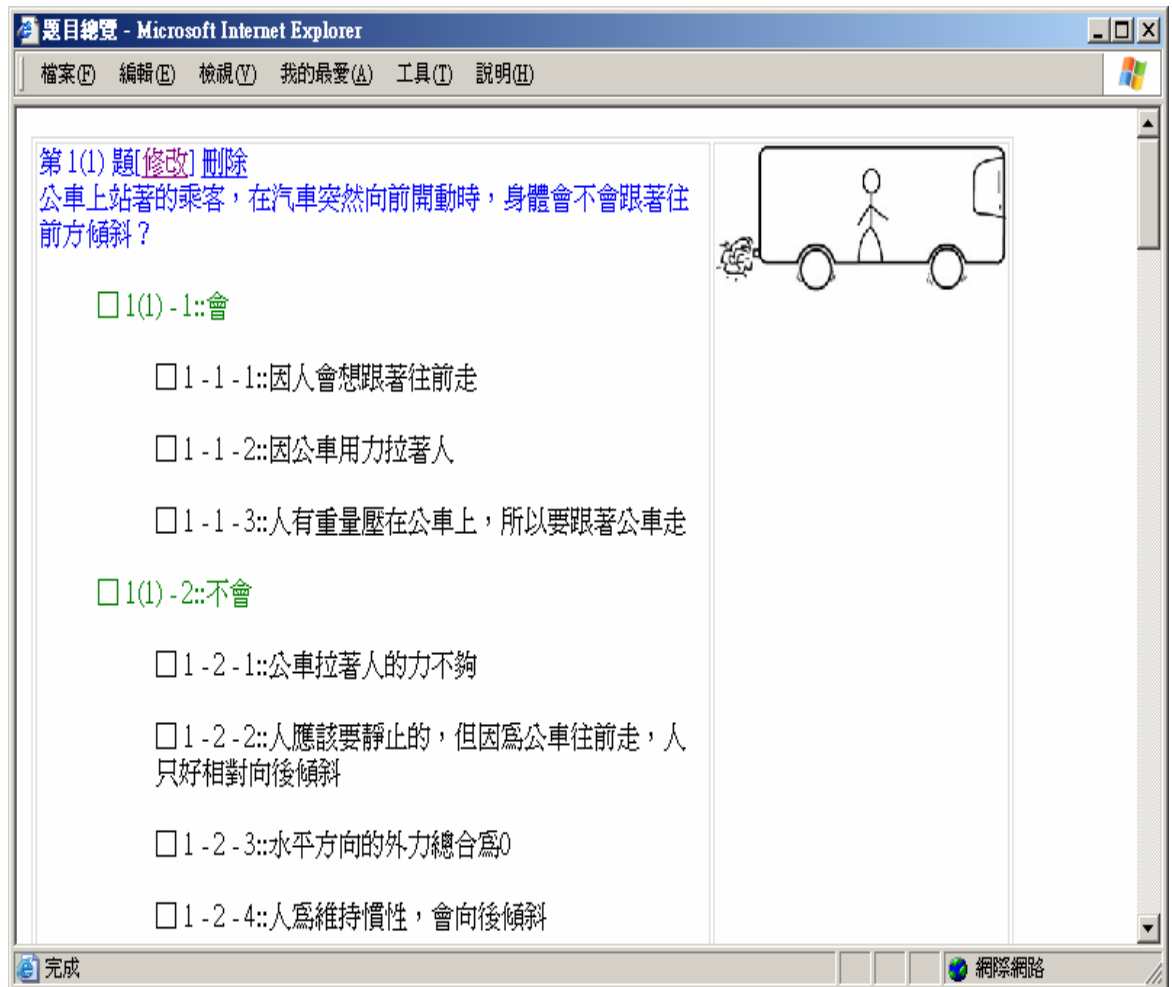


圖 3-8 三層式診斷系統修改題目介面

已經完成做答人數：114人

第1題

公車上站著的乘客，在汽車突然向前開動時，身體會不會跟著往前方傾斜？

選項說明	選擇人數	比例
<input type="checkbox"/> 1-1:會	76	67%
<input type="checkbox"/> 1-1-1:因人會想跟著往前走	6	8%
<input type="checkbox"/> 1-1-2:因公車用力拉著人	25	33%
<input type="checkbox"/> 1-1-3:人有重量壓在公車上，所以要跟著公車走	45	60%
<input type="checkbox"/> 1-2:不會	38	34%
<input type="checkbox"/> 1-2-1:公車拉著人的力不夠	0	0%
<input type="checkbox"/> 1-2-2:人應該要靜止的，但因為公車往前走，人只好相對向後傾斜	18	48%
<input type="checkbox"/> 1-2-3:水平方向的外力總合為0	3	8%
<input type="checkbox"/> 1-2-4:人為維持慣性，會向後傾斜	17	45%

圖 3-9 三層式診斷系統人數統計畫面



## 6. 廣度複選式試題網路施測工具

本實驗所用的廣度複選式試題網路工具是由本人所撰寫。系統為 Windows 作業系統，程式為 Asp 加上 Access 資料庫。其特性如下：

1. 與上述三層式試題網路施測工具程式連結，帳號密碼經由三層式深度測驗的認定之後會直接送使用者名稱至本系統，故亦具有使用者管理功能。

2. 因為是複選題，所以採用核取方塊  (CHECKBOX)，學生可在認為對的選項中按一下使之打勾，最後再按「送出」，而繼續下一題。

3. 為避免有學生未全部做完試題即關掉視窗，所以本程式設計一定要做完所有的廣度複選式題目，答案才會寫入資料庫。

4.可由管理者介面網頁直接看到每位學生的作答情形，並可看出答對答錯的題數。

5.可計算每一大題內每一選項的作答比例。對編修題目與統計學生作答有相當之幫助。

6.具有篩選介面，可挑出任一班級的作答情形。

**第一題：**白努力原理談到-----流體（氣體或液體）的流速改變時，其壓力也跟著改變，而流體內兩個壓力不同的地方會有流動的現象，試問下列所敘述的事件何者是應用了白努力原理？

<input type="checkbox"/>	在一傾斜面上倒一些水，水會從高處往低處流動
<input type="checkbox"/>	冷氣機需放在房間的上方，促使空氣對流而逐漸變冷
<input type="checkbox"/>	一熟雞蛋放在酒瓶口，並在瓶內燃燒紙張，不久雞蛋自動被吸入瓶內
<input type="checkbox"/>	放在冷氣出口處的塑膠繩會被吹起來，呈現水平
<input type="checkbox"/>	帆船得以逆風前進
<input type="checkbox"/>	海底中一小氣泡在上升途中，所受的水壓越來越小
<input type="checkbox"/>	棒球投手投出一記漂亮的變化球
<input type="checkbox"/>	有風時，煙囪的排煙效果較好
<input type="checkbox"/>	山腳下開車至高山上，發現有耳鳴現象
<input type="checkbox"/>	一艘船從淡水開至海水，船的吃水線會低一點(船身會上浮些)
<input type="checkbox"/>	一般噴霧器【如殺蟲劑、氣喘藥噴霧器、噴水器】，將內容物噴成霧狀
<input type="checkbox"/>	火車進站時，如旅客太靠近月台邊緣，則容易往火車靠近

送出答案 重新設定

圖 3-10 廣度複選式測驗測驗畫面

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(T) 說明(H)

← 上一頁 · → 搜尋 我的最愛 媒體

網址(D) | 移至

連結 Windows Windows Media 自訂連結 免費的 Hotmail Hotmail 的免費電子郵件 三層式測驗

### 廣度測驗-----教師管控系統

[試題分析](#)
[篩選表單](#)

1. 目前已經作答人數: 257

2. 刪除紀錄

班級座號:  管理者密碼:

2. 目前作答完成學生:(1代表有勾選,0代表沒有勾選)

答對每一選項:  分 答錯每一選項倒扣:  分

班級座號	每一題的勾選答案數目				(答對, 答錯)	總題數	加權總分
	一	二	三	四			
101	011100000000	011101100000	001000110000	101100000000	(1,2) (3,2) (3,0) (1,2)	(8,6)	8
101	000000000000	000000000000	000000000000	000000000000	(0,0) (0,0) (0,0) (0,0)	(0,0)	0
102	000110110011	001100110011	011010110100	100001101101	(6,0) (6,0) (6,0) (6,0)	(24,0)	24
20801	000010100001	010110000001	000001000101	000110001101	(3,0) (2,2) (1,2) (3,2)	(9,6)	9
20802	000010100001	010110000001	001101000011	100001101101	(3,0) (2,2) (1,4) (6,0)	(12,6)	12
20803	110010011011	001111110001	101111010111	001111101101	(4,3) (5,2) (4,5) (5,3)	(18,13)	18
20804	110011101010	101000010101	100100110101	101100100011	(3,4) (3,2) (3,3) (3,3)	(12,12)	12
20805	101001011111	010101100000	100001010101	000011010100	(3,5) (2,2) (2,3) (2,2)	(9,12)	9

圖 3-11 廣度測驗教師管控畫面

新增網頁4 - Microsoft Internet Explorer

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(T) 說明(H)

← 上一頁 · → 首頁 搜尋 我的最愛 媒體

網址(D) | 移至

連結 Windows Windows Media 自訂連結 免費的 Hotmail Hotmail 的免費電子郵件 三層式測驗

### 廣度結果篩選表單

起始班級座號:  最後班級座號:

※最後座號需大於起始座號

圖 3-12 廣度複選式測驗篩選表單

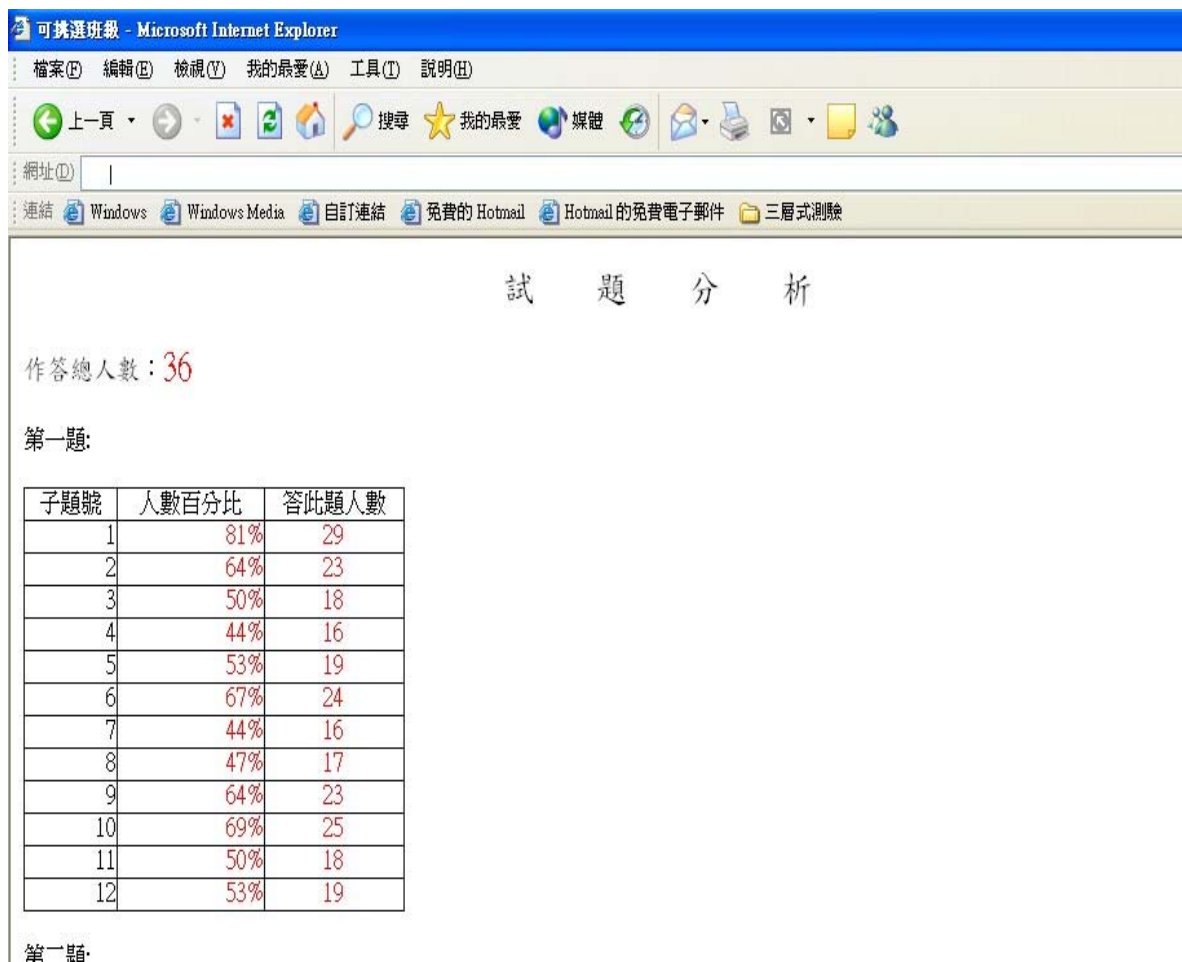


圖 3-13 廣度複選式測驗試題分析畫面

### 3.3 研究設計與流程

#### 3.3.1 設計理念

『造飛機，造飛機，飛到天空去』這是我們從小就聽到的一首兒歌。而我們也常常在這首歌的醞釀下，常常夢想著自己有一天會乘坐著飛機翱翔於天際之間。從國小以至國中對於飛機的介紹幾乎都僅於圖片上的簡介或簡單的製作紙飛機，卻很少有機會去好好的介紹滑翔機的飛行原理乃至作出一隻可以飛的飛機。為了彌補學生時期的缺憾，於是著手設計了製作滑翔機的課

程。並且利用 PBL 問題導向的討論學習方式，讓學生能在小組成員的互相合作之下，共同研討原理，彼此合作互助製作出一架可以飛行的滑翔機，進而培養學生的科學興趣與科學思考能力。並且在完成作品的歷程之中培養學生的合作學習與問題解決能力。

### 3.3.2.研究流程

#### 一、PBL 問題導向學習【實驗組】

##### 1.問題導向學習法課前訓練：

為讓學生有足夠的時間了解並熟悉問題討論學習法 (PBL)，本實驗特地讓實驗組的學生進行 9 週，每週兩節課的時間進行 PBL 訓練，訓練內容如下：



##### A. PBL 介紹簡報【節錄】：



# 問題導向學習

授課老師-----紀宗志老師



圖 3-14 PBL 學習法介紹簡報 1



## 想一想？



- 你是否習慣只接受老師傳授的課本知識，其他課本外的知識呢？
- 你是否好久沒有認真去思考一個問題了？而只是習慣背東西？
- 你是不是覺得人生是黑白的，好像有點無聊？
- 你曾經有過把課本知識應用於日常生活的經驗嗎？
- 遇到一個從沒遇過的問題，你是否呆在那邊了？

圖 3-15 PBL 學習法介紹簡報 2

B. 蒐集資料能力訓練：

1. **網路蒐集資料能力訓練**：利用一節課的時間帶領同學進入電腦教授說明各種搜尋引擎及搜尋資料的技巧。

2. **圖書館搜尋資料能力**：帶領同學至本校圖書館說明圖書放置的編排及分類方式，以及如何從網路或圖書館公告欄知道要如何到圖書館的何處去找到你所想要的書籍。

C. **情境題問**：參考周天賜先生所譯之「問題導向學習 PBL」，再將上本人的教學經驗，而制定出四題情境問題。利用這四題情境，讓學生能習慣 PBL 的思考方式。



## 問題導向學習：範例一

- 近來報紙上常報導：學校的營養午餐對學生既不營養又不划算，學校已想要改進午餐提供方式。現在各位可以好好思考一下，如何改善學校午餐？

圖 3-16 PBL 情境 1



## 問題導向學習：範例二

- 幾位一年級同學抱怨-----共同休息時間時，在操場的二三年級學生不讓他們使用籃球區。我們該如何處理這情況，讓任何想玩籃球的人都能玩？

圖 3-17 PBL 情境 2



## 問題導向學習：範例三

- 有一天阿牛與阿頓坐在樹下休息時，阿頓突然聽到阿牛慘叫一聲『哇哩咧』，原來是被一顆掉下來的蘋果砸到了。正在阿牛哇哇大叫的同時，阿頓突然想到-----**為什麼蘋果會掉下來呢**？各位同學，幫幫這位同學解答疑惑吧！

圖 3-18 PBL 情境 3



## 問題導向學習：範例四

- 有一天，尾鳴在教室校門口看到有一張1000元的鈔票。這對尾鳴真是一件大喜事，因為他從沒擁有過這麼多錢，不過他心中又有些掙扎.....，親愛的同學你覺得該怎麼辦？

圖 3-19 PBL 情境 4



D. 實驗模擬階段：因本實驗的目的是要做出一架滑翔機，為讓學生能先適應有實作作品的 PBL 學習過程，特別以製作浮沉子為例，讓學生能利用問題導向的小組討論方式學習浮沉子的原理並讓各小組製作出具有特色的浮沉玩偶。

### 2..正式實驗階段：

**【a】自然科學態度問卷前測**：此問卷製作經由信校度檢驗之後即對實驗組及對照組進行前測作為了解學生學習自然科學學科態度的參考

**【b】滑翔機深度三層式測驗與廣度複選式測驗前測**：

1. 因 PBL 學習需要花費很多的時間。為了避免佔用太多上課時間，影響學生上課進度，特別商請學生在寒假時返校四天，進行滑翔機原理之探討【共 16

節】。故 PBL 組前測時間選在寒假前的結業式當天早上進行。

2.深度是測驗學生對於這個科學原理了解的程度如何？而廣度測驗則必須在題目中先介紹原理，再讓其勾選生活中有哪些是屬於相同的科學原理。若是同一個班級一起測深度廣度會有矛盾的現象。為了克服此一問題，又要顧慮能同時測出學生對於滑翔機原理的深度與廣度，於是在前測時採用『先測深度，再測廣度』的方式，而且利用網頁程式控制使之在作答時不可以在回去上一頁更改答案。

### 【c】正式開始進行研究

其步驟為：

1.引起動機：藉由觀看滑翔機模型以及投射簡單之珍珠板滑翔機引起學生動機並且藉此讓其由實際投射當中發現一些觀看錄影帶所無法看出的問題

2.PBL—滑翔機原理探討：在寒假利用四天的時間，讓學生進行小組討論飛行原理，討論後進行各小組上台Powerpoint簡報，然後再進行各小組更深入的探討。直到各小組都能完整的表達飛行原理。在這期間教師扮演的是tutor的角色，只是引導學生往正確的方向進行討論，但並不能給予學生答案。

3.PBL—滑翔機作品設計與工作分配

4.PBL—至國立科學教育館參觀增進學習動機

5.PBL—滑翔機作品實作

6.PBL—滑翔機試射與比賽

7.PBL—滑翔機作品之探討與修正

8.PBL—滑翔機作品第二次比賽

【d】滑翔機深度三層式測驗與廣度複選式測驗後測：

【e】自然科學態度問卷後測

【f】數據分析探討

**(2) SBL 主題導向學習【傳統教學，對照組】**

**【a】自然科學態度問卷前測**：此問卷製作經由信校度檢驗之後即對實驗組及對照組進行前測作為了解學生學習自然科學學科態度的參考

**【b】滑翔機深度三層式測驗與廣度複選式測驗前測**：

傳統教學組因需要的時間較少所以可選在開學後的兩週時間進行實驗，所以選定在開學第一天進行前測

**【c】正式開始進行滑翔機主題式教學**

1.引起動機：藉由觀看滑翔機模型以及投射簡單之珍珠板滑翔機引起學生動機並且藉此讓其由實際投射當中發現一些觀看錄影帶所無法看出的問題

2.SBL—滑翔機原理講解：利用兩節課的時間，講解滑翔機的外觀結構飛行原理以及生活中原理的應用。

3.SBL—滑翔機作品設計與工作分配

4.SBL—滑翔機作品實作

5.SBL—滑翔機試射與比賽

6.SBL—滑翔機作品之探討與修正

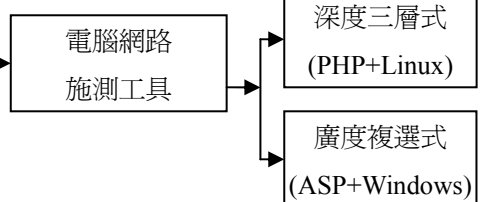
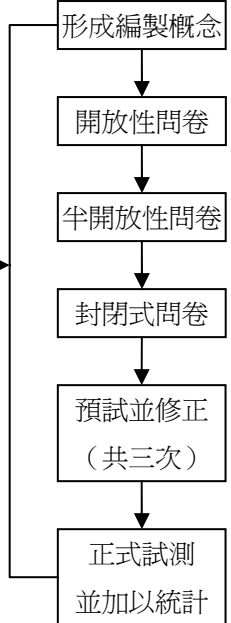
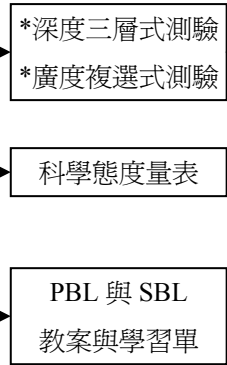
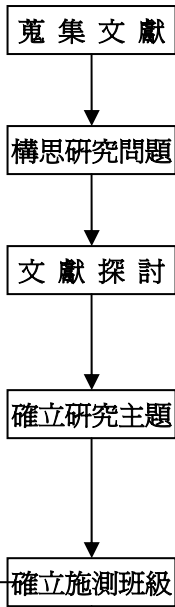
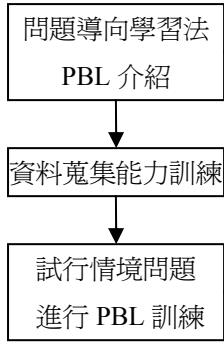
**【d】滑翔機深度三層式測驗與廣度複選式測驗後測**：

**【e】自然科學態度問卷後測**

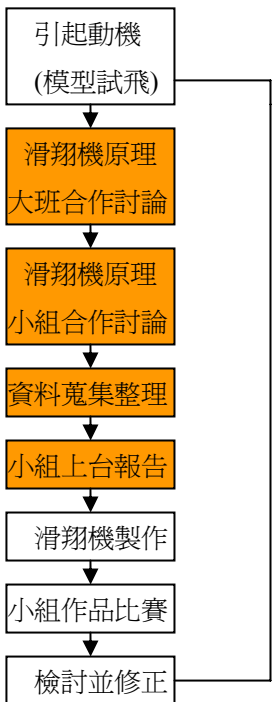
**【f】數據分析探討**

圖 3-20 實 驗 流 程 圖

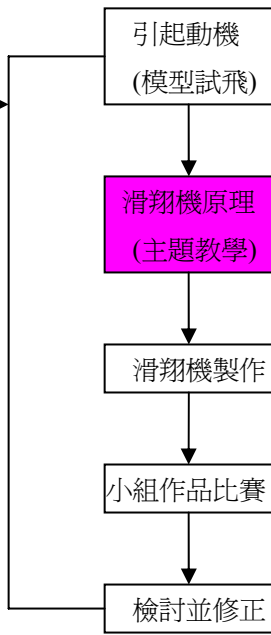
**實驗組進行 PBL 訓練**  
【每週兩節，共八週】



**製作滑翔機**



**製作滑翔機**



### 3.4 資料處理

#### 3.4.1 評量工具的信校度檢驗

##### (一) 評量工具的校度 (validity)

效度是指一個測驗能夠測量到它所想要測量的特質的程度。從教育決定的觀點來看，效度就是指一個測驗能夠提供適切的資料以做決定的程度。更具體言之，就是指測驗能夠達到某種目的的程度。(郭生玉，1993)：

內容效度：內容效度是指測驗內容的代表性或取樣的適切性(adequacy)。測驗的題目涵蓋了教學所育達成的目標，即教材的重要內容，我們說該測驗有內容效度。專家效度即是屬於內容效度。(郭生玉，1993)

本實驗的深度三層式問卷及廣度複選式問卷，經過 200 位學生的試測以及兩位科學教育專家教授及兩位任職國中自然與生活科技多年的資深教師不斷的給予修正指教。故應具有一定的專家效度。

#### A. 【深度試測結果----二年級 4 個班共 149 人】

表 3-17 深度試測結果 (第一題)

第一層	第二層	第三層
A. (185 人) 82%	A. (128 人) 69%	A. 【6 人】 5%
		B. 【93 人】 73%
		C. 【29 人】 23%
	B. 【40 人】 21%	A. 【5 人】 13%
		B. 【22 人】 56%
		C. 【13 人】 33%
C. 【17 人】 10%	A. 【4 人】 24%	
	B. 【3 人】 18%	
	C. 【10 人】 59%	
B. 【41 人】 18%	A. 【18 人】	A. 【3 人】 17%



		B. 【4 人】 23%
		C. 【11 人】 62%
	B. 【3 人】	A. 【1 人】 33%
		B. 【1 人】 33%
		C. 【1 人】 33%
	C. 【20 人】	A. (1 人) 5%
		B. (8 人) 40%
		C. (11 人) 56%

### B. 【廣度試測結果-----二年級 4 個班共 149 人】

修正原則：每個答案的人數比例不得太高 (>90%)，亦不得太低 (<10%)

表 3-18 廣度試測結果

#### 第一題

子題號	人數百分比	答此題人數
1	19%	29
2	87%	129
3	66%	99
*4	83%	124
*5	42%	62
6	36%	54
*7	63%	94
*8	60%	90
9	57%	85
10	31%	46
*11	52%	77
*12	90%	134

第二題：

子題號	人數百分比	答此題人數
1	19%	29
2	87%	129
*3	66%	99
*4	83%	124
5	42%	62
6	36%	54
*7	63%	94
*8	60%	90
9	57%	85
10	31%	46
*11	52%	77
*12	90%	134



第三題：

子題號	人數百分比	答此題人數
1	49%	29
*2	52%	77
*3	66%	98
4	68%	102
*5	30%	45
6	49%	73
*7	48%	71
*8	70%	104
9	38%	56
*10	47%	70
11	43%	64
12	48%	71

第四題：

子題號	人數百分比	答此題人數
*1	71%	106
2	52%	77
3	38%	57
4	48%	72
5	51%	76
*6	70%	105
*7	75%	112
8	47%	70
*9	71%	106
*10	58%	87
11	46%	68
*12	70%	105

## (二) 評量工具的信度 (reliability)

本評量工具之信度考驗方法採用重測信度。

重測信度 (test-retest reliability) 係指以同一種測量工具對同一群受試者前後測驗兩次，並以受試者在兩次測驗的分數之相關係數作為再測信度的指標。一般而言，相隔時間越長，穩定係數越低。最適宜的相隔時間隨測驗的目的和性質而異，少則兩週多則六個月甚至一二年 (邱皓政，民 92)。

### 【A】三層式深度診斷測驗

本深度測驗以 37 名台北縣某大型國中二年級學生對象進行網路施測，研究者在第一次施測完成後兩週 (14 日)，以相同的試題進行第二次施測，根據兩次施測結果進行相關分析，以 Pearson 相關係數來檢驗學生對試題性整體之回答是否達到顯著水準，結果如表，顯示 Pearson 相關係數值為.718，在顯著水準採 0.01 的雙尾檢定條件下，兩次施測於學生的回答反應呈顯著相關 (0.70—0.99 高度相關)。

表 3-19 深度診斷測驗重測信度描述性統計量

		相關	
		整體前	整體後
整體前	Pearson 相關	1.000	.718**
	顯著性(雙尾)	.	.000
	叉積平方和	80.270	70.432
	共變異數	2.230	1.956
	個數	37	37
整體後	Pearson 相關	.718**	1.000
	顯著性(雙尾)	.000	.
	叉積平方和	70.432	119.892
	共變異數	1.956	3.330
	個數	37	37

\*\*：在顯著水準為0.01時(雙尾)，相關顯著。

### 【B】複選式廣度診斷測驗

本廣度測驗評量工具之信度考驗方法採用重測信度。本測驗以 37 名台北縣某大型國中二年級學生對象進行網路施測，深度與廣度信度檢驗的施測採不同的班級，研究者在在第一次施測完成後兩週(14日)，以相同的試題進行第二次施測，根據兩次施測結果進行相關分析，以Pearson相關係數來檢驗學童對試題性整體之回答是否達到顯著水準，結果如表 3-4-2，顯示Pearson相關係數值為.729，在顯著水準採 0.01 的雙尾檢定條件下，兩次施測於學生的回答反應呈顯著相關。

表 3-20 廣度診斷測驗重測信度描述性統計量

		相關	
		VAR00002	VAR00003
VAR00002	Pearson 相關	1.000	.729**
	顯著性(雙尾)	.	.000
	叉積平方和	383.871	263.258
	共變異數	12.796	8.775
	個數	31	31
VAR00003	Pearson 相關	.729**	1.000
	顯著性(雙尾)	.000	.
	叉積平方和	263.258	339.484
	共變異數	8.775	11.316
	個數	31	31

\*\*：在顯著水準為0.01時(雙尾)，相關顯著。

### 【C】態度量表

自然科學態度量表所採的信度指標乃為「內部一致性信度」。庫李信度與  $\alpha$  係數是一種直接分析題目的一致性或相關程度的信度指標。

表 3-21 自然科學量表 Cronbach' s  $\alpha$  信度指標描述性統計量

Source of Variation	Sum of Sq.	Sum of Sq.	Mean square	F	Prob.
Between People	2721.8840	230	11.8343		
Within People	10093.2000	9009	1.1203		
Between Measures	1336.2268	39	34.2622	35.0957	.0000
Residual	8756.9732	8970	.9763		
Total	12815.0840	9239	1.3871		

Grand Mean 3.3433

N of Cases = 231.0

Alpha = .9175



N of Items = 40

本自然科學態度量表乃由兩個學校共 231 名國二學生進行預測，經 spss 信度分析得其 Alpha 值為 0.9175，屬於高信度係數。

### 3.4.2.前後測之數據分析

本研究主要目的在於了解『主題導向學習法 SBL』與『問題導向學習法 PBL』等兩種學習法對學生在製作滑翔機時所牽涉的相關飛行物理概念上，對學習科學的深度與廣度上是否會造成差異？

#### 一、自然科學態度量表

- (1) 前測同質性分析：採獨立樣本 t 檢定
- (2) 前後測分析：採成對樣本 t 檢定以檢視實驗組與對照組的前後測的差異情形。

- (3) 後測分析：採共變數分析，以兩組之前測成績為共變項，後測成績為依變項。

## 二、深度三層式診斷測驗

- (1) 前測同質性分析：採獨立樣本 t 檢定
- (2) 前後測分析：採成對樣本 t 檢定以檢視實驗組與對照組的前後測的差異情形，並分層檢視。
- (3) 後測分析：採共變數分析，以兩組之前測成績為共變項，後測成績為依變項，並分層檢視。

## 三、廣度複選式測驗

- (1) 前測同質性分析：採獨立樣本 t 檢定
- (2) 前後測分析：採成對樣本 t 檢定以檢視實驗組與對照組的前後測的差異情形。
- (3) 後測分析：採共變數分析，以兩組之前測成績為共變項，後測成績為依變項。



## 第四章 資料分析與結果

### 4.1 滑翔機深度與廣度診斷測驗試卷編修

#### 4.1.1 深度三層式診斷測驗編修

為使測驗試題能確實診斷學生的另有概念，因此在發展問卷時先以兩個班進行開放性問卷，兩個班進行半開放性問卷，兩個班進行第三層半開放式問卷，然後再以兩個班進行封閉式問卷。修正成線上測驗後以兩個班進行試測，以作為修正試題的參考。在修正時的原則是以

第一層是基本題，故以不超過 80% 為原則

第二層是中難度題，以不超過 50% 為原則

第三層是高難度題，亦以不超過 50% 為原則

最後以同為二年級的六個班（共 226 人）進行預測

#### 4.1.2 廣度複選式測驗編修

為使測驗試題能確實診斷學生的另有概念，因此在發展廣度測驗問卷時先以兩個班進行開放性問卷，兩個班進行半開放性問卷，兩個班進行封閉式問卷。修正成線上測驗後以兩個班進行試測，以作為修正試題的參考。由於廣度測驗是以複選題形式，每一題有十二個選項，這十二個選項中有六個正確答案，因為每個學生或多或少都能掌握幾個正確答案，因此每個選項的答題率以介於 10% 至 90% 之間為原則。並且以在 50% 上下為最佳。經修正後

以四個班（共 149 人）預測結果如下：

表 4-1 廣度複選式測驗預測結果

※打『\*』者為答案

第一題			第二題		
選 項	答題人數	百分 比	選 項	答題人 數	百分 比
1	92	62%	1	29	19%
2	84	56%	2	129	87%
3	79	53%	3*	99	66%
4*	59	40%	4*	124	83%
5*	74	50%	5	62	42%
6	102	68%	6	54	36%
7*	58	39%	7*	94	63%
8*	62	42%	8*	90	60%
9	71	48%	9	85	57%
10	76	51%	10	46	31%
11*	74	50%	11*	74	52%
12*	80	54%	12*	134	90%

第三題			第四題		
選 項	答題人數	百分 比	選 項	答題人 數	百分 比
1	73	49%	1*	106	71%
2*	77	52%	2	77	52%
3*	98	66%	3	57	38%
4	102	68%	4	72	48%
5*	45	30%	5	76	51%
6	73	49%	6*	105	70%
7*	71	48%	7*	112	75%
8*	104	70%	8	70	47%
9	56	38%	9*	106	71%
10*	70	47%	10*	87	58%
11	64	43%	11	68	46%
12	71	48%	12*	105	70%



## 4.2 不同的學習方式在『滑翔機製作』的學習歷程分析：

### 4.2.1 PBL 問題導向學習組學習歷程

由於 PBL 問題導向學習的學習方式是採由小組合作討論去探討研究問題，而每小組並有一個 tutor 來引導學生討論。但由於現實教學環境因素，無法為每一小組找一個 tutor，因此在與陽明醫學院凌醫師討論 PBL 的實施方式後，研究者決定先以大班討論的方式先引導學生整體架構，在讓各小組依據主結構繼續深入討論，老師並開始引導各小組討論。今將實驗組 (PBL) 的歷程節錄如下：

(1) 滑翔機模型試飛

(2) 大班討論建立基本架構表



表 4-2 主題：滑翔機---大班討論 討論內容整合單—for PBL

點子	我們已知道的 (事實)	我們想要知道的(學習論題)	如何去蒐集資訊 (行動計畫)
把飛機翻過來投射	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主機翼上翹</li> <li>2. 翻過來投射會往後飛</li> <li>3. 兩邊裝螺旋槳會飛比較久</li> <li>4. 螺旋槳裝後面會飛比較快</li> <li>5. 主機翼減短會飛比較久</li> <li>6. 主機翼跟飛機瓶行會飛比較久</li> <li>7. 流線型會飛的更快</li> <li>8. 有降落後的輪胎</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主機翼的用途是什麼?</li> <li>2. 用力丟對飛行有沒有改變?</li> <li>3. 用力丟到底是增加阻力還是減少阻力?</li> <li>4. 滑翔機再飛的時候是靠什麼平衡?</li> <li>5. 螺旋槳有什麼用途?</li> <li>6. 尾翼上面有一個可以搖擺的東</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 去圖書館查詢資料</li> <li>2. 藉由電腦網路工具查詢資料</li> <li>3. 去問其他師長或有讀過相關航空原理的學長姐</li> </ol>

	<p>9. 尾翼平衡用</p> <p>10. 主機翼的形狀上曲下平</p> <p>11. 尾翼有兩種</p> <p>12. 用力丟容易墜機</p> <p>13. 大力丟會往下</p> <p>14. 把飛機垂直往上丟會垂直掉下來</p> <p>15. 小飛機飛型主機翼會晃動</p> <p>16. 機翼的弧度是順應空氣的流動</p>	<p>西有什麼用</p> <p>7. 飛機主體為什麼前面比較多?</p> <p>8. 順風還是逆風哪一個才會飛比較高遠?</p> <p>9. 助跑對飛行有何影響?</p> <p>10. 飛機的重量有何影響?</p> <p>11. 飛機裡面中空是否比較好飛?</p> <p>12. 材質對飛行是否比較好飛?</p> <p>13. 為什麼要在跑道跑一下才會上去?</p> <p>14. 為什麼主機翼前端有點弧度</p> <p>15. 如何減少空氣阻力?</p> <p>16. 手抓的位置與飛行有何影響</p> <p>17. 丟出去的角度對飛行有何影響?</p>	
--	---	--	--

(3)PBL「滑翔機原理探討」小組建立討論整合架構表 (節錄第四組)

表 4-3 主題：PBL「滑翔機原理探討」小組建立討論整合架構表

點子	我們已知道的 (事實)	我們想要知道的(學習論題)	如何去蒐集資訊(行動計畫)
----	-------------	---------------	---------------

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可利用竹蜻蜓來做為動力</li> <li>2. 把螺旋槳分別裝在主機翼上可飛的更遠</li> <li>3. 可利用風力增加飛機的動力</li> <li>4. 可利用沖天砲作為飛機的動力</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 機身與機尾都採用使飛機減輕重量的材料</li> <li>2. 機體要很穩固，即使是在強風時亦可支撐機翼使飛機保持平衡</li> <li>3. 垂直尾翼控制飛機的行進方向使飛機不致於左右偏歪</li> <li>4. 飛機是利用阻力來簡述</li> <li>5. 助跑可增加動力</li> <li>6. 竹蜻蜓也有類似的螺旋槳構造</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 飛機如何轉彎</li> <li>2. 主機翼若沒有弧度會怎樣</li> <li>3. 飛機怎麼煞車</li> <li>4. 把螺旋槳加大是否會影響速度</li> <li>5. 流線型速度是否較快</li> <li>6. 飛機的重量是否會影響飛行的穩定度？</li> <li>7. 飛機的重心應如何調整才會飛的最穩</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 問懂航空原理的學長姐</li> <li>2. 利用網路查詢資料</li> <li>3. 去圖書館查資料</li> <li>4. 查百科全書</li> </ol>
---	--	---	--

#### (4)PBL「滑翔機實際作品製作」製作過程討論過程紀錄（第四組）

小文:我想我們這次要製作的材料大概就以寶特瓶為機身，珍珠板來做主機翼及尾翼吧！

Rock:寶特瓶，太輕了啦。當機身，會飛不起來。

小豪:可是，除了寶特瓶以外還有什麼材料可用的呢？

Rock:我覺得用棍子當機身好了

婆婆:棍子??

Rock:就是作燈籠用的那種棍子呀(其實他講錯了)

小廷:用燈籠做的棍子那不就是竹籐口 那麼輕怎麼飛

Rock:不是拉，是厚厚的那一種。

小文:厚厚的那一種??哪一種呀?厚厚的那一種怎麼可能拿來作燈籠

Rock:反正婆婆你去找就對拉

小君:那機頭呢?

Rock, 左凱文:就用保利能好了

張佩玲: 保利能?會不會太輕了ㄉ

左凱文:不會太輕，反正是實驗，太輕再用別的，慢慢來。

婆婆:那要買多大塊?

Rock:有多大買多大。

婆婆:大家總要先規劃要多大的飛機比例及大概的樣子才行啊!

小豪: 嗯，還是婆婆有頭腦。那現在就開始規劃了。我們就把辛苦討論的滑翔機知識好好應用於製作這隻舉世無敵的超級滑翔機了

(.....)

陳冠廷:那工具誰要帶?

小君:我負責剪刀、美工刀、保利龍膠

小廷:我負責水彩、噴漆、黏土(調整重心)

小豪:那我要做什麼呢?我負責指揮你們好了

婆婆:你去撞牆好了。

(.....)

### 【第二天】

Rock:來看看材料ㄉ 啊 婆婆妳帶錯ㄉ 棍子是要粗ㄉ 不是要竹藤

婆婆:不是這種ㄇ?

Rock:是那種厚厚的棍子

剛好某一組有帶 就借來給婆婆看

小豪:那沒辦法ㄉ 只好有什麼材料先做，那麼機頭給誰割

在這時候 Rock 舉手說她要割

就只好 小廷 小文 小豪 先做尾翼 主機翼

婆婆:小傑，妳在割什麼呀?好像被狗啃的呀

Rock:誰叫這美工刀 不利 要不然我就可以割很好

小豪:這機首前緣的形狀不夠圓滑，需要符合流線型的曲線，才能減低空氣阻力。

小傑：嗯，我馬上修正。

(……………)

結果 那個買錯的竹籐只好送人了 小玲 小均 把桌面打掃乾淨

第三天

婆婆：這個是吧！

Rock：沒錯 沒錯，就是這種棍子

突然 小玲 手持一個超帥 比 Rock 割的還要完美的機頭

大家無不驚奇稱讚她

小豪：不過外形雖美，也得要實用才行。

左凱文：那就開始用棍子來製作機身。

小文 開始把棍子修短，約 60cm 左右

婆婆：再來主機翼應該放在什麼位置，飛機的重心是很重要的，重心太前，一飛就掉下去了。重心太後，則會飛不上去。

小廷：這樣子最好先裝尾翼，再視位置裝主機翼。

因為 主機翼跟尾翼都在昨天都用好ㄉ 棍子也用好ㄉ

開始黏(寶麗溶膠)等等等 尾翼跟主機翼都黏好以後

開始出去試飛

(結果一投出去馬上就掉下來)

小均：天啊，怎麼會如此

小豪：會不會是我們的水平尾翼太小了，我看別組都做的蠻大的，而且飛的很好。

我們的比例有點不對。

小文：而且你們有沒有發現我們飛的不夠遠。

小豪：跟投射角度與風向應有關係，我剛剛投射了好幾遍。

小均：好，現在馬上進行修正。

(……………)

第四天：

婆婆：把水平尾翼加大就比較平穩一點了，不過怎麼不像第六組可以飛的那麼平穩。

小豪：我們不是有黏土嗎？可以試著用它來調整重心。

小均：那重心應該在哪裡？才能讓飛機飛的更平穩

小廷：根據所查的資料，應該是在主機翼前方 1/3 處。

小豪：一定要 1/3 處嗎？別的地方不行嗎？

婆婆：試試看就知道了。

(小豪開始修正重心在 1/3 處)

小文：飛起來好像更平穩了。不過我覺得好像在飛行時會偏向左邊。

小廷：應該是和垂直尾翼有關。垂直尾翼可提供飛機在飛行時不致因擾動而向左向右偏。

小廷：那就開始修正，不過時間已到，明天再來修。

第五次：

(眾人開始修正垂直尾翼)



小豪：看起來經修正垂直尾翼之後，感覺就不會偏飛一邊了

小文：另外你們有沒有發現我們剛剛投射的角度不同，飛行效果不同。

小豪：這是一個值得突破的重點。我們要好好研究。

(開始試飛不同的角度。結果 以 45 度試飛 飛出去 會跑回來，

以 180 度飛出去 ，平穩又遠)

小廷：你有沒有發現第二組雖然大而重，可是飛的很平穩啊，你們有沒有覺得我們的作品好像太輕了，經不起大風大浪。

婆婆：我們拿去操場試飛一下，之前都在教室外沒什麼風。

Rock：看到筷子 靈光一閃

Rock:小廷 你去削筷子 把筷子 削勿 可以插入滑翔機的機身 空隙

小廷： 削呀 削呀

(把筷子插進去 結果去試飛 很穩又遠 重量也夠)

小豪：真是一個完美的作品，不過要好好美化一下了。  
 (開始佈置滑翔機。婆婆用星星珠珠點綴飛機的美觀  
 小文和那些女生用噴漆噴機頭  
 rock:不過我覺得還可以再加重一點，讓滑翔機更穩一點  
 有得讓我們傷透腦筋怎樣才可以讓滑翔機再度加重呢？  
 小文：靈機一想看到剩下的棍子量好插上去  
 (再去試飛一次飛的比之前完美)

### 4.2.3 「滑翔機」SBL 傳統主題教學學習歷程

傳統主題教學組所採行的方式則是以先讓同學試射玩具滑翔機及遙控滑翔機模型，再進行滑翔機原理教學，以電腦簡報向同學解釋滑翔機的起源、構造、原理。之後仍然分成六個小組，每組完成一件滑翔機成品。在製作過程中，老師會引導學生克服作品的修正給予適當的協助。

### 4.2.4 「滑翔機製作過程」比賽評分項目表

一、學生互評項目：

- a. 滑翔機實際作品評分表【團隊精神】
- b. 滑翔機實際作品評分表【造型美觀】
- c. 滑翔機實際作品評分表【作品創意】

二、實際飛行成績比較：

(1) 飛行距離遠近：

	第一名	第二名	第三名	第四名	第五名	第六名
PBL	第 6 組	第 3 組	第 2 組	第 5 組	第 4 組	第 1 組
SBL	第 2 組	第 4 組	第 5 組	第 1 組	第 2 組	第 3 組

(2) 飛行是否平穩：

	第一名	第二名	第三名	第四名	第五名	第六名
PBL	第 6 組	第 3 組	第 4 組	第 5 組	第 1 組	第 2 組
SBL	第 2 組	第 4 組	第 5 組	第 1 組	第 3 組	第 2 組

### 4.3 自然科學態度量表前後測分析

#### 4.3.1 自然科學態度量表前測分析

為了解實驗組與對照組在自然科學態度測驗在前測時是否有顯著差異，故對此兩組進行前測獨立樣本 t 檢定：

##### (1) 以前測總分進行分析

表 4-4 自然科學態度測驗前測總分獨立樣本 t 檢定描述性統計量

	平均數	標準差	最小值	最大值
實驗組	145.1765	18.1249	106	180
控制組	138.2793	18.1580	101	183

表 4-5 自然科學態度測驗前測總分獨立樣本 t 檢定-檢定值

Levene 檢定		平均數相等的 T 檢定			
F 值	顯著性	T 值	自由度	平均差異	顯著性
0.059	0.809	1.596	69	6.8792	0.115

上表左方為 spss 所輸出的變異性同質性檢定。各組的變異數經由 Levene 法的 F 考驗結果， $F=0.059$  ( $P=0.089$ )，未達 0.05 的顯著性水準，表示兩組樣本的變異數差異未達顯著差異，即兩組樣本具有同質性。

上表右方為獨立樣本 T 考驗結果。結果顯示 T 值為 1.596 ( $P=0.115>0.05$ )，顯示兩組學生在「自然科學態度量表前測總分」上的平均數差異，未達顯著水準，表示學生的自然科學態度量表前測成績不會因教學法不同而有所差異。



## (2) 以四個向度逐項分析

由於在自然科學態度量表的 40 題中共分為四個向度(每個向度 10 題)，為了更進一步探討實驗組與對照組在各向度在前測時是否有顯著差異，故針對四個向度再進行獨立樣本 T 檢定。

S1：對自然科學的態度

S2：對學習自然科學的態度

S3：對參與自然科學探討活動的態度

S4：對科學家及科學相關生涯的態度

表 4-6 自然科學態度測驗前測各向度獨立樣本 t 檢定描述性統計量

	組別	平均數	標準差	平均數標準誤
S1	實驗組	36.6765	4.8862	0.8345
	對照組	34.2162	5.3755	0.8837
S2	實驗組	34.4118	5.9702	1.0239
	對照組	31.2973	6.9036	1.1349
S3	實驗組	37.8235	5.0361	0.8637
	對照組	31.2973	6.9036	1.1349
S4	實驗組	36.2647	5.2125	0.8939
	對照組	34.9189	5.4943	0.9033

表 4-7 自然科學態度測驗前測各向度獨立樣本 t 檢定--檢定值

	Levene 檢定		平均數相等的 T 檢定			
	F 值	顯著性	T 值	自由度	平均差異	顯著性
S1	1.433	0.235	2.015	69	2.4603	0.048*
S2	1.297	0.259	1.596	69	6.8792	0.115
S3	1.277	0.272	-0.031	69	1.3228	0.975
S4	0.489	0.487	1.057	69	1.2737	0.294

## 1. 變異性同質性檢定：

上表左方為 spss 所輸出的變異性同質性檢定。各向度的變異數經由 Levene 法的 F 考驗結果以檢驗是否符合變異數同質性假設：

向度 S1 的  $F=1.433$  ( $P=0.235$ )，未達 0.05 的顯著性水準，表示兩組樣本的變異數差異未達顯著差異，即兩組樣本在向度 S1（表示對科學的態度）具有同質性（相似的離散狀況）。

向度 S2 的  $F=1.277$  ( $P=0.272$ )，未達 0.05 的顯著性水準，表示兩組樣本的變異數差異未達顯著差異，即兩組樣本在向度 S2（表示對學習科學的態度）具有同質性（相似的離散狀況）。

向度 S3 的  $F=1.297$  ( $P=0.259$ )，未達 0.05 的顯著性水準，表示兩組樣本的變異數差異未達顯著差異，即兩組樣本在向度 S3（對參與科學探討活動的態度）具有同質性（相似的離散狀況）。

向度 S4 的  $F=0.489$  ( $P=0.487$ )，未達 0.05 的顯著性水準，表示兩組樣本的變異數差異未達顯著差異，即兩組樣本在向度 S4（對科學家及科學相關生涯的態度）具有同質性（相似的離散狀況）。

## 2. 平均數 T 考驗

上表右方為獨立樣本 T 考驗結果。結果顯示：

S1 獨立樣本 T 考驗結果。結果顯示 T 值為 2.015 ( $P=0.048 < 0.05$ )，顯示兩組學生在「對科學的態度」上的平均數差異，達顯著水準，表示實驗組與對照組在向度（對自然科學的態度）前測成績有顯著差異。

S2 獨立樣本 T 考驗結果。結果顯示 T 值為 1.596 ( $P=0.115>0.05$ )，顯示兩組學生在「對自然科學的學習態度」上的平均數差異，未達顯著水準，表示實驗組與對照組在向度（對自然科學的學習態度）前測成績不因樣本不同而有顯著差異。

S3 獨立樣本 T 考驗結果。結果顯示 T 值為-0.031 ( $P=0.975>0.05$ )，顯示兩組學生在「對參與科學探討活動的態度」上的平均數差異，未達顯著水準，表示實驗組與對照組在向度（對參與科學探討活動的態度）前測成績不因樣本不同而有顯著差異。

S4 獨立樣本 T 考驗結果。結果顯示 T 值為 1.057 ( $P=0.294>0.05$ )，顯示兩組學生在「對科學家及科學相關生涯的態度」上的平均數差異，未達顯著水準，表示實驗組與對照組在向度（對科學家及科學相關生涯的態度）前測成績不因樣本不同而有顯著差異。

3. 綜合 1.2 的分析可得到：對照組與實驗組在前測時的自然科學態度總分並無顯著差異。而且從四個向度分析亦無顯著差異，所以可知道對照組與實驗組在自然科學學習態度上具有同質性。

#### 4.3.2 自然科學態度量表前測—後測分析

##### (1)t 檢定

為了解實驗組與對照組在經過滑翔機製作教學方法之後，在自然科學態度量表的前後測驗是否會有差異，故對前後測驗的總分成績及四個向度總分進行成對樣本 T 檢定：

表 4-8 自然科學態度測驗前後測總分成對樣本 t 檢定描述性統計量統計量

		平均數	標準差	平均數的標準誤	平均數差
PBL	前測	145.1765	18.1249	3.1084	-1.559
	後測	143.6176	15.9640	2.7378	
SBL	前測	133.0000	28.1222	4.6870	5.750
	後測	138.7500	19.7591	3.2932	

表 4-9 自然科學態度測驗前後測總分成對樣本 t 檢定—檢定值

	平均數	標準差	平均數的標準誤	t	p
PBL	1.5588	15.9966	2.7434	-0.568	0.574
SBL	5.7500	26.9278	4.4880	1.281	0.209

上表為 SPSS 之自然科學態度量表成對樣本 T 檢定結果。由描述性統計量可知 PBL 組前測平均數為 145.1765，後測平均數為 143.6176；SBL 組前測平均數為 133.0000，後測平均數為 138.7500。

經由 T 考驗結果可發現：SBL 組的 T 值為 1.281 ( $P=0.209>0.05$ )，未達顯著差異，亦即在經過傳統主題導向學習法之後，對照組的自然科學態度並沒有顯著差異。而 PBL 組的 T 值為 -0.568 ( $P=0.574>0.05$ )，未達顯著差異，亦即在經過問題導向學習法之後，實驗組的自然科學態度並沒有顯著差異。再由前後測的平均數差異來分析，對照組的後測比前測進步了 5.750，而實驗組反而退步了 1.559 分。這與研究者的假設結果「PBL 組的自然科學態度量表總分成績的進步會優於 SBL 組」有所不同，亦即研究者的假設結果不成立。

根據筆者訪談四位學生，應有下列幾點原因：

1. 研究者平時的教學態度較為嚴謹。所以學生在學習之中比較沒有辦法完全放的開。

2. PBL 組為研究者的導師班學生，開學之初，常因管教的問題而會對學生有所教導。學生比較無法適應不同的教學態度。

3. PBL 學習方式需要比平常的教學方法更花費時間。一般學生雖然很喜歡分組討論的方式，但對自己要花很多時間動腦筋會覺得很辛苦。

4. 學生的熱度易減退。對於一件新奇的事情，學生都有相當的熱度去參與。但是一旦久了之後，則容易疲乏。

5. 與功課進度相衝擊。若所教之課程與進度無關，則在開學之後會有部分學生與家長感到疑惑與緊張。

6. 訓練時間仍不夠。對於從小就接受傳統教學的學生，對於新的教學法會感到好奇，但要完全扭轉舊思維則需要花費很長的時間才能習慣。

為求更進一步分析自然科學態度量表的差異情形，故再針對四個向度進行成對樣本 T 檢定：

表 4-10 自然科學態度測驗前後測各向度成對樣本 t 檢定描述性統計量

		平均數	標準差	平均數的標準誤	平均數差
PBL	S1 前測	36.6765	4.8662	0.8345	-0.9103
	S1 後測	35.7647	3.8617	0.6623	
SBL	S1 前測	32.8611	7.7539	1.2923	1.0779
	S1 後測	33.8889	6.3371	1.0562	
PBL	S2 前測	34.4118	5.9702	1.0239	-0.6765
	S2 後測	33.7353	4.2090	0.7218	
SBL	S2 前測	30.2222	8.1315	1.3552	0.5278
	S2 後測	30.7500	6.2536	1.0423	
PBL	S3 前測	37.8235	5.0361	0.8637	0.8530
	S3 後測	38.6765	5.8554	1.0042	
SBL	S3 前測	36.2500	8.8135	1.4689	2.8889
	S3 後測	39.1389	5.9481	0.9914	
PBL	S4 前測	36.2647	5.2125	0.8939	-0.8235
	S4 後測	35.4412	5.0763	0.8706	
SBL	S4 前測	33.6667	7.4450	1.2408	1.3055
	S4 後測	34.9722	6.4120	1.0687	

表 4-11 自然科學態度測驗前後測各向度成對樣本 t 檢定—檢定值

		平均數	標準差	平均數的標準誤	t	p
S1	PBL	-0.9118	4.6147	0.7914	-1.152	0.258
	SBL	1.0278	8.1046	1.3508	0.761	0.452
S2	PBL	-0.6765	4.2620	0.7309	-0.925	0.361
	SBL	0.5278	7.1294	1.1882	0.444	0.660
S3	PBL	0.8529	6.5557	1.1243	0.759	0.453
	SBL	2.8889	9.2080	1.5347	1.182	0.068
S4	PBL	-0.8235	5.0180	0.8606	-0.957	0.346
	SBL	1.3056	8.0492	1.3415	0.973	0.337

上表為 spss 對四個向度的成對樣本 t 檢定。

1. 以向度 s1 而言，PBL 組的 p 值為  $0.258 > 0.05$ ，SBL 組的 P 值為  $0.452 > 0.05$ ，皆未達到顯著差異。代表在經過滑翔機教學之後，PBL 組「對

科學的態度」，沒有顯著差異；SBL 組「對科學的態度」，沒有顯著差異。

2. 以向度 s2 而言，PBL 組的 p 值為  $0.361 > 0.05$ ，SBL 組的 P 值為  $0.660 > 0.05$ ，皆未達到顯著差異。代表在經過滑翔機教學之後，PBL 組「對學習科學的態度」，沒有顯著差異；SBL 組「對學習科學的態度」，沒有顯著差異。

3. 以向度 s3 而言，PBL 組的 p 值為  $0.453 > 0.05$ ，SBL 組的 P 值為  $0.068 > 0.05$ ，皆為未達到顯著差異。代表在經過滑翔機教學之後，PBL 組「對參與科學探討活動的態度」，沒有顯著差異；SBL 組「對參與科學探討活動的態度」，沒有顯著差異。

4. 以向度 s4 而言，PBL 組的 p 值為  $0.346 > 0.05$ ，SBL 組的 P 值為  $0.337 > 0.05$ ，皆未達到顯著差異。代表在經過滑翔機教學之後，PBL 組「對科學家及科學相關生涯的態度」，沒有顯著差異；SBL 組「對科學家及科學相關生涯的態度」，沒有顯著差異。

### 4.3.3 共變數分析

為比較不同的教學法對於自然科學態度量表後測總分有無顯著差異，並消除前測總分的影響，故以「自然科學態度量表前測總分」為共變項，後測為依變項，進行單因子共變數分析：

表 4-12 自然科學態度測驗總分共變數分析

變異來源	離均差平方和 (SS)	自由度 (df)	均方 (MS)	F	顯著性
共變量 (前測)	4651.830	1	4651.830	17.889	0.000
組間	6.632	1	6.632	0.026	0.874
組內(誤差)	17422.949	67	260.044		
全體	22489.086	69			

上表為學習方式在自然科學態度量表後測總分之共變數分析摘要表。結果顯示，共變項(前測)對於依變項(後測)有很高的解釋力( $f=17.889$ ， $p=0.000<0.05$ )。組間效果的檢驗未達顯著水準( $F=4.984$ ， $P=0.874>05$ )，亦即在排除控制變項前測的影響下，控制組與實驗組在後測成績上沒有顯著的差異，亦即不同的教學方法對於自然科學態度後測總分沒有顯著的差異。

在進一步對自然科學態度的四個向度進行共變數分析，以各向度的前測為共變項，後測為依變項，分析如下：



表 4-13 向度 s1 (對自然科學的態度) 共變數分析表

變異來源	離均差平方和(SS)	自由度(df)	均方(MS)	F	顯著性
共變量 (前測)	275.015	1	275.015	11.355	0.001
組間	7.728	1	7.728	0.323	0.572
組內(誤差)	1622.658	67	24.219		
全體	86732.000				

表 4-14 向度 s2 (對學習自然科學的態度) 共變數分析表

變異來源	離均差平方和 (SS)	自由度 (df)	均方 (MS)	F	顯著性
共變量 (前測)	673.031	1	673.031	35.220	0.000
組間	21.094	1	21.094	1.104	0.297
組內(誤差)	1280.336	67	19.109		
全體	2109.200	69			



表 4-15 向度 s3 (對參與科學探討活動的態度) 共變數分析表

變異來源	離均差平方和 (SS)	自由度 (df)	均方 (MS)	F	顯著性
共變量 (前測)	166.664	1	166.664	5.069	0.028
組間	11.142	1	11.142	0.339	0.562
組內(誤差)	2203.883	67	32.882		
全體	2373.486	69			

表 4-16 向度 s4 (對參與科學探討活動的態度) 共變數分析表

變異來源	離均差平方和 (SS)	自由度 (df)	均方 (MS)	F	顯著性
共變量 (前測)	362.255	1	362.655	12.595	0.001
組間	3.544	1	3.544	0.123	0.727
組內(誤差)	1927.099	67	28.763		
全體	89026.000	70			

上表為學習方式在自然科學態度量表四個向度總分之共變數分析摘要表。結果顯示，共變項（前測）對於依變項（後測）有很高的解釋力（ $p < 0.05$ ）。在組間效果方面，四個向度 s1、s2、s3、s4 的 p 值皆大於 0.05，未達顯著水準，亦即在排除控制變項前測的影響下，控制組與實驗組在自然科學態度四個向度後測成績上沒有顯著的差異，亦即不同的教學方法對於自然科學態度後測總分沒有顯著的差異。

#### 4.4 滑翔機深度三層式診斷測驗

##### 4.4.0 三層式診斷測驗的計分方式

由於本研究的深度三層式診斷測驗，每一層都是解釋上一層的理由。因此在此計分方面參考了『Diagnosing students' alternative conceptions in

science through a networked two-tier test system』雙層式診斷測驗（蔡今中, 民 89）以及改良式雙層式診斷測驗（邱漢東、郭裕芳、林國書, 民 92）的計分方式，決定仍採一層一分較為適宜。亦即答對第一層給一分，答對二層給兩分（第一層必答對），答對三層（第一、二層必答對），則得到三分。

#### 4.4.1 深度三層式診斷測驗前測分析

為先了解不同的班級在進行深度診斷測驗在前測時是否有顯著的差異，故對於實驗組與對照組在深度三層式測驗的前測三層總分進行獨立樣本 t 檢定：

表 4-17 深度三層式測驗的前測三層總分獨立樣本 t 檢定描述性統計量

	平均數	標準差	平均數標準誤
實驗組	4.9688	2.0554	0.3634
控制組	4.2500	2.1827	0.3638

表 4-18 深度三層式測驗的前測三層總分獨立樣本 t 檢定--檢定值

Levene 檢定		平均數相等的 T 檢定			
F 值	顯著性	T 值	自由度	平均差異	顯著性
0.033	0.856	1.393	66	0.7188	0.168

上表左方為 spss 所輸出的變異性同質性檢定。各組的變異數經由 Levene 法的 F 考驗結果， $F=0.033$  ( $P=0.856$ )，未達 0.05 的顯著性水準，表示兩組樣本的變異數未達顯著差異，即兩組樣本具有同質性。這與所選取的樣本皆為常態編班（S 形排列）有關。

上表右方為獨立樣本 T 考驗結果。結果顯示 T 值為 1.393 ( $P=0.168>0.05$ )，顯示兩組學生在「深度三層式診斷測驗前測總分」上的

平均數差異，未達顯著差異，表示學生的深度診斷測驗前測成績不會因班級不同而有顯著差異。

#### 4.4.2 深度三層式診斷測驗前後測 T 檢定分析

##### 4.4.2.1 前後測第一層 t 檢定

為了解不同的教學法對於學生在滑翔機原理深度測驗第一層的前後測總分有無影響，故對於實驗組與控制組進行成對樣本 T 檢定，結果分析如下：

表 4-19 深度三層式測驗前後測第一層成對樣本 T 檢定獨立樣本 t 檢定

班級	前測		後測		平均差異	T 值	P 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
PBL	2.5294	0.8611	4.1765	0.7576	1.6471	8.537	0.000**
SBL	2.0833	0.8742	3.6944	0.8559	1.6111	8.043	0.000**

表 4-19 為成對樣本檢定結果。在實驗組與控制組的成對樣本檢定上，控制組前後測作答計分之成對樣本檢定的 t 值為 8.043，顯著性為.000，檢定結果達顯著，表示學生在前測與後測的成績上有顯著的不同，從平均數大小可以看出來，後測平均數(3.6944)較前測平均數(2.0833)為優，顯示控制組學生經過傳統主題導向學習法施教後，在深度測驗第一層的學習成就上有顯著進步。

而實驗組前後測作答計分之成對樣本檢定的 t 值為 8.537，顯著性為.000，檢定結果亦達顯著，表示學生在前測與後測的成績上有顯著的不同，從平均數大小可以看出來，後測平均數(4.1765)較前測平均數(2.5294)為優，顯示實驗組學生在經過問題導向學習法施教後，在學習成就上有顯著

進步。

綜合以上所述：實驗組與對照組的 T 檢定考驗均達顯著差異，顯示不論是實驗組或對照組的前後測成績皆有顯著差異。亦即不論是傳統教學或是問題導向學習均能讓學生的後測總分成績有顯著進步。但在平均數的差異方面，可看出 PBL 班級比 SBL 班級有較大的進步幅度。

#### 4.4.2.2 前後測第二層 t 檢定

為了解不同的教學法對於學生在滑翔機原理深度測驗第二層的前後測總分有無影響，故對於實驗組與控制組進行成對樣本 T 檢定，作答者第二層的分數計算需累計第一層的分數，亦即答對其中一個試題之第二層，得分並非一分，而是兩分。因深度第二層是由第一層延伸而來，難度更高，得分亦須較高，結果分析如下：



表 4-20 深度三層式測驗前後測第二層成對樣本 T 檢定獨立樣本 t 檢定

班級	前測		後測		平均差異	T 值	P 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
PBL	4.0882	1.4641	7.2353	1.8758	3.1471	8.433	0.000**
SBL	3.3333	1.5119	6.2500	1.5561	2.9167	8.217	0.000**

上圖為成對樣本檢定結果。在實驗組與控制組的成對樣本檢定上，控制組前後測作答計分之成對樣本檢定的 t 值為 8.217，顯著性為.000，檢定結果達顯著，表示學生在前測與後測的成績上有顯著的不同，從平均數大小可以看出來，後測平均數(6.2500)較前測平均數(3.3333)為優，顯示控制組學生經過傳統主題導向學習法施教後，在深度測驗第二層的學習成就上有顯著進步。

而實驗組前後測作答計分之成對樣本檢定的  $t$  值為 8.433，顯著性為.000，檢定結果亦達顯著，表示學生在前測與後測的成績上有顯著的不同，從平均數大小可以看出來，後測平均數(7.2353)較前測平均數(4.0882)為優，顯示實驗組學生在經過問題導向學習法施教後，在學習成就上有顯著進步。

綜合以上所述：實驗組與對照組的 T 檢定考驗均達顯著差異，顯示不論是實驗組或對照組的前後測成績皆有顯著差異。亦即不論是傳統教學或是問題導向學習均能讓學生的後測總分成績有顯著進步。但在平均數的差異方面，可看出 PBL 班級比 SBL 班級在深度測驗第二層的得分有較大的進步幅度。

#### 4.4.2.3 前後測第三層 $t$ 檢定

為了解不同的教學法對於學生在滑翔機原理深度測驗第三層的前後測總分有無影響，故對於實驗組與控制組進行成對樣本 T 檢定，結果分析如下：作答者第三層的分數計算需累計第一層與第二層的分數，亦即答對其中一個試題之第三層，得分並非一分，而是三分。因深度第三層是由第一層及第二層延伸而來，難度更高，得分亦須較高。

表 4-21 深度三層式測驗前後測第三層成對樣本 T 檢定獨立樣本  $t$  檢定

班級	前測		後測		平均差異	T 值	P 值
	平均值	標準差	平均值	標準差			
PBL	4.9688	2.0554	9.3750	2.8821	4.4062	8.812	0.000**
SBL	4.2500	2.1817	7.8333	2.2741	3.5833	8.181	0.000**

上圖為成對樣本檢定結果。在實驗組與控制組的成對樣本檢定上，控制組前後測作答計分之成對樣本檢定的  $t$  值為 8.181，顯著性為.000，檢定結

果達顯著，表示學生在前測與後測的成績上有顯著的不同，從平均數大小可以看出來，後測平均數(7.8333)較前測平均數(4.2500)為優，顯示控制組學生經過傳統主題導向學習法施教後，在深度測驗第三層學習成就上有所進步。

而實驗組前後測作答計分之成對樣本檢定的  $t$  值為 8.812，顯著性為.000，檢定結果亦達顯著，表示學生在前測與後測的成績上有顯著的不同，從平均數大小可以看出來，後測平均數(9.3750)較前測平均數(4.9688)為優，顯示實驗組學生在經過問題導向學習法施教後，在學習成就上有所進步。

綜合以上所述：實驗組與對照組的  $T$  檢定考驗均達顯著差異，顯示不論是實驗組或對照組的前後測成績皆有顯著差異。亦即不論是傳統教學或是問題導向學習均能讓學生的後測總分成績有顯著進步。但在平均數的差異方面，可看出 PBL 班級比 SBL 班級有較大的進步幅度。

#### 4.4.3 深度三層式診斷測驗後測共變數分析

##### 4.4.3.1 深度後測第一層得分共變數分析

為比較不同的教學方法對於滑翔機深度診斷測驗深度第一層的影響，故以深度診斷測驗前測第一層分數為控制項（共變項），後測第一層成績為依變項，進行共變數分析，以考驗 PBL 與 SBL 兩種不同學習方式的學生在後測第一層作答計分的差異情形，檢驗在排除前測因素後，實驗組的科學學習深度（後測成績）是否優於控制組，分析結果如表 4-26 學習方式在深度後測第三層之共變數分析摘要表。

表 4-22 學習方式在深度後測第一層之共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和 (SS)	自由度 (df)	均方 (MS)	F	顯著性
共變量 (深度前測)	5.912E-02	1	5.912E-02	0.089	0.766
組間	3.569	1	3.569	5.731	0.024*
組內(誤差)	44.521	67	0.664		
全體	1129.000	70			

以上學習方式在後測第一層總分之共變數分析摘要表。結果顯示，共變項(深度前測)對於依變項(後測)的解釋力不高( $F=0.089, P=0.089>0.05$ )。而組間效果的檢驗達顯著水準( $F=4.984, P<0.05$ )，亦即在排除控制變項前測的影響下，控制組與實驗組在後測第一層成績上有顯著的差異，亦即不同的教學方法對於後測第一層總分有顯著的影響。再進一步以參數估計方式進行事後比較(表 4-27)，結果顯示，實驗組的後測第一層作答計分成績在排除前測的影響下，明顯優於控制組後測成績。亦即在經過問題導向學習法教學後，以作答計分方式檢定，實驗組能明顯有效地提昇學生後測第一層成績，並達顯著水準。

表 4-23 作答計分第一層後測成績的事後比較

(I)組別-(J)組別	平均數差異 (I)-(J)	標準誤	顯著性
控制組-實驗組	-0.467*	0.201	0.024
實驗組-控制組	0.467*	0.201	0.024

#### 4.4.3.2 深度後測第二層得分共變數分析

為比較不同的教學方法對於滑翔機深度診斷測驗深度第二層的影響，故

以深度診斷測驗前測第二層分數為控制項（共變項），後測第二層成績為依變項，進行共變數分析，以考驗PBL與SBL兩種不同學習方式的學生在後測第二層作答計分的差異情形，檢驗在排除前測因素後，實驗組的科學學習深度（後測成績）是否優於控制組，分析結果如表 4-26 學習方式在深度後測第三層之共變數分析摘要表。而作答者第二層的分數計算需累計第一層的分數，亦即答對其中一個試題之第二層，得分並非一分，而是兩分。因深度第二層是由第一層延伸而來，難度更高，得分亦須較高。

表 4-24 學習方式在深度後測第二層之共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和 (SS)	自由度 (df)	均方 (MS)	F	顯著性
共變量（深度前測）	2.220	1	2.220	0.749	0.390
組間	13.099	1	13.099	4.418	0.039
組內(誤差)	198.647	67	2.965		
全體	3387.000	70			

以上學習方式在後測第二層總分之共變數分析摘要表。結果顯示，共變項(深度前測)對於依變項(後測)的解釋力不高( $F=0.749, P=0.390 > 0.05$ )。而組間效果的檢驗達顯著水準 ( $F=4.418, P < 0.05$ )，亦即在排除控制變項前測的影響下，控制組與實驗組在後測第二層成績上有顯著的差異，亦即不同的教學方法對於後測第二層總分有顯著的影響。再進一步以參數估計方式進行事後比較(表 4-27)，結果顯示，實驗組的後測第二層作答計分成績在排除前測的影響下，明顯優於控制組後測成績。亦即在經過問題導向學習法教學後，以作答計分方式檢定，實驗組能明顯有效地提昇學生後測深度第二層成績，並達顯著水準。



表 4-25 作答計分後測第二層成績的事後比較

(I)組別－(J)組別	平均數差異 (I)－(J)	標準誤	顯著性
控制組－實驗組	-0.894*	0.425	0.039
實驗組－控制組	0.894*	0.425	0.039

#### 4.4.3.3 深度後測第三層得分共變數分析

為比較不同的教學方法對於滑翔機深度三層式診斷測驗第三層的影響，故以深度三層式前測成績為控制項（共變項），後測成績為依變項量，進行共變數分析，以考驗 PBL 與 SBL 兩種不同學習方式的學生在後測作答計分的差異情形，檢驗在排除前測因素後，實驗組的科學學習深度（後測成績）是否優於控制組，分析結果如表 4-26。學習方式在深度後測第三層之共變數分析摘要表。而作答者第三層的分數計算需累計第一層與第二層的分數，亦即答對其中一個試題之第三層，得分並非一分，而是三分。因深度第三層是由第一層及第二層延伸而來，難度更高，得分亦須較高。

表 4-26 學習方式在深度後測第三層之共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和 (SS)	自由度 (df)	均方 (MS)	F	顯著性
共變量（深度前測）	9.391	1	9.391	1.422	0.237
組間	32.906	1	32.906	4.984	0.029
組內(誤差)	429.109	65	6.602		
全體	5460.000	68			

學習方式在後測總分之共變數分析摘要表。結果顯示，共變項（深度前測）對於依變項（後測）的解釋力不高。組間效果的檢驗達顯著水準

( $F=4.984, P<.05$ )，亦即在排除控制變項前測的影響下，控制組與實驗組在後測成績上有顯著的差異，亦即不同的教學方法對於後測總分有顯著的影響。再進一步以參數估計方式進行事後比較（表 4-27），結果顯示，實驗組的後測作答計分成績在排除前測的影響下，明顯優於控制組後測成績。亦即在經過問題導向學習法教學後，以作答計分方式檢定，實驗組能明顯有效地提昇學生後測深度第三層成績，並達顯著水準。

表 4-27 作答計分後測第三層成績的事後比較

(I)組別－(J)組別	平均數差異 (I)－(J)	標準誤	顯著性
控制組－實驗組	-1.414*	0.633	0.029
實驗組－控制組	1.414*	0.633	0.029

\*  $P<.05$



#### 4.4.4 以深度各層前後測答對率進行另有概念分析

將作答者的答題歷程比對正確答案可得到下表：

表 4-28 深度三層式測驗各層之答對率統計表

		控制組 (SBL)		實驗組 (PBL)	
題號		前測	後測	前測	後測
第一題	第一層	69.4%	94.4 %	88.2%	97.1%
	第二層	55.6%	75.0 %	73.5%	<b>58.8%</b>
	第三層	<b>50.0%</b>	<b>47.2 %</b>	52.9%	<b>47.1%</b>
第二題	第一層	36.1%	75.0 %	58.8%	82.4%
	第二層	11.1%	47.2 %	20.6%	55.9%
	第三層	8.3%	30.6 %	14.7%	32.4%

第三題	第一層	63.9 %	94.4 %	73.5%	97.1%
	第二層	44.4 %	75.0 %	47.1%	91.2%
	第三層	25.0 %	44.4 %	26.5%	44.1%
第四題	第一層	19.4 %	86.1 %	2.9%	88.2%
	第二層	8.3 %	44.4 %	0%	47.1%
	第三層	5.6 %	33.3 %	0%	41.2%
第五題	第一層	19.4 %	19.4 %	29.4 %	52.9 %
	第二層	5.6 %	13.9 %	14.7 %	52.9 %
	第三層	2.8 %	2.8 %	5.9%	26.5%

#### 【分析】

#### 1. 第一題：你覺得空氣阻力和會不會隨著飛機的速度大小而有所改變？

(1)符合深度越深，答對人數越少。

(2)本題的主要概念在於測驗學生是否能了解到空氣阻力的大小與物體在流體中移動的速率有關。

A. 前測第一層的答對率，無論是實驗組或對照組，皆有 70%以上的答對率。

顯示了大部分的學生都能了解到空氣阻力與物體速率有關。而在經過滑翔機的教學之後，後測成績也都能達到 94%以上，代表不論是PBL教學或SBL教學皆能讓學生有基本的空氣阻力概念。

B. 而在第二層時，SBL組在經過傳統主題教學之後，答對率從 55.6%提升至 75.0%，顯示了SBL的學生在經過教學之後，3/4 的人皆能了解『空氣阻力與速率的關係』，但是PBL組卻反而後測答對率比前測降低

(73.5%-->58.8%)，顯示了學生經由PBL的學習法之後，無法提升對於『空氣阻力與速率的關係』的了解的深度。經由與以下幾題關於滑翔機製作的题目的比對，發現原因極有可能是因為PBL學生原理討論及實作時，對於

滑翔機的結構及外形，及如何飛的穩而遠特別有興趣，而對於飛機的外形較不切身的空氣阻力原理則較沒有興趣，顯現PBL學生對於實作課程較有很大的效果，對於較模糊的力學原理則功效不大。

C. 在第三層的深度中，所探討的是更難的『空氣阻力的成因』，發現兩組的後測答對率都比前測答對率還低一點，都降低大約 3%~5%左右，大約差不多，沒有增加。可見對於本來就答錯的學生，經過滑翔機教學之後，仍然無法增加第三層的深度，由此可探討出力學原理對於國中學生仍有相當的困難點。

D. 經由滑翔機教學之後，在後測的表現方面：SBL的前三層答對率為『為 94.4%--75.5%--47.2%』，PBL組的答對率為『97.1%--58.8%--47.1%』，經比對可發現傳統主題教學比問題導向教學較能提升第二層的深度（在空氣阻力與速率的關係），亦即對於空氣阻力的探討，SBL組優於PBL組。

## 2. 第二題：你認為飛機的主機翼橫切面形狀應是下列何者較能幫助飛行？

### 【分析】

(1)符合深度越深，答對人數越少。

(2)本題的主要概念在於測驗學生是否能了解到主機翼形狀與伯努力原理的關係。

A. 以第一層而言，不論是 SBL 或 PBL 組，皆在經過滑翔機製作教學之後，答題正確率都能有相當程度的進步。顯示在經過滑翔機教學之後，都能對滑翔機主機翼的基本外形能有所了解（基本記憶題型）。

B. PBL 組的答題正確率在此題的前測稍優於 SBL 組，但在經過滑翔機製作教學之後，兩者在後測都有明顯的增加（第一層、第二層、第三層）。

C. 前測時兩組學生在第二層的答題正確率均低於 20%，第三層的答題正確率均低於 15%以上，可見一般國中學生對於伯努力原理中所探討的流速與氣壓的關係無法有正確的概念。經與兩組學生在「引起動機」課程中互動討論，推測

應是由於國小國中的自然教育均沒有談到伯努力原理的概念，最多是製作簡單飛機或紙飛機等美勞製作或是在文具店購買組合型飛機，因此學生對於飛機的外型有概念，而對於飛行原理就沒有深入研究了。

### 3. 第三題：觀察鳥類的飛行，你覺得飛機是否應有尾翼？

#### 【分析】

(1) 符合深度越深，答對人數越少的深度三層式設計。

(2)

A. 兩組學生在第一層中，前測的答題正確率均在 60%以上、後測答對率在 94%以上，可見學生對於飛機是否需要尾翼已能由生活的經驗中找出答案。而且由答題正確率可知無論是 PBL 或是 SBL 教學均能增進學生對於滑翔機外形的基本概念。

B. 由第二層的答題正確率進步幅度觀察：SBL(44.4% → 75.0%)，PBL(47.1% → 91.2%)可發現，對於第二層中「為什麼飛機需要尾翼」的理由，PBL 組的答對率比 SBL 更有大幅度的增加，可見在此題中，PBL 比 SBL 組更能達到深度第二層的程度。

C. 在第三層中所探討的是：「飛機的尾翼為何能使飛機在飛行中能達到穩定平衡的理由？」。SBL 組的進步幅度為 (25.0%→44.4%)、PBL 組的進步幅度為 (26.5%→44.1%)，可看出在此題中深度第三層的理由對於兩種不同的教學法而言，進步差異不大。第三層要測驗的是尾翼的構造使飛機在紊亂的氣流中能產生恢復力矩，而將飛機保持穩定，所以可看出對於力矩，學生仍無法有清晰的概念。

### 4. 第四題：投擲滑翔機時應順風投擲或是逆風投擲，才能飛的高又遠？

#### 【分析】

(1) 符合深度越深，答對人數越少的深度三層式設計。

(2)

A. 這題所要測驗學生的是相對速度概念與伯努力原理的結合，

由兩組的前測三層成績可看出，學生對於相對速度有很大的迷失概念，再與第二題伯努力原理的比較可知，這兩種概念對於學生的確有相當的難度。

B. 第一層所要測驗學生的是「如何借用氣流，讓滑翔機在起飛時飛的高又遠」，在經由教學之後，兩組學生均能達到 86% 以上的答題正確率。

C. 第二層所要測驗的是藉由不同的風向，引出相對速度的概念，在前測時兩組的答對率偏低 (SBL 8.3%，PBL 0%)，在經過教學之後，兩組的答對率均接近 50%，可見這兩種學習法皆能讓學生在相對速度的概念上有大幅度的進步。

D. 第三層所要測驗的是「當相對速度變快時，為何能讓飛機的升力變大？」

SBL 組的答對率進步幅度為 5.6% → 33.3%，PBL 組的答對率進步幅度為

0% → 41.2%。兩組在經由教學之後答對率均有增加而且 PBL 組的進步幅度與答對率均比 SBL 組高，顯然在相對速度與伯努力原理的深層概念上，PBL 組比 SBL 組有較佳的表現。

5. 第五題：飛機的主機翼在設計時會微微向上翹，你覺得原因是下列哪一個？(A) 增強穩定度 (B) 減少摩擦力 (C) 使飛機獲得更大的昇力



【分析】

(1) 符合深度越深，答對人數越少的深度三層式設計。

(2)

A. 第一層所要測驗的是主機翼為何要微微上翹，結果 SBL 組在後測時答題正確率完全沒進步 (19.4% → 19.5%)，而 PBL 組則有進步 (29.4% → 52.9%)，在比較各選項的答題人數後，發現 SBL 組在學習之後有不少學生認為，主機

翼微微上翹是因為要增加升力，而 PBL 組則沒有這項問題。

B. 第二層所要探討的是「主機翼上翹為何能增加飛行時的穩定度？」SBL 組的答題正確率進步幅度為 5.6%→13.9%，PBL 組的答題正確率進步幅度為 14.7%→52.9%，由此可知 PBL 組比 SBL 組更能達到深度第二層。

C. 第三層所要測驗學生的是看學生是否能了解「由於飛機上翹的緣故，能在飛機遭受不穩定氣流時產生恢復力矩」。SBL 組的答題正確率沒有進步 (2.8%→2.8%)，而 PBL 組則有進步 (5.9%→26.5%)，顯然在經由教學之後 PBL 組對於力矩的了解比 SBL 較佳。

#### 4.5 滑翔機廣度複選式診斷測驗

為了了解學生在經過滑翔機製作的教學之後對於科學概念的廣度是否有增加？故研究者發展了廣度複選式測驗題。每一題都是列舉一些生活中常見的物品或概念原理，讓學生去勾選選項中何種選項符合與問題中相同的科學原理。

##### 【廣度測驗計分方式】

臺灣師範大學鄭湧涇教授在『科學學習成就評量』一文中談到：在學習成就評量方面，為了鼓勵學習（評量也是一種學習的機會）。最好還是以不倒扣為宜。甚至在適當的機會還應該鼓勵學生「合理的」猜猜看，因為「合理的猜」（Rational guessing）本身已經包含了推理分析綜合和評量等思考歷程而這些心智運作在科學學習上是有其價值的。

另外，歐滄和在「教育測驗與評量」（民 90）一書中談到：多重正確答案選擇題(multiple-choice multiple-response items)的外形像選擇題，但不同的是每一題有多個正確答案。學生要針對每一選項來判斷對或錯，若是對就寫出其編

號，國內有人稱之為複選題；事實上它是一種叢集式的是非題，但是卻以選擇題的形式來作答。由於他有幾個選項就相當幾個是非題，所以計分上應該以選項為記分單位；凡應選出而未選出，或不應選出而選出者都算錯。

因此筆者在複選題中每一選項使用了是非題作答的概念，亦即在該選項作答前即說明「你認為這個選項對你就打勾，你認為不對就不要打勾」。計分方式採各個選項獨立計分。每一題皆有 12 個選項，6 個答案。在學生作答前皆說明『你覺得是就打勾，不是就不要選』，故採逐細項比對，以下為可能的得分分析：

表 4-29 廣度測驗之計分方式

	答案	學生作答	計分方式
I	√		該選而不選，得 0 分
II		√	不該選而選，得 0 分
III	√	√	該選而選，得 1 分
IV			不該選而不選，得 1 分

#### 4.5.1 滑翔機廣度複選式診斷測驗前測分析

為先了解不同的班級在進行廣度診斷測驗在前測時是否有顯著的差別，故對於實驗組與對照組進行獨立樣本 T 檢定：

表 4-30 廣度測驗前測總分獨立樣本 T 檢定描述性統計量

	平均數	標準差	平均數標準誤
實驗組	21.3235	3.3278	0.5707
控制組	21.2500	3.6125	0.6021

表 4-31 廣度測驗前測總分獨立樣本 T 檢定--檢定值

Levene 檢定		平均數相等的 T 檢定			
F 值	顯著性	T 值	自由度	平均差異	顯著性



0.909	0.344	0.088	68	7.353E-02	0.832
-------	-------	-------	----	-----------	-------

上表左方為 spss 所輸出的變異性同質性檢定。各組的變異數經由 Levene 法的 F 考驗結果， $F=0.909$  ( $P=0.344$ )，未達 0.05 的顯著性水準，表示兩組樣本的變異數差異未達顯著差異，即兩組樣本具有同質性。這與所選取的樣本皆為常態編班 (S 形排列) 有關。

上表右方為獨立樣本 T 考驗結果。結果顯示 T 值為 0.088 ( $P=0.832>0.05$ )，顯示兩組學生在「廣度複選式測驗前測總分」上的平均數差異，未達顯著水準，表示學生的廣度診斷測驗前測成績不會因班級不同而有所差異。

#### 4.5.2 廣度複選式診斷測驗前後測分析---成對樣本 t 檢定

為了解不同的教學法對於學生在滑翔機原理廣度測驗的前後測總分有無影響，故對於各組進行成對樣本 T 檢定，結果分析如下：

表 4-32 廣度測驗前後測成績成對樣本 T 檢定

班級	前測		後測		平均差異	T 值	P 值 (雙尾)
	平均值	標準差	平均值	標準差			
PBL	21.32	3.33	26.18	3.98	4.86	6.994	0.000**
SBL	21.25	3.61	23.42	3.92	2.17	3.122	0.004**

上表 4-32 為成對樣本檢定結果。在實驗組與控制組的成對樣本檢定上，控制組前後測作答計分之成對樣本檢定的 t 檢定值為 3.122，顯著性

為.004，檢定結果達顯著，表示學生在前測與後測的成績上有顯著的差異，從平均數大小可以看出來，後測平均數(23.42)較前測平均數(21.25)為優，顯示控制組學生經過傳統主題導向學習法施教後，在廣度學習成就上有所進步。

而實驗組前後測作答計分之成對樣本檢定的  $t$  值為 6.944，顯著性為.000，檢定結果亦達顯著，表示學生在前測與後測的成績上有顯著的不同，從平均數大小可以看出來，後測平均數(26.18)較前測平均數(21.32)為優，顯示實驗組學生在經過問題導向學習法施教後，在廣度測驗學習成就上有所進步。

由表可知：實驗組與對照組的  $T$  檢定考驗均達顯著差異，顯示不論是實驗組或對照組的前後測成績皆有顯著差異。亦即不論是傳統主題教學法或是問題導向學習法均能讓學生在滑翔機製作的廣度後測總分成績有顯著進步。但在平均數的差異方面，可看出 PBL 班級比 SBL 班級有較大的進步幅度。

#### 4.5.3 廣度複選式診斷測驗後測分析---共變數分析

為比較不同的教學法對於廣度測驗後測的影響，並消除廣度前測成績的影響，所以資料分析以『滑翔機廣度複選式診斷測驗前測總分成績』為共變項，後測成績為依變項，進行單因子共變量分析，以 spss 軟體統計結果如下：

表 4-33 滑翔機廣度複選式測驗單因子共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
共變項(滑翔機前測)	164.988	1	164.988	12.328	0.001**
組間	130.005	1	130.005	9.714	0.003**
組內	896.704	67	13.384		
總和	44099.000	70			

經分析得共變項(廣度前測)達到顯著效果 ( $F=12.328, P=0.001$ )，由此可知，滑翔機廣度前測對於後測有很高的解釋力。另外，組間效果 ( $F=9.714, P=0.003 < 0.05$ ) 亦達顯著差異，可見不同的教學法對於滑翔機廣度後測總分成績有顯著的差異。再進一步用參數估計的方式分析：

表 4-34 滑翔機廣度複選式測驗單因子共變數分析之參數估計比較

(I)組別—(J)組別	平均數差異 (I)–(J)	標準誤	顯著性
控制組—實驗組	-2.685*	0.864	0.003
實驗組—控制組	2.685*	0.864	0.003

\*在水準0.05的平均數差異顯著

由分析可知：實驗組與控制組的差異顯著，且實驗組的後測進步較對照組顯著。可見問題導向教學法在學習科學的廣度上，比傳統主題教學法有更多的進步幅度。

#### 4.5.4 廣度複選式診斷測驗作答情形分析

第一題：白努利原理談到-----流體（氣體或液體）的流速改變時，其壓力也跟著改變，而流體內兩個壓力不同的地方會有流動的現象，試問下列所敘述的事件何者是應用了白努利原理？

選 項	SBL		PBL	
	前 測	後 測	前 測	後 測
1.在一傾斜面上倒一些水，水會從高處往低處流動	76%	57%	71%	30%
2.冷氣機需放在房間的上方，促使空氣對流而逐漸變冷	70%	68%	55%	32%
3.一熟雞蛋放在酒瓶口，並在瓶內燃燒紙張，不久雞蛋自動被吸入瓶內	43%	41%	39%	43%
4.放在冷氣出口處的塑膠繩會被吹起來，呈現水平	35%	62%	55%	73%
5.帆船得以逆風前進	27%	57%	34%	57%
6.海底中一小氣泡在上升途中，所受的水壓越來越小	86%	70%	68%	49%
7.棒球投手投出一記漂亮的變化球	30%	35%	21%	30%
8.有風時，煙囪的排煙效果較好	38%	54%	42%	30%
9.山腳下開車至高山上，發現有耳鳴現象	68%	49%	79%	46%

10.一艘船從淡水開至海水，船的吃水線會低一點(船身會上浮些)	65%	54%	55%	22%
11.一般噴霧器【如殺蟲劑、氣喘藥噴霧器、噴水器】，將內容物噴成霧狀	49%	59%	45%	92%
12.火車進站時，如旅客太靠近月台邊緣，則容易往火車靠近	49%	81%	39%	95%

分析：

1. 在正確選項方面，PBL組與SBL組在正確答案上4、5、11、12都有進步。選項7的答對率進步不大，顯見學生對於變化球中旋轉能造成棒球兩邊氣壓不同仍然概念不深。選項8 SBL組有進步，而PBL組的答對率反而減少。經與一些同學訪談，極有可能作答者只想到煙囪的功能是幫助空氣對流，而誤解了題意。
2. 在錯誤選項方面，PBL組在後測時的答題比率都能降至50%以下，但SBL組雖然也有降低，但答題比率仍然在50%以上。選項3的答題比率低於50%，但是前後測改變不大，PBL甚至答題率增加，此選項的原理為瓶內燃燒紙張造成內外壓力不同，雞蛋會被壓入，推測這些同學只記得飛機的上升是由於上下氣壓不同，但對於上下氣壓的不同是由於流速的不同所造成仍有困難。

**第二題：鳥類在天上飛行常會遇到亂流而晃動，因此如何在晃動中迅速恢復原飛行狀態而達到穩定平衡是要緊的事，因此會有尾巴的構造，下列何者有相同的功能？**

選 項	SBL		PBL	
	前測	後測	前測	後測
1.腳踏車輪胎上方的金屬弧形板	32%	32%	29%	14%
2.竹蜻蜓的兩翼	68%	81%	82%	70%
3.氣象儀器常用測風向的風向標【風雞】，能準確知道風向並屹立不搖	81%	81%	61%	57%
4.火箭後方的對稱片狀構造	84%	84%	82%	86%
5.鳥類翅膀的骨骼的中空結構	59%	65%	50%	49%
6.猿猴的長索狀尾巴構造	38%	43%	21%	24%
7.海豚的背鰭與腹鰭	68%	65%	71%	89%
8.潛水艇上方的片狀構造	70%	76%	50%	70%
9.人造衛星的左右兩塊面板	54%	54%	42%	59%
10.陀螺下方的螺釘	49%	51%	47%	19%
11.風箏後面的所繫上的紙條或彩帶〔飄帶〕	68%	70%	71%	54%
12.飛機加上尾翼	97%	100%	87%	97%

#### 【分析】

1. 在正確的選項中，SBL組的答題率都有增加（顯示答題正確率增加），但在選項7就減少，顯示在經過滑翔機尾翼的教學後，對於魚鰭的功能反而混淆了。而PBL組除了選項11外，其餘之正確選項答對率均增加，而且選項11的答對降

低了17%，推測對於概念不夠清楚的學生對於風箏的彩帶認為功能是裝飾用。

2. 在錯誤的選項之中，SBL組的答題率均增加（答題正確率減少），而PBL組在選項6、9有增加，其餘均減少。尾翼的設計在於提供飛機一個恢復力矩，使飛機在亂流中迅速恢復原狀。而非只是單純的平衡重心功能。選項2中，兩組學生的答錯比例增加，推測可能是學生認為鳥類尾巴的是在平衡飛機的重心。

**第三題：有關螺旋槳飛機的前進原理：，當螺旋槳旋轉時風往後吹，飛機即會往前，【此即為作用力與反作用力定律-----對一物體施力，必會受到來自物體的反作用力】，下列何者也是利用相同的原理？**

選 項	SBL		PBL	
	前 測	後 測	前 測	後 測
1. 高爾夫球在草上滾動最後會越走越慢	62%	49%	53%	19%
2. 手打牆壁，手會感覺痛	65%	76%	42%	95%
3. 用嘴吹氣球後放開，氣球會開始飛來飛去	59%	59%	63%	54%
4. 當公車突然加速時，乘客會往後倒	86%	86%	84%	92%
5. 太空梭在太空中能夠航行	16%	19%	18%	14%
6. 雨傘旋轉時雨滴會沿切線方向甩出	51%	49%	61%	51%
7. 短跑選手腳蹬起跑架，有利起跑	54%	73%	34%	38%
8. 籃球掉到地上又彈起來	78%	76%	68%	81%
9. 紙鈔上放一錢幣，用力把紙一拉，錢幣會與紙張脫離	41%	41%	53%	24%
10. 游泳選手用自由式滑行前進	57%	54%	45%	51%
11. 一根羽毛從高處放下，最後會緩緩下來	57%	46%	37%	16%
12. 有風時，國旗在空中飄揚搖曳	46%	49%	45%	41%

### 【分析】

1. 此題中的12個選項包含了牛頓三大運動定律，藉以測試作答者是否能理解日

常生活中的一些運動現象符合反作用力定律，並且能夠分辨慣性定理與第二運動定理。

2. 在正確的選項中，以選項5的答題率最低（答題正確率最低），太空梭的飛行是靠燃燒燃料，噴發氣體，其反作用力使得太空梭前進，但比較選項3亦是類似的物理現象，其答對率沒有這麼低，顯示學生對於太空梭的推進動力原理仍有困難。

在PBL組方面；除了選項3, 5的答對率略減外，選項2、7、8、10的答對率都有增加。

在sbl組方面：除了選項2、7的答對率有明顯增加外，其餘的選項都沒有明顯增加（<3%）。

3. 在錯誤的選項中，選項4、6、9為第一定律，結果發現sbl組的答題比率沒有明顯變化（<2%），但PBL組除了選項4以外，選項6、9有明顯下降。顯示PBL組經教學之後，對於第一與第三運動定律的分辨比sbl組為佳。

選項1、11、12為第二運動定律，作答者在前後測的答題率都有降低，顯示學生在經過學習之後，對於第二與第三運動定律的分辨較清楚，但是PBL組的分辨能力較sbl組為佳。

**第四題：滑翔機的設計需要克服空氣阻力，下列哪些生活上的例子是減低空氣阻力的設計**

選 項	SBL		PBL	
	前測	後測	前測	後測
1.羽毛球的長寬距離及外形設計	89%	76%	76%	65%
2.降落傘打開，而緩緩下降	70%	65%	55%	49%
3.磁浮列車行進時浮在軌道上	41%	46%	34%	51%
4.貓從三樓掉下來時，在空中會捲曲身體，而安全著陸	51%	65%	50%	35%
5.騎腳踏車在轉彎時，身體要傾斜一邊	49%	54%	42%	35%
6.汽車的前窗大玻璃是傾斜的	86%	86%	82%	95%



7.貨車前端上方加上斜的導板	84%	89%	84%	100%
8.國人自製衛星【華衛一號】的本體採用六角柱體的形狀設計	43%	35%	29%	14%
9.自行車大賽，選手們皆將身體壓低	89%	84%	84%	95%
10.短跑選手穿緊身衣	59%	81%	68%	70%
11.戰鬥機回航空母艦時，後面放出傘來煞車	62%	51%	45%	32%
12.汽車在高速行駛時，盡量不要打開車窗	51%	68%	61%	81%

### 【分析】

#### 1. 在正確選項方面：

選項6、7、9（此三選項是減低空氣阻力最明顯的例子）在前測的答對率皆在80%以上，顯示學生已有對於如何減低空氣阻力的形狀的科學概念。SBL組在這三個選項方面前後測進步不顯著（<5%），亦即在經過教學之後，沒有明顯進步，PBL組的前後測進步比SBL組較多，而且選項7 達到100%。

選項10、12在前測時，PBL組與SBL組的答對率約在60%左右，在經過教學之後，都能進步。

選項1在後測時反而比前測答對率還低，推知在經過教學之後，概念不深的學生在前測原本答對的，後測反而答錯。

#### 2. 在錯誤選項方面：

選項3是最容易讓學生答錯的，因磁浮列車是減低阻力，但不是減低空氣阻力，而是減低軌道摩擦力。由PBL組與SBL組在後測時的答題比例皆升高可看出。

選項2、4、5、8、11的答題比例PBL組都有明顯下降，但SBL組除了選項2、8、11的答題比例降低外，在選項4、5的答題比例卻反而升高，顯示PBL組比SBL組較能思考週遭的物理現象。

### 4.5.5 廣度測驗前後測答題正確率共變數分析

為比較不同的教學法對於廣度對於廣度測驗後測答題正確率的影響，資料分析以『滑翔機廣度複選式診斷測驗前測答對率』為共變項，後測成績為依變項，進行單因子共變量分析，結果如下：

表 4-35 廣度測驗前後測答題正確率共變數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
共變項(滑翔機前測)	2.322	1	2.322	120.794	0.000**
組間	0.129	1	0.129	6.703	0.011**
組內	1.787	93	1.922E-02		
總和	40.794	96			

經分析得共變項(廣度前測答對率)達到顯著效果 ( $F=12.328$ ,  $P=0.001$ )，由此可知，滑翔機廣度前測對於後測有很高的解釋力。另外，組間效果 ( $F=6.703$ ,  $P=0.011 < 0.05$ ) 亦達顯著差異，可見不同的教學法對於滑翔機廣度後測答題正確率有顯著的差異。再進一步用參數估計的方式分析：

表 4-36 廣度測驗前後測答題正確率共變數分析之參數估計比較

(I)組別-(J)組別	平均數差異 (I)-(J)	標準誤	顯著性
控制組-實驗組	-7.328E-02	0.028	0.011
實驗組-控制組	7.328E-02	0.028	0.011

\*在水準0.05的平均數差異顯著

由分析可知：實驗組與控制組的差異顯著，且實驗組(PBL組)的後測進步較對照組(SBL組)顯著。可見問題導向教學法在學習科學的廣度上，比傳統主題教學法有更多的進步幅度。

#### 4.6 PBL 分組討論學生問卷分析

為了了解學生在作 PBL 問題討論分組討論的心態以及所遭遇的困難或喜

好此種討論法的原因，以便於能更深入了解學生的深度及廣度診斷測驗的資料數據。於是筆者嘗試對國二學生問題導向學習法長期訓練（12周）與短期訓練（四週共八節）兩組學生進行問題導向學習分組討論技巧的分析。

對象為國二 AB 兩班。A 班為此次的滑翔機教學實驗組，共接受問題導向學習法約三個月的訓練（包含兩個月的課前訓練，以浮沉子為主題，以及一個月的滑翔機製作），B 班為接受問題導向學習法一個月的訓練（以平衡鳥為主題）。此份問卷包含量表測驗及開放問答題兩大部分。

#### 4.6.1 量表測驗部分

共分為三個向度：參與性、實用性、及困難度。參與度是指在分組討論過程中，個人是否積極參與討論過程或完成小組交負的任務。實用性是指分組討論是否對自己有幫助。困難度則是指對於問題導向學習分組討論時是否遭遇困難或對分組討論的方式或目的是否熟悉。

表 4-37 PBL 分組討論學生問卷測驗中各題各選項的答題比例

數字代表的意義 5=非常同意 4=同意 3=無意見 2=不同意 1=非常不同意

評估領域	問題	班級	平均	5	4	3	2	1
PBL 參與度	在此次的分組討論中，我認為我個人……							
	1. 能夠完全參與討論。	PBL 長期		0.243	0.514	0.243	0.000	0.000
		PBL 短期		0.135	0.541	0.297	0.027	0.000
	2. 能夠經常蒐集及提供資料。	PBL 長期		0.189	0.514	0.189	0.108	0.000
		PBL 短期		0.108	0.216	0.459	0.108	0.000
	3. 能夠發表自己的論點及提出疑問。	PBL 長期		0.216	0.459	0.189	0.135	0.000
		PBL 短期		0.162	0.595	0.189	0.027	0.027
	在此次的分組討論中，我認為本組的其他同學……							
	4. 能夠完全參與討論。	PBL 長期		0.189	0.432	0.216	0.162	0.000
		PBL 短期		0.135	0.541	0.243	0.081	0.000

	5.能夠經常蒐集及提供資料。	PBL 長期		0.243	0.297	0.351	0.108	0.000
		PBL 短期		0.216	0.351	0.351	0.081	0.000
	6.能夠發表自己的論點及提出疑問。	PBL 長期		0.378	0.405	0.108	0.108	0.000
		PBL 短期		0.270	0.459	0.243	0.027	0.000
PBL 實用性	我感覺這次的分組討論.....							
	7.可以幫助我解決問題	PBL 長期		0.216	0.405	0.324	0.054	0.000
		PBL 短期		0.189	0.432	0.351	0.027	0.000
	8.可以提升自己蒐集資料的能力	PBL 長期		0.297	0.432	0.243	0.027	0.000
		PBL 短期		0.216	0.622	0.108	0.054	0.000
	9.可以提升自己發表意見的能力	PBL 長期		0.324	0.351	0.243	0.081	0.000
		PBL 短期		0.189	0.541	0.243	0.027	0.000
	10.能讓我擁有新的學習方式	PBL 長期		0.514	0.297	0.108	0.081	0.000
		PBL 短期		0.378	0.459	0.162	0.000	0.000
	11.能幫助我發現新的問題。	PBL 長期		0.432	0.297	0.216	0.027	0.027
		PBL 短期		0.270	0.486	0.243	0.000	0.000
	12.可以提升我對課程內容的了解程度。	PBL 長期		0.297	0.378	0.162	0.135	0.027
		PBL 短期		0.162	0.459	0.297	0.081	0.000
	13.能夠讓我發現同學的優點。	PBL 長期		0.270	0.351	0.216	0.162	0.000
PBL 短期			0.243	0.351	0.378	0.027	0.000	
14.能夠提升我與同學之間的感情。	PBL 長期		0.162	0.405	0.378	0.054	0.000	
	PBL 短期		0.297	0.459	0.216	0.000	0.027	
PBL 困難度	我感覺這次的分組討論.....							
	15.對 PBL 討論方式不清楚	PBL 長期		0.027	0.135	0.459	0.324	0.054
		PBL 短期	2.85	0.027	0.216	0.514	0.189	0.054
	16.討論的單元內容太深	PBL 長期	3.00	0.000	0.216	0.297	0.459	0.027
		PBL 短期	2.87	0.000	0.162	0.486	0.324	0.027
	17.資料的蒐集不容易。	PBL 長期	3.14	0.135	0.297	0.351	0.108	0.108
		PBL 短期	3.10	0.162	0.270	0.405	0.216	0.000
	18.討論的時間太少。	PBL 長期	3.54	0.216	0.243	0.432	0.108	0.000
		PBL 短期	3.03	0.162	0.270	0.405	0.162	0.000
	21.老師提供的協助不足	PBL 長期	2.83	0.081	0.162	0.459	0.243	0.054
PBL 短期		2.77	0.027	0.135	0.595	0.216	0.027	

### 【分析】

1. 在個人對於 PBL 的參與度來看：

不論是長期訓練或短期，對 PBL 都是持正向的態度，絕大多數人都能積極參與討論 (>60%)，但是短期訓練組對於要提供或蒐集資料而言，就比較沒有那麼積極了。而對組內其他同學的參與度，也都能感受到其他同學也積極參與。不過，就提供或蒐集資料而言，就比較沒有那麼積極了 (<60%)

## 2. 就 PBL 的實用性而言：

不論是長期訓練或短期，絕大多數人都覺得問題導向學習法能提升自己問題解決能力，充實自信，並且溝通同學間的感情。

## 3. 就 PBL 的困難度而言

(1)PBL 長期組比 PBL 短期組更能了解 PBL 的運作模式

(2)在資料的蒐集方面，是長期組與短期組最覺得困難的。(皆為 43.2%)，顯示學生對於要探討的原理要如何下手查，仍有困難。另外，討論時間不夠也是其中的一項困難點(長期組:46.1%；短期組：43.1%)

下表是將 PBL 長期組與短期組進行獨立樣本 T 檢定，以分析兩者的量表測驗分是否達顯著。在計分時，將 15、16、17、18、19 題這五題負向題作反向計分，分析如下：

表 4-38 PBL 分組討論問卷測驗獨立樣本 T 檢定描述性統計量

	平均數	標準差	平均數標準誤
實驗組	69.0811	7.8683	1.2935
控制組	68.4865	7.1516	1.1757

表 4-39 PBL 分組討論問卷測驗獨立樣本 T 檢定--檢定值

Levene 檢定		平均數相等的 T 檢定			
F 值	顯著性	T 值	自由度	平均差異	顯著性

0.067	0.797	0.340	72	0.5946	0.735
-------	-------	-------	----	--------	-------

上表右方為獨立樣本 T 考驗結果。結果顯示 T 值為 1.393 (P=0.168>0.05)，顯示兩組學生在「PBL 分組討論量表測驗」上的平均數差異，未達顯著水準，表示兩組在 PBL 分組討論量表成績不會因實施 PBL 的時間長短而有明顯差異。

## 4.6.2 開放問卷部分

**第一題：你認為老師應如何給你更多的幫助？**

### 【分析】

1. 無論是PBL長期組與短期組，90%的同學皆希望老師能在討論時給予適當的幫助直接講述較難的部分，在討論時常有些同學因太難而討論不下去，再此時若能直接給予答案，會比較輕鬆。
2. 有些同學程度不足或不喜歡參與討論，常會讓討論冷場。所以希望能有多一些資優的同學在裡面。

**第二題：你覺得傳統講述式教學與 PBL 問題導向教學有何不同？你比較喜歡哪一種？**

### 【分析】

1.

	喜歡問題導向學習	喜歡傳統講述教學	都喜歡	無意見
PBL 長期	75.7%	10.8%	13.5%	0.0%
PBL 短期	89.2%	8.1%	0.0%	2.7%

2. 喜歡 PBL 問題導向學習的理由：

- A. 可以和同學交換意見，互相討論，腦力激盪。

- B. 可以增進同學間的感情，並發覺一些平常不易接觸的同學的優缺點。
  - C. 可以有效的釐清自己的觀點
  - D. 能夠記憶的比較久
  - E. 能更深入的了解問題
3. 喜歡傳統式講述教學的理由：
- A. 比較不會浪費時間
  - B. 不用花力氣去找資料，而且又常找不到所需的資料
  - C. 老師的邏輯概念較清楚、有條理。同學們互相討論常會天馬行空，有點亂。  
有時還會覺得很懷疑自己講的對不對。





## 第五章 結論與建議



本實驗的主要目的在於比較問題導向學習法與傳統主題導向學習法是否能增進科學概念的深度與廣度作量化性的比較。以製作滑翔機為例，並在實驗前後施以測驗。將所得的資料數據進行分析，得到了結論與建議。本章第一節是結論，是將第四章的數據分析結果進行總結與討論；第二節是提出建議，綜合實驗結果，提出建議供未來的研究或教學上的參考。

## 5.1 結論

### 5.1.1 自然科學態度施測結論

本實驗所使用的自然科學態度量表乃是以臺灣師範大學鄭湧涇教授的「對生物學的態度量表」將『生物學』一名改成『自然科學』並經由專家教授修正，以符合實驗樣本為九年一貫國中第一屆學生的『自然與生活科技』學科。以下為實驗所得的幾點結論：

#### 1. 在自然科學態度前後測的總分比較方面：PBL組與SBL組均無顯著差異

(1)傳統主題教學組(sbl)的前測總分平均數為 133.0000，後測總分平均數為 138.7500，但未達統計上的顯著差異，代表在經過傳統主題教學之後，能夠提高學生的自然科學學習態度。但不能提高的很顯著。而且以題目的四個向度作細部分析，sbl 組都有進步，但是沒有進步的很顯著。

(2)問題導向學習組(PBL組)的前測總分平均數為 145.1765，後測總分平均數為 138.2793，依t檢定結果，前後測的差異並不顯著。而且後測總分反而比前測總分還要低，與預期的假設剛好相反。

#### 2. 在自然科學態度後測成績的比較方面：無顯著差異

在排除前測成績因素的影響下，對後測總分進行共變數分析，結果並不顯著。代表不同的教學法對於自然科學態度後測成績並無顯著影響。進而對

於四個向度「對自然科學的態度」「對學習自然科學的態度」「對參與自然科學探討活動的態度」「對科學家及科學相關生涯的態度」作分析，亦無顯著差異。

比較前兩項 1.2 的分析結果，再與對照組實驗組學生晤談，歸納出對於自然科學態度進步不顯著，甚至 PBL 組更有退步的情形的幾點原因：

- a. 研究者平時的教學態度較為嚴謹。所以學生在學習之中比較沒有辦法完全放的開。
- b. PBL 組為本人的導師班學生，開學之初，常因管教的問題而會對學生有所教導。學生比較無法適應不同的教學態度。
- c. PBL 學習方式需要大家一起來腦力激盪。一般學生雖然很喜歡分組討論的方式，但對自己要花很多時間動腦筋，而且是要探討出一個完全沒學過的原理，會覺得很辛苦。
- d. 學生的熱度易減退。在教學過程之中發現學生經過三、四個星期之後，熱度會慢慢減退。尤其是低數理成就的同學。
- e. 與功課進度相衝擊。由於實驗對象是國中學生，仍有升學歷力，若是開學後進行問題導向教學，學生在時間一久後，會覺得為什麼不趕快上進度。久了會覺得不太放心。

### 5.1.2 深度三層式診斷測驗結論

#### 1. 問題導向學習法與傳統主題導向學習法均能增進科學概念的深度

經由成對樣本 T 檢定的統計分析結果，在深度第一、二、三層方面：兩組的前後測總分皆有顯著進步。亦即不論是問題導向學習法或是傳統主題導向學習法都增進學生學習科學概念的深度。

## 2. 問題導向學習法比傳統主題導向學習法更能增進學生學習科學概念的深度：

針對每一層的得分，並消除前測的影響以各層的前測總分進行共變數分析，結果顯示皆達顯著差異，再進一步作參數估計，得知 PBL 組在第一、二、三層後測表現都比 SBL 組高。可見問題導向學習法的確比傳統教學法更能提高學生學習科學概念的深度。

## 3. 科學深度知識必須透過學習者主動建構才能得到：

在深度第一題而言，所探討的是空氣阻力與速度之間的關係，由答對率得知在深度一、二層，傳統教學組都能有明顯進步（教師在原理說明時有教到），第三層則無法進步。而問題導向學習組第一層有明顯進步，但第二、三層則全部退步。經筆者深入探討，得到下列結論：

A. 在原理探討及實作時，發現學生的學習傾向都在與滑翔機實作有密切關係的主題方面，而對於與實作較無密切關係的空氣阻力與速度關係的主題則不會想到要深入研究。深度知識若不是由學習者主動建構而成，則不僅容易遺忘，而且反而容易混淆了原先既有的概念，這就會造成了 PBL 組在第二、三層不進反退的原因。Carey(1986)就指出：在學習科學知識時學習者必須將所知道的和所讀到的(或所聽到的)加以連結才能有真正的了解，這樣的連結必須透過主動的建構。透過這樣的學習，學習者可以發現自己已有的知識或觀點的錯誤，重新去建構正確的知識，而對科學現象有了新的了解，那才是真正的了解。  
(陳淑敏, 民 90)

B. 而對於已經習慣傳統主題教學方法的學生（對照組），教師歸納性的知識整理在加上實作建構，的確對於深度第一、二層有相當的幫助，但對於沒有教授的第三層則沒有幫助。可見長期接受傳統教學教學方法的學生，因常常是接受知識，所以比較不擅長主動思考。

#### 4. 問題導向學習法比傳統主題教學法更能促進深層思考：

由第五題中討論滑翔機的主機翼需要稍微上翹，以便在空中飛行受到擾動時能夠提供一恢復力矩而迅速恢復原狀。傳統主題教學組在經過教學之後過了一段時間進行後測，深度第一、二、三層的答題正確率幾乎都沒有增加，而 PBL 組卻有明顯的增加。恢復力矩是很抽象的物理概念，滑翔機（或一些鳥類）利用上反角以造成兩翼的升力不同，這個概念需要很深入的探討以及很清晰的力的分解概念。這更呼應了 PBL 教學法提供了學生藉由彼此間的腦力激盪而促進了深層思考的優點。而且由深度測驗的第二、三、四題都可看出 PBL 組在深度各層的進步幅度都比 SBL 組為佳。

### 5.1.3 廣度複選式診斷測驗的結論

#### 1. 問題導向學習法與傳統主題教學法都能促進學生科學概念的廣度：

將廣度前後測總分進行成對樣本 T 檢定分析：PBL 組前測為 21.32 分，後測為 26.18 分，成績進步達顯著差異。SBL 組前測成績為 21.25 分，後測成績為 23.42 分，成績進步亦達顯著。由於廣度測驗題目每一題的選項都涵蓋了生活週遭的諸多物理現象，所以這代表了問題導向學習法與傳統主題學習法都能促進學生對於科學概念的廣度。值得一提的是雖然 SBL 組有教到幾個答案，

#### 2. 問題導向學習法比傳統主學法更能增進學生學習科學概念的廣度：

消除前測因素的影響，對廣度後測總分進行共變數分析，結果組間效果達顯著。可知不同的教學方法對於廣度測驗的總分是有顯著的差異。再經由參數估計的方式得知：問題導向學習法比傳統主題導向學習法更能增進學生學習科學概念的廣度。事實上，問題導向學習法就是以問題為起點，由學生來發現問題，探究問題，進而解決問題。在解決問題的過程之中，學生建構了自己應具備的知識與能力（丁大成, 民 92），而且也因為深入了解問題的核心內容。因此也加強了

自己辨別週遭物理現象的能力，而拉寬了本身對於科學概念的廣度。

### 3. 一些綜合整理分析：

- (1)在白努利原理的分析：發現國中學生對於白努利原理仍然無法了解的很透徹。尤其是氣體流速的快慢與氣體壓力的關係最難理解。
- (2)有關尾翼的功能，多數學生在經學習之後已能了解是具有平衡飛機擾動的功用。而最常有的另有概念是，學生常會以為是平衡飛機的重心或者是裝飾用。
- (3)對於一些牛頓三大運動定律的生活舉例：發現 PBL 組的學生在經過滑翔機飛行原理教學之後，對於三大運動定律的例子分辨能力比 SBL 組為佳。在廣度測驗的所問的題目是作用力與反作用力定律，但是由實驗的結果可發現：當學生對第三定律的內容清楚後，也一併能更清楚分辨第一及第二定律，所以深度與廣度其實是密不可分的。
- (4)在空氣阻力方面：學生已能了解什麼樣的形狀能減低空氣阻力。但發現有一些學生會把「如何減低空氣阻力」誤認為「如何減低阻力」。
- (5)對於科學原理概念不深的作答學生，常會有經過教學之後原本答對的反而答錯。科學知識若不是由學習者主動建構而成，則很容易遺忘或概念不清，此時就常有前對後錯或前錯後錯的情形。此種情形不僅在深度測驗情形出現，在廣度測驗亦是如此。

## 5.2 建議

### 1. pbl 的實施最好能各組都能有一 tutor

各組最好都能有一經驗豐富的指導者，在學生的討論過程中不斷著引導學生往正確的方向討論。若是很多組才有一個引導者往往會分身乏術無法細心參與學生的每個過程。而給予適當的引導。另外由於現在常態編班制度已經有法源依據，所以各校幾乎都是常態編班，所以再分組時盡量讓各組有各種不同學習能力

者，使之讓小組成員能互相提攜、互相成長。其實就實施過程的經驗來看：PBL的實施以數理能力佳者效果最好，互動程度也最踴躍。但是數理能力不佳者，若編成同一組，則學習效果就會很低。

## 2. 角色的扮演盡量勿錯亂

國中生正值叛逆期，常會出現不少行為偏差。此時若是實驗對象是自己的導師班，很容易因為要處理學生問題，又要作開放式的引導教學，而會出現教師的態度常會有兩極化的現象。學生往往不太能適應，效果就往往會打折扣。

## 3. 教師可善用多種教學方法

問題導向教學法經實驗之後證實確可增進學生對於科學概念學習的深度與廣度。而且可訓練學生的問題解決能力，但是因為這種教學方法要花費比平常更多的時間，不太可能整學期都採用這種教學方法。所以教師可以因材施教，在平時的教學過程中，視教材主題或時間寬鬆與否給予學生適當的訓練。讓學生在傳統教學的架構下亦能有一些訓練自己思考的機會。而另一方面，所謂「教學相長」，教師在訓練學生思考及解決能力的同時，亦會刺激自己，讓自己亦能夠學習如何用更好的教學方法來引導學生學習。

## 4. PBL 學習法之訓練可利用寒暑假時間進行

現在國中聯考雖已取消，取而代之的是學科能力測驗。但升學壓力的本質仍不變，因此實施這麼耗費時間的教學法，雖然立意甚佳，但若是耽誤進度太多，難免會招致學生及家長批評。故仍以利用寒暑假或是較不趕進度的時候最好，而且最好是以國一或國二階段較不會有升學壓力。而且若能從國小開始是最佳，因為PBL的訓練需要長期才能將技巧內化，進而增進自己問題解決的能力。(Gallagher,1992)

## 5. 可嘗試研究教師不同的教學風格對於PBL學習成效的影響

研究者在探討問題導向學習法與傳統主題學習法對於自然科學學習態度的影響的研究中發現：教師的教學風格對於學生的自然科學學習態度影響頗深。因此筆者建議之後的研究者可嘗試研究不同的教學風格對於PBL學習成效的影響。

#### 6. 可將量化檢測深度與廣度的方式應用於其他領域

在現今的課程修訂中常說要加深課程的深度與廣度，以符合現今時代的潮流。但是，何謂加深加廣？加深加廣的程度如何？卻沒有一個量化的數據。因此，可藉由本實驗的實驗方式推廣到各領域，以量化檢測深度廣度作為編寫教材或教授課程的依據。

