

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

國小學童物理科學迷思概念研究：大氣壓力部分（2/2）

NSC-94-2511-S-276-002

執行期限：94年8月1日至95年10月31日

主持人：林顯輝 美和技術學院經營管理研究所

E-mail：x0019@meiho.edu.tw

中文摘要

本計畫根據國科會物理科學概念整合型計畫，前四年有關國小「大氣壓力」迷思概念之研究成果基礎，針對國小自然科教學「氣壓」相關概念之教材進行開發研究，設計開發一套適合我國國情之國小「氣壓」相關概念之自然科教學教材。本教材開發以「大氣壓力」相關概念之科學探究能力所需之教學活動設計、學習模組及有關的評量工具，以兩年為期進行合作式行動研究，依「設計與發展」、「試驗與精緻化」兩階段開發出整套以探究為導向之教師教學與學生學習所需之氣壓教學模組與評量工具。

第一年完成大氣壓力研究之探究式教學模組、教學活動設計，內含教學架構、學習活動、流程、教學說明及學習單等。第二年在南部某國小進行精緻化教學研究，並於民國九十五年五月八日及九月二十七日舉辦教學成果觀摩研討會，精緻修正教學活動設計，整理出「氣壓」概念教學時，學童最常見的迷思概念，以及如何將「氣壓」抽象的概念以日常生活的具體實例來讓學童理解。本研究所發展出探索式「氣壓」教學活動設計、二階段紙筆測驗評量工具、及日常生活的具體實例等研究成果，可供中小學自然科教師「氣壓」教學之參考。

關鍵詞：自然與生活科技、行動研究、科學探究能力、教學模組、大氣壓力

壹、研究動機與目的

一、研究動機

我國教育部公佈自民國九十學年度起逐年實施國民中小學九年一貫課程。這是我國國民教育課程劃時代的改革。為了培養國民具備基本科學素養，九年一貫課程打破了傳統學科的建制，將學生的學習內容分為語文、健康與體育、社會、藝術與人文、數學、自然與生活科技、以及綜合活動等七大學習領域。

有關中小學學生科學學習的課程最大的變革是將「自然與生活科技」規劃成同一個學習領域，是基於「自然科學」的探討自然現象，在生活方面的應用是全面的，它的許多創造、發明的產品更是日常生活中所不可或缺的，例如家庭用電、機械應用、人造材料、食品製造、資訊傳送等等，它們依據的原理未必是國民基礎教育階段所能理解的，可是卻可以經由「探究」方式來學習，以培養其妥善用科學探究能力，以解決日常生活所面對的問題，進而提升國民的科學素養。

現階段我國中小學科學教育主要目標即在培養具有科學素養的國民，而二十一世紀之高科技社會，更需提升全民科學與技術素養。目前九年一貫課程改革理念，即特別強調經由科學性的「探究」活動，培養學生科學探究的能力，進而提升全民的科學素養。因此，本研究小組即根據八十九年至九十三年有關國小「氣壓」迷思概念之研究成果，針對培養學生科學探究能力所需之「氣壓」相關概念學習模組、探究式教學活動設計、及有關的評量工具，進行為期兩年之研究，期能提出有效之科學探究導向之教學模組與評量工具，供國小自然科教學之參考。

二、研究目的

本研究計畫主要目的如下：

- (一) 設計與開發有關國小學童氣壓相關概念科學探究能力之學生探究式教學活動設計、學習模組及評量工具。
- (二) 進行國小學生氣壓相關概念探究式教學活動設計、學習模組之試教與評估，以及科學探究能力評量工具之預試與實測。
- (三) 依實際教學評估及實測分析結果，修正並精緻化綜合統整出一系列培養國小學童科學探究能力之學習材料、教學素材、教學方式與評量工具，提供全國小學自然科教師教學參考之用。

貳、文獻探討

本計畫旨在開發出整套以探究為導向之教師教學與學生學習所需之「氣壓」相關概念教學模組與評量工具，並從尋求適切可行之學生科學探究能力之培育模式，茲針對科學探究能力與教學模組設計等有關文獻加以說明如下：

一、科學探究能力

科學探究是學生採取主動去發現問題、發掘問題答案的活動 (Fairbrother,

Watson & Black, 1993)。Lederman 和 Lederman (2002) 指出科學探究是科學家尋求問題答案之系統取向 (systematic approaches), 科學探究能力包括傳統的科學過程技能, 它是各種科學過程技能結合科學知識、科學推理、與批判思考可以發展科學知識的能力。

教育部 (2001) 公布的九年一貫課程「自然與生活科技」領域在分段能力指標中, 對科學探究的內涵闡述如下:

經由科學性的「探究活動」, 自然科學的學習使學生獲得相關知識與技能。同時, 也由於經常依照科學方法從事探討與論證, 養成了科學的思考習慣和運用科學知識與技能以解決問題的能力。長期的從事科學性的探討活動, 對於經由這種以「探究」方式建立的知識之本質將有所認識, 養成提證據和講道理的處事習慣。在社會上面對各種問題, 處理問題時, 持以好奇與積極的探討、了解及合理解決的態度, 我們統稱以上各種知識、見解、能力與態度為「科學素養」。自然科學的學習, 在於提升國民的科學素養。(引自教育部 2001, P.20)

根據上述, 科學探究能力應包括觀察、應用時空關係、分類、應用數字、測量、傳達、預測、推理、控制變因、解釋資料、形成假設、下操作型定義、實驗等科學過程技能, 並結合科學知識與科學思考智能之總體表現。

二、探究式教學模式

Esler & Esler (1989) 在 "Teaching Elementary Science" 一書中曾介紹三種探究式教學模式: 發現式探究教學 (inquiry by discovery), 推理式探究教學 (rational inquiry), 以及實驗式探究教學 (inquiry by experimentation), 研究者將此三種教學模式之過程加以整理比較如表一:

表一 探究式教學法

| 教學法 | 教學步驟 |
|---------|---|
| 發現式探究教學 | (1) 探索階段 (2) 發明階段 (3) 發現階段 |
| 推理式探究教學 | (1) 教師講述 (2) 師生共同討論 (3) 學生運用推理發展其概念 |
| 實驗式探究教學 | (1) 發現問題 (2) 指出變因 (3) 形成假設 (4) 控制變因, 自行設計實驗 (5) 執行實驗以驗證假設 |

本計畫根據美國國家科學教育標準中所提到之科學探究教學模式 (NRC,

2000) 作為研究小組進行教學活動設計之依據。科學探究教學模式有五個共同階段如表二所示。在教學時先由問題開始，藉此給予學生發表先前知識的機會，讓教師與學生間、學生與學生間均有互動 (interaction) 的機會，接著再給予學生預期結果與事實並不符合，因而產生認知衝突。接著由教師提供情境，讓學生經由動手做 (hands on) 的探究活動，使學生透過相互討論，思索解決問題。最後，學生進一步擴充他們新的理解和探究能力，並讓學生應用新建構的科學概念於新的學習情境中。以上所述，稱之為五 E 探究式教學模式。

表二 科學探究教學模式五個階段 (NRC, 2000)

| |
|---|
| 階段一 (投入 engage) : 使學生接觸問題、事件或現象，連結到他們已經知道的事實，藉機製造他們想法衝突，促使他們學習。 |
| 階段二 (探索 explore) : 學生經由動手做的經驗探究他們的想法，形成假設與測試假設的過程，解決問題，探討所提出的解釋之合理性。 |
| 階段三 (解釋 explain) : 學生分析及詮釋實驗數據，綜合各部份想法，建立模型，與他們的教師或其他科學知識的來源澄清他們的概念和解釋。 |
| 階段四 (精緻 elaborate) : 學生擴充他們的新理解和能力，並應用所學到新情境。 |
| 階段五 (評量 evaluate) : 學生與他們的教師回顧與評估學到什麼及如何習得。 |

探究式教學並非科學教學唯一策略，但是以 ” 探究 ” 為中心，進行科學之教學與學習。標準中從問題提到解釋驗證，指出在教室中進行探究有五個必要條件如表三：

表三 教室中進行科學探究的五個必要條件

| |
|---------------------------------|
| 教師提出科學導向的問題使學習者參與。 |
| 事先給予學習者證據，讓他們發展和評鑑他們對科學導向問題的解釋。 |
| 學習者從證據形成解釋，以確定科學導向的問題。 |
| 學習者評估他們另有解釋，特別反映出那些對於科學的理解。 |
| 學習者為他們所提出的解釋作溝通及辯證。 |

三、教學模組的意涵與多元化教學評量

國民中小學九年一貫課程最大的特色是課程保持彈性，由於課程的彈性，因而模組 (module) 之教學設計應運而生。所謂「教學模組」係指以同一主題貫穿之一系列教學活動，每個活動皆與主題相關且獨立存在，教師依實際教學需要自行組合有關的教學單元 (姚如芬，2001)。模組之設計者根據主題有關概念之知識架構，參酌相關的教學理論，設計出多元化的教學活動；而模組之使用者，可以依自己專業經驗選擇合適之單元與教學策略，並進行教學活動與教學評量，期能達成最好之教學成效 (賴慶三，楊繼正，2001)。

以「自然與生活科技」學習領域而言，其課程精神乃與 Yager (1992, 1996) STS 之教學理念相呼應，研究者認為教學模組是一個以探討及解決社會上或生活上有關的問題為主題，由探討及解決相關的子問題所組成之教學系列活動，其內容是一個主題式教學，包括社會議題、生活事件等有關問題之探討，並因應教學目標與時數而作彈性取捨，其方式也是多元的。例如：實驗設計、動手實作、調查報告、戶外教學、外埠參觀等。因此教學模組是一套以學生為主體，以生活為中心之主題式、生活化、適性化的統整教學活動設計，其內容與方式是多樣化而且符合學生之學習心理的。

(一) 教學評量的方式與原則

根據 Piaget 和 Bruner 的認知發展理論，由於低年級兒童常無法進行抽象或過份語文符號的學習，因此，低年級兒童應儘量避免使用文字評量，文字評量的比重可以隨兒童年級之遞升而逐漸增加。對絕大部分國小兒童而言，如果透過操作具體的實物、教具和儀器，則要比透過文字符號更容易表達他們的概念。因此，唯有透過實作測驗、情境測驗之類的具體評量情境，方能真正測出兒童所學得的科學概念和過程技能。(王美芳，熊召弟，2000)

建構主義在當今教育上的影響，主張知識是建構的，學習是個人從知識和先前之事件的有意義學習，基於此，「變通性評量」(alternative assessment)的提出，重視知識的真實性應用與自我評鑑標準的設定，以有效地測量學生在課堂學習與進步的歷程，並強調評量是學生主動地在學習活動中，表現出有意義的成品和解決一個真實的問題。

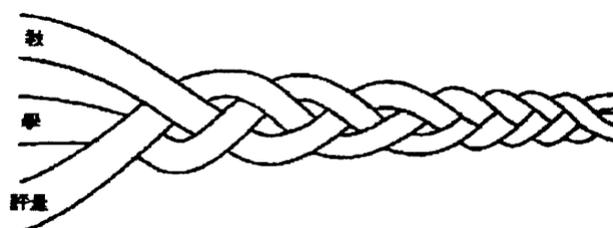
教學評量之功能主要在提供“回饋”(feedback)作用，評量就像教學的一面鏡子，讓教學者省思是否達到教學目標，作為改進教材教法之依據。本研究旨在開發大氣壓力「科學探究導向」之主題式教學模組並進行試教與評估，因此，整套大氣壓力科學概念科學探究式教學模組之實地成效如何？有賴所設計發展二階段之評量工具加以施測及評估。依據教育部(2001)公布「國民中小學九年一貫課程暫行綱要」中之實施要點，指出教學評量的主要目的在作為改進教學，促進學習的參考，其原則如下：

1. 評量的主要目的在於瞭解學生的學習實況。
2. 評量應具有引發學生反省思考的功能。
3. 教學評量應以課程目標為依據，教學評量應伴隨教學活動進行之。
4. 教學評量不宜侷限於同一種方式，除由教師考評外，得輔以學生自評與互評來完成。
5. 為了培養學生分析、推理的能力，評量時仍應提供這些資料，以提供學生參考，不應要求學生記憶。
6. 能時常參考評量的結果並作自我評鑑，並做調適。
7. 評量的層面應包含認知、技能與情意。
8. 評量的時機應兼顧形成性評量與總結性評量。
9. 評量的結果應用於幫助學生瞭解自己學習的優缺點，解以改善學習的效

果。

(二) 多元化評量的特性

傳統評量模式已由教、學、評量的單向性結構，轉變為教、學、評量同時並進的新評量趨勢 (Puckett & Black, 1994) 如圖一：



圖一 教、學、評量同時並進的動態評量歷程

(圖引自 Puckett & Black, 1994, p34)

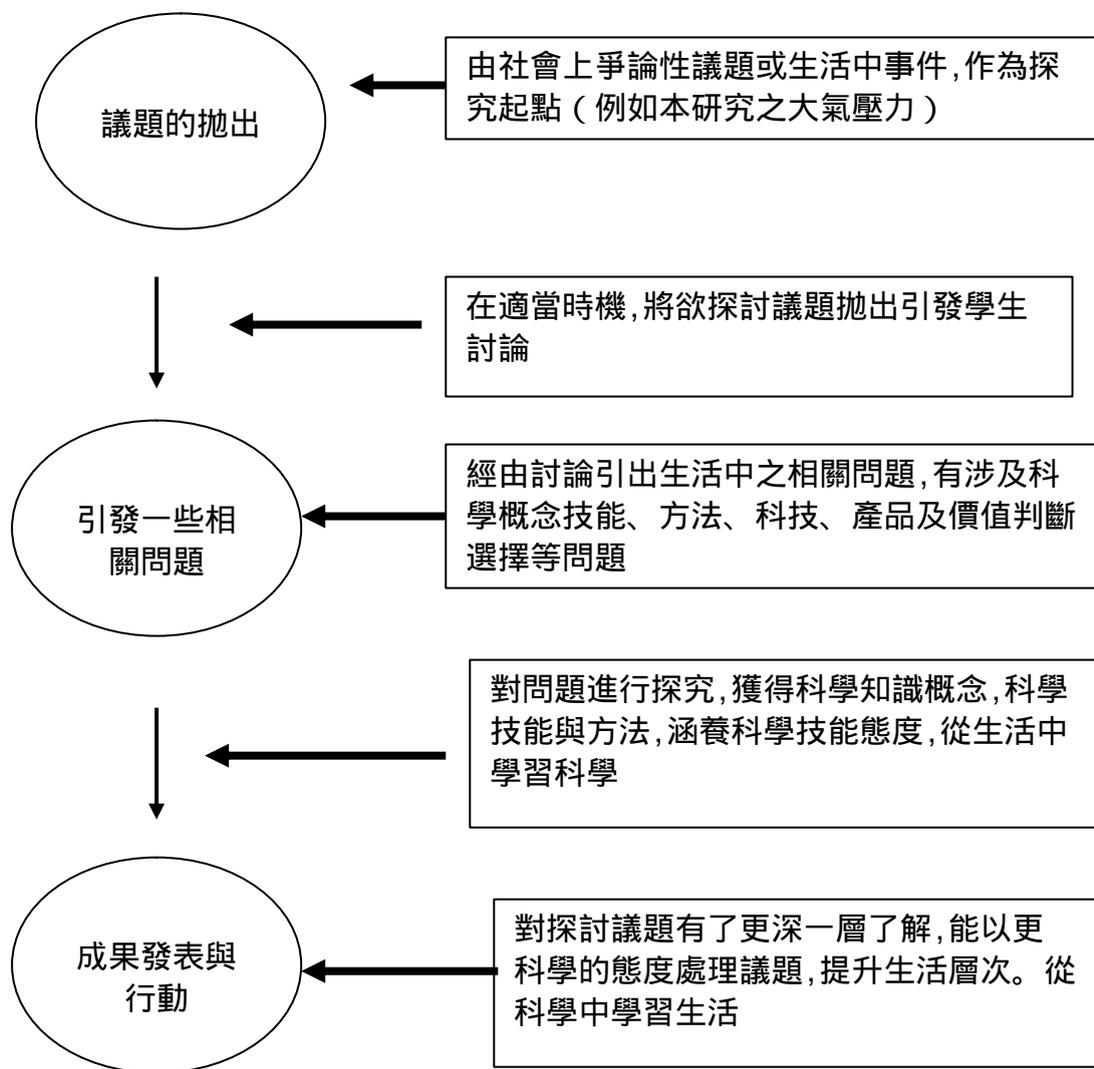
從圖一中可以看出，教學評量不再只是教學後實施，它已與教學過程中教師的教、學生的學結合在一起，隨時進行著。教學評量的多元化評量，其精神在於重視學生內在的認知與學習改變、瞭解學生個人與環境的互動關係，著重學生個體之間的個別差異性，給予合適的評量方式，藉此讓每個學生都能了解自己的學習情況並能適性化發展潛能 (侯雅齡, 2000)。

四、教學模組之研擬與設計理念

本研究第一年及第二年所發展之教學模組是一套以「探究為導向」(inquiry-based) 所組成之教學系列活動，包括教師教學活動與學生學習活動之材料及有關之科學探究能力評量工具。茲就其教學內容及教學方式加以說明：

- (一) 教學內容：就是一個主題式教學，包括相關的「次主題」之探討，可因教學目標、時間而做取捨。
- (二) 教學方式：可以是戶外教學、長期觀察活動、實驗設計與執行、主題調查報告、小組討論。形式不固定，彈性且多元。

根據上述設計理念，本研究進行「探究導向」(inquiry-based) 之教學模組設計與發展，其流程擬訂如圖二：



圖二 模組的設計與發展

上述教學模組於教學活動中進行之流程如下：

- (一)「議題」的察覺、形成及對「議題」相關內涵的討論與認識。
- (二)依教學目標及時間,裁決「探討的重點」,估量各子題的處理方式、深淺,並做好小組的分工。
- (三)使各小組的學生瞭解自己肩負的工作並主動進行規劃和設計工作,教師協助其完成。
- (四)整合經驗:安排學生觀摩別組的工作成果,評鑑自己的工作,提出報告或成品,統整自己獲得的學習,檢討議題處理的得失及提出進一步處理的

展望意見。

五、九年一貫課程架構下教學模組應有之考量與特色

本研究以兩年為期，進行「設計與發展」、「試驗與精緻化」之合作式行動研究，開發出整套的培養學生科學探究能力所需之學習模組、探究式教學活動設計與有關的評量工具。

希望透過「行動研究」發展出「由下而上」的學校本位課程發展模式，強調「參與」、「草根式民主」課程發展。本計畫採取「行動研究」的策略，是企圖協調、結合研究者的「理論」與教師的「經驗」，在兩方互相配合下，研發提昇中小學生對科學素養的學校本位課程、教學活動及多元化教材。

所開發之教學模組包括完整的教師教學材料、學生學習材料、補救教學材料、和診斷教學工具，掛在電腦網站上，開放供給教師多元思考、教學之參照、和彈性運用，因此，這種研究設計是一種根本的、由基礎做起的、「由下而上」(bottom-up)的、可靠的「自然與生活科技」領域培養學生科學探究能力之教學模組。

在九年一貫課程架構下，本研究所開發之氣壓教學模組應具有下列特色：

- (一) 以「探究」為導向之教學活動。
- (二) 以「主題」為單位之組合教材。
- (三) 以「學生」為主體之學習活動。
- (四) 這是一種生活化的教育。
- (五) 這是一種適性化的教學。
- (六) 這是一種符合「學習心理」的教學活動。
- (七) 它是一種統整性的教材。
- (八) 它的內容及活動方式是現代化的。

參、研究方法

一、研究範圍與研究樣本

- (一) 以國小「自然與生活科技」領域之「氣壓」相關概念教材內容為範圍，設計有關學生「科學探究能力」探究式教學活動設計，學習模組及評量工具。
- (二) 以國小高年級學童為研究對象與實驗教學樣本。

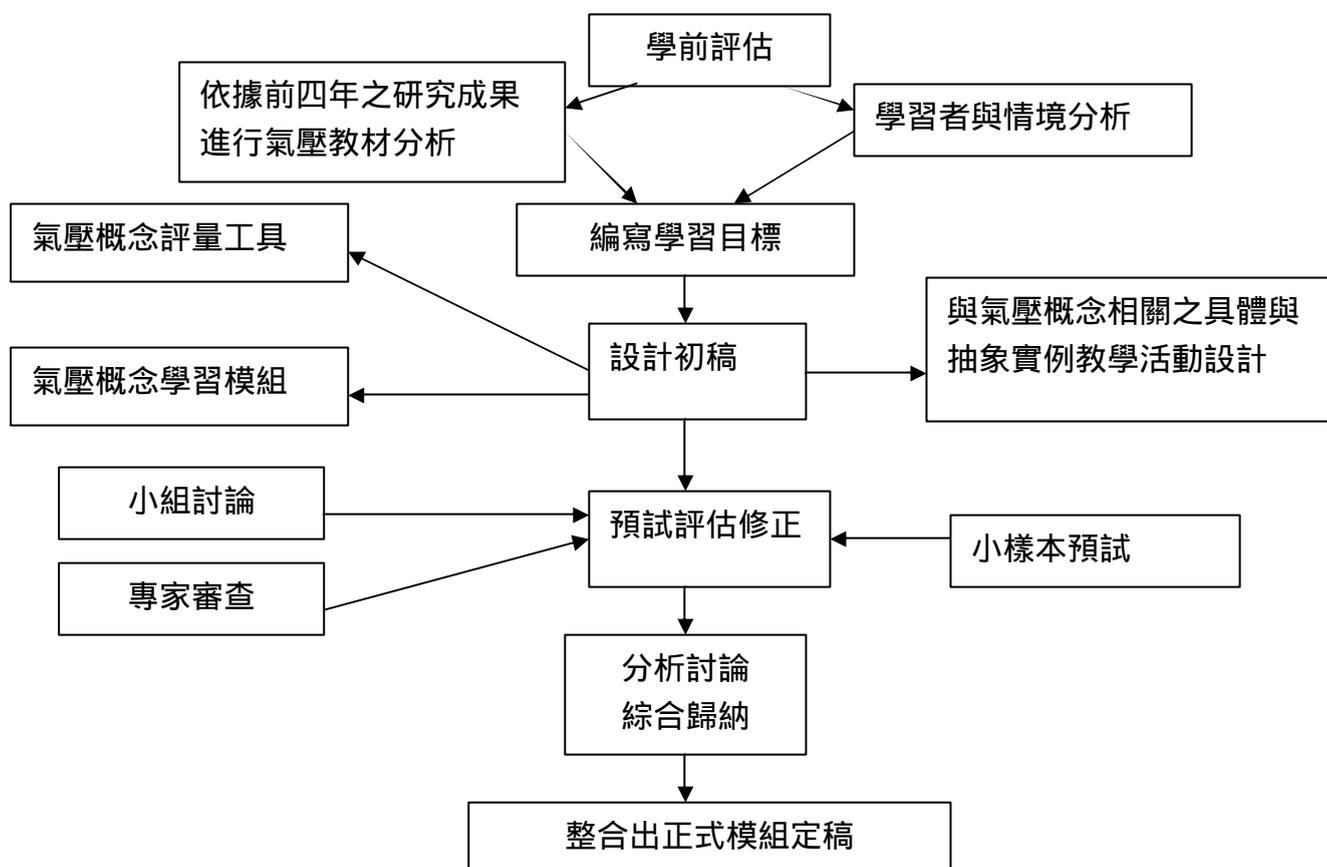
二、研究內容

- (一) 自行開發探究式「氣壓」相關概念之具體與抽象實例教學活動設計。
- (二) 自行開發「氣壓」相關概念學習模組
- (三) 自行開發科學探究能力「氣壓」相關概念評量之工具

三、研究進行步驟

- (一) 第一年(93.8~94.10)研究流程及步驟

本研究計畫為期兩年之整合型計畫，第一年之工作係根據整合型計畫前四年「氣壓」迷思概念之研究成果，著重於設計與開發有關國小氣壓相關概念之科學探究能力教學活動設計、學習模組及評量工具，第一年研究流程如圖三。



圖三 第一年研究流程圖

說明：

1. 學前評估

學前評估的部分本整合型計畫分為兩個方向同時進行：

2. 依據前四年之研究成果進行氣壓教材分析

氣壓概念相關教材分析主要有分析的方向有五：

- (1) 九年一貫「自然與生活科技」領域之課程綱要
- (2) 各版本國小教科書
- (3) 網路教材
- (4) 相關科學教育書籍
- (5) 前四年所研究出之國小學童氣壓相關迷思概念成果

經由計畫主持人與在職國小教師之兼任助理共同進行九年一貫「自然與生活科技」學習領域國小高年級之氣壓相關概念之教材分析，以瞭解各主題、次主題間、教材內容與教材知識結構。注意教學模組與前四年所研究出學童之迷

思概念環環相扣 本研究在設計教學模組時特別注意那些地方是學童易產生迷思概念的地方，尤其要將氣壓概念的具體實例與抽象實例環環相扣，結合在一起，希望能提出一套最適合我國國情的氣壓概念教學模組。

由研究助理群收集相關教學資源，針對九年一貫課程中「自然與生活科技」學習領域國小高年級之氣壓相關教材，包括不同版本之教學指引、教科書、習作、視聽多媒體教材、教學實驗器具，以及租借實驗室和相關教學場地等。

3. 學習者與情境分析

本研究計畫之本著「設計者即教學者」之理念，因此本研究所聘請之助理，皆是國小資深之自然科教師，藉助其豐富之教學經驗來設計與發展教學模組與擔任實驗教學之工作，在設計模組與預試班級時，均有與研究助理群以及學校資深自然科教師相互討論研究針對該校之師生特色、學校本位課程設計發展適合該實驗教學班級學童之教學模組，以掌握學習者的學習特質與教室情境等因素。

4. 編寫學習目標

採用計畫主持人所主持之另一個整合型計畫「九年一貫自然與生活科技領域科學探究能力之培養研究」所發展制訂出五個能力面向來定義科學探究能力，作為氣壓相關概念教材設計、學習模組及教學評量工具之能力指標以及行為表徵之主軸。這五個能力面向包括：

- (1) 界定問題的能力(包含發現問題、提出問題、定義問題)
- (2) 設計規劃的能力(包含收集資料、設計實驗)
- (3) 實作驗證的能力(包含進行實驗、觀察、操作、記錄)
- (4) 分析解釋的能力(分析資料、歸納及解釋實驗結果)
- (5) 溝通辯證的能力(溝通、批判)。

將高年級之科學探究能力指標暨行為表徵之五個能力面向，依次陳述較詳細之能力指標細項，幾經協商討論後，最後定稿。茲將此五個科學探究能力行為表徵整理如下：

高年級科學探究能力指標暨行為表徵

93.11.19 修訂

(1) 界定問題 (包含發現問題、提出問題)

1-3-1-2 觀察一個問題或事件，常可由不同的角度來觀察而看出不同的特徵。

3-3-0-4 察覺在「以新觀點看舊資料」或「以新資料檢視舊理論」時，常可發現出新問題。

8- 3b 能由生活中的種種，察覺問題，獲得知識。

9- 3a 針對環境中各種變化，能主動思考其可能原因。

註 8、9 是十大基本能力的順位，3 是第三段，a、b 是項次

(2) 設計規劃 (包含收集資料、設計實驗)

6-3-2-3 面對問題時，能做多方思考，提出解決方法。

6-3-3-1 能規畫、組織探討的活動。

6-3-3-2 體會在執行的環節中，有許多關鍵性的因素需要考量。

7-3-0-1 察覺運用實驗或或科學的知識，可推測可能發生的事。

(3) 實做驗證 (包含進行實驗、觀察、操作)

1-3-1-1 能依規劃的實驗步驟來執行操作。

1-3-3-1 實驗時確認相關變因，作操控運作。

1-3-4-1 能由一些不同來源的資料，整理出一個整體性看法。

3-3-0-1 能由科學性的探究活動中，瞭解科學知識是經過考驗的。

5-3-1-2 知道細心、切實的探討，獲得的資料才可信。

5-3-1-3 相信現象的變化有其原因，要獲得什麼結果，需營造什麼變因。

6-3-2-1 察覺不同的辦法，常也能做出相同的結果。

(4) 分析解釋 (分析資料、歸納、解釋實驗結果)

1-3-4-4 由實驗的結果，獲得研判的論點。

1-3-4-2 辨識出資料的特徵及通則性並做詮釋。

1-3-4-3 由資料顯示的相關，推測其背後可能的因果關係。

3-3-0-3 發現運用科學知識來作推論，可推測一些事並獲得證實。

3-3-0-5 察覺有時實驗情況雖然相同，也可能因存在著未能控制的因素之影響，使得產生的結果有差異。

(5) 溝通辯証 (溝通、批判)

1-3-5-2 能由適當的方式表述資料。

1-3-5-3 清楚的傳述科學探究的過程和結果。

1-3-5-4 願意和同儕相互溝通共享活動的樂趣。

1-3-5-5 傾聽別人的報告，並做適當的回應。

6-3-1-1 對他人的資訊或報告提出合理的求證和質疑。

5. 設計初稿

本計畫研究主要是以發展探究式教學模組為主，並以教學評量為輔。第一年「設計發展」之成果可以在第二年「試驗與精緻化」，以期能發展出更精緻化的培養科學探究能力「氣壓」相關概念之教學模組。

經幾次小組開會討論後，共同設計發展教學模組主題為：「大氣壓力」，從「教學」、「評量」和「前四年之研究成果」三個重點，以「探究能力」為主軸來發展。

經由計畫主持人與在職國小教師之兼任助理共同進行九年一貫「自然與生活科技」學習領域國小高年級之「大氣壓力」相關教材分析，以瞭解各主題、次主題間、教材內容與教材知識結構，制訂出國小大氣壓力課程概念圖，及簡化版之大氣壓力教學概念圖。並以此課程概念圖為發展大氣壓力教學模組，在發展的過程中，邀請本校數理教育研究所碩一生（共十八位國小在職教師及兩位全職生）共同討論修正此氣壓教學活動設計。

初稿訂定之後，再與研究助理群召開小組會議，進行修訂工作、予以增修刪

減以求內容與教學方式更適合國小學童之程度來進行教學。除了前四年之研究成果所發展出的氣壓具體與抽象實例外，並與研究助理群討論，根據他們的自然科教學經驗，再提出若干個更適合國小學童氣壓教學之具體及抽象實例加入此份教學活動設計中，以期能使本教學模組、教學活動設計和評量工具能更加完善。

6. 預試與評估修正

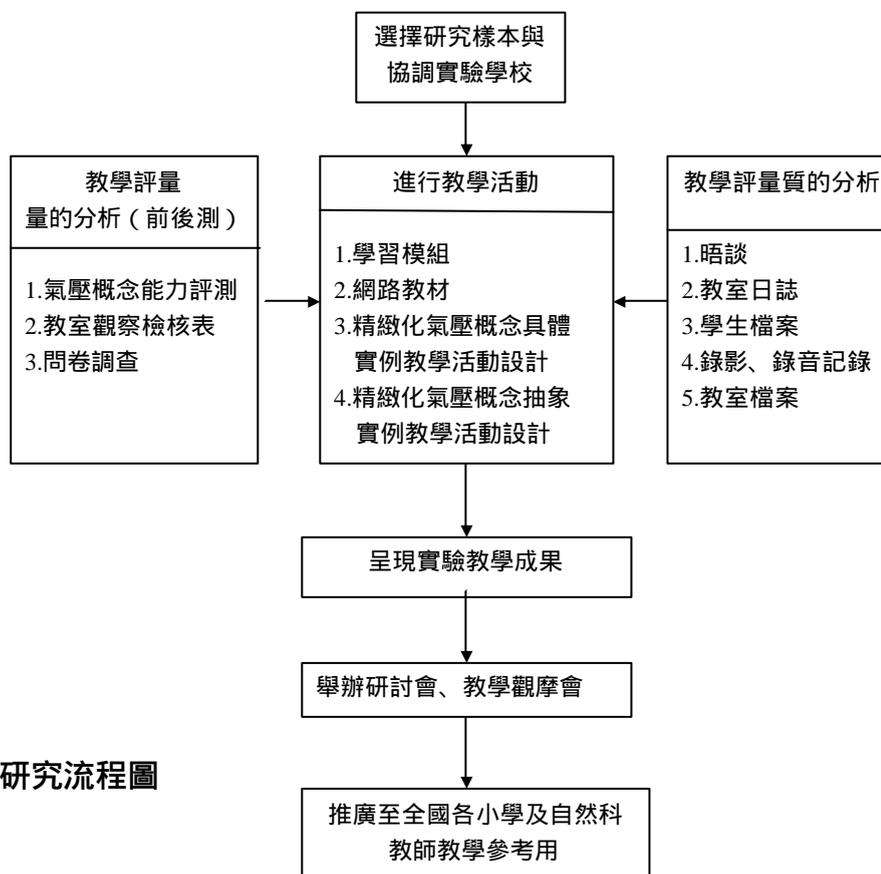
分別選擇本研究計畫之研究助理所任教之學校高雄縣路竹鄉三埤國小與大寮鄉山頂國小兩所國小做為實驗教學學校，三埤國小選取五、六年級之學生共 23 位；山頂國小五年級學生 26 位在不影響正常上課進度之情形下，實施實驗教學。在教學前，以前四年之研究所發展之十八題具有良好信效度之二階段式選擇題來做為學童教學前之前測，以瞭解學童學前之先備知識為何？以作為教學者教學之參考。

校內專家學者王靜如教授與林曉雯教授為本研究計畫研究助理講授「科學探究之教學與評量」等課程，以增進氣壓相關教學活動設計、教學模組之教學知能。

九十四年六月中旬聘請屏東教育大學科教中心主任洪文東教授、林曉雯教授，以及高師大科教所洪振方教授，以及國小資深自然科教師為本研究計畫教學活動設計、教學模組以及評測工具作專家審查，並提供專家意見，以增加專家效度。

(二) 第二年 (94.8 - 95.10) 研究流程及步驟

本研究第二年之研究流程如圖四：



圖四 第二年研究流程圖

說明：

1. 選擇研究樣本與協調實驗學校

本研究第二年選擇另一研究助理所任教之學校高雄縣岡山鎮某國小五、六年級共三個班 94 位學童作為教學及研究施測之對象。

2. 教學評量之前側

先行對實驗教學之班級進行二階段紙筆測驗之前測，瞭解學生對氣壓概念之先前能力。

3. 進行教學活動

依據本研究第一年所設計發展出之「氣壓」探究能力教學活動設計，進行實驗教學活動。

4. 精緻教學模組之活動設計

依教學活動設計，及教學之過程，精緻化氣壓概念具體實例之教學活動設計，以及精緻化氣壓概念實例之教學活動設計。

5. 實施二階段紙筆測驗之後測

學童於學習完本「氣壓」探究式教學活動設計後，實施後測，並比較前後測資料，以瞭解教學成效。

6. 舉辦研討會，呈現實驗教學成果

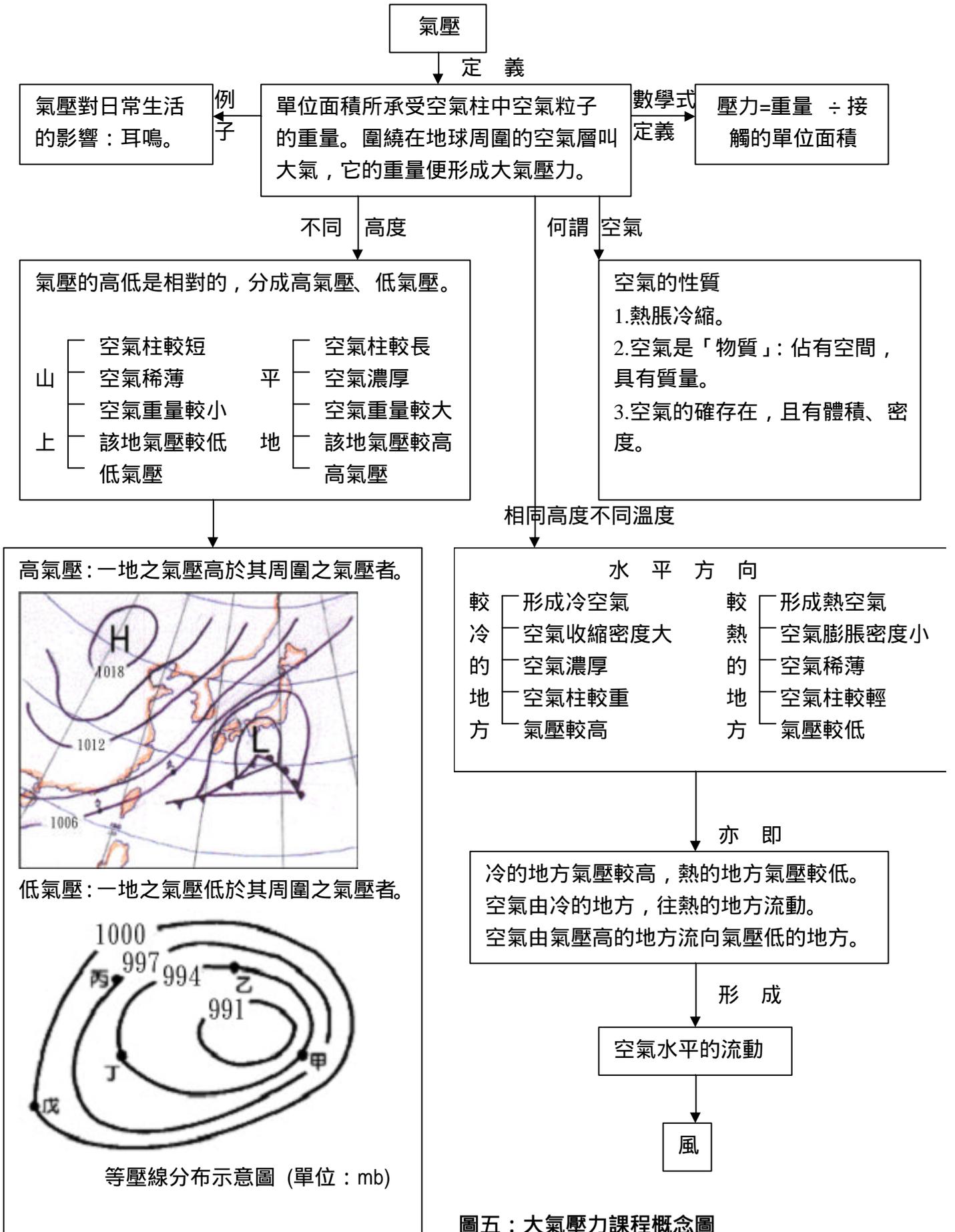
本研究展現所研發之「氣壓」探究是教學活動設計及實驗教學成果，特分別於民國九十五年五月八日及九月二十七日於國立屏東教育大學舉辦「氣壓」教學成果研討會，邀請中小學科學教師及專家學者百餘人參加，本研究小組發表教學成果，並與與會學者互相觀摩討論，並再修正精緻化本研究之教學活動設計成果。

7. 將研究成果推廣至全國各小學，供自然科教師「氣壓」教學參考之用。

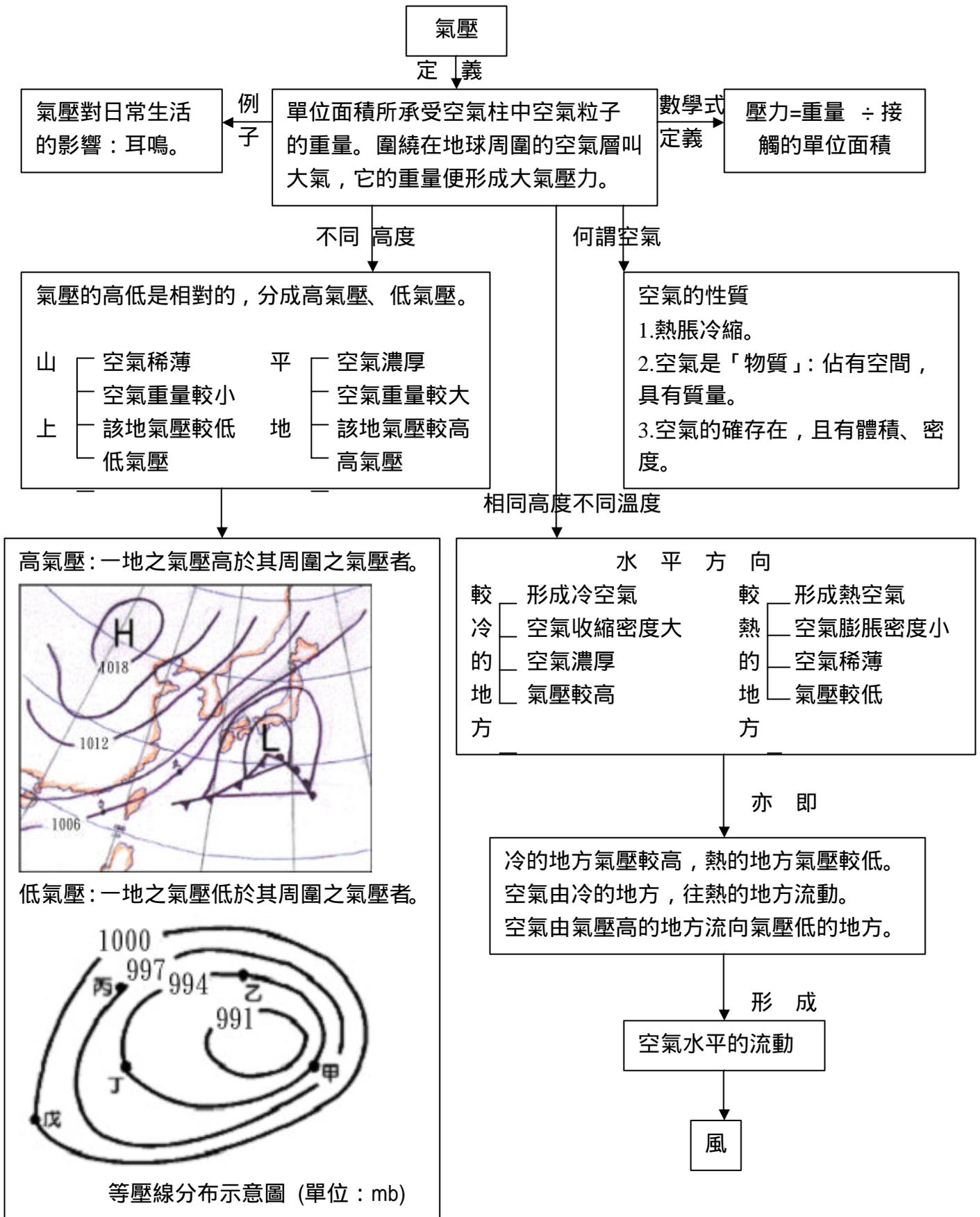
肆、結果與討論

一、大氣壓力課程概念圖

經學者專家審查過後之「國小大氣壓力課程概念圖」如圖五，及「簡化版大氣壓力教學概念圖」如圖六



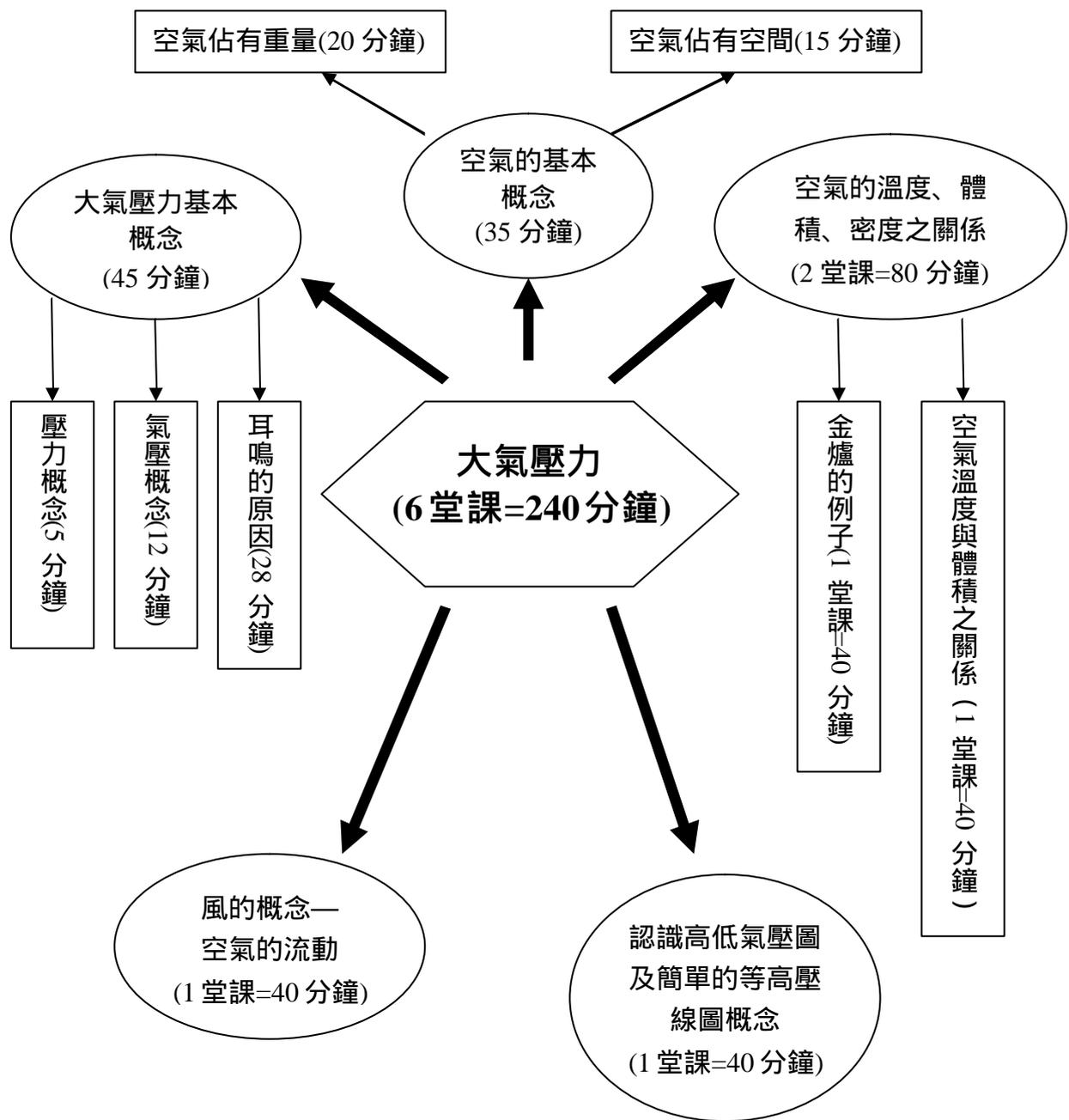
圖五：大氣壓力課程概念圖



圖六：簡化版大氣壓力教學概念圖

註解：空氣柱是學術性名詞，較抽象，所以在教學時暫不提及此名詞。

二、 氣壓教學模組架構圖



圖七：氣壓教學模組架構圖

三、五 E 學習環教學模式與五 E 評鑑模式

根據「大氣壓力」教學模組架構圖，設計發展出其教學單元內容之後，於九十四學年上學期開始，於研究助理之服務學校進行試驗性之實驗教學，全程錄影，教學結束後，進行教學反省與分析，採用五 E 學習環教學模式與五 E 評鑑模式（如表四），以期能修正為更加完善之教學模組與教案。

表四 五 E 學習環教學模式與五 E 評鑑模式

| 階段 | | |
|--------------------|----------|---|
| 投入 (Engage) | 活動 重點 | 此時期的教學目的是學習之間的連結，活動應該能和過去的和現在的學習經驗聯繫起來，並關注學生在當今活動學習成果的思考歷程。學生應進行心智上概念、過程和技巧的探索。 |
| | 評量 方式 | 圖表、概念圖、卡片分類、備忘錄、腦力激盪、晤談、問卷調查。 |
| 探究 (Explore) | 活動 重點 | 這時期的教學過程提供學生鑑定及發展目前的概念、過程和技巧的共同經驗基礎。學生主動探索學習環境並操弄教材、教具。 |
| | 評量 方式 | 科學筆記本、每日反省記錄、遇到的難題、每日問題、討論、短文、概念組織、分組思考與分享、畫圖、預測活動、圖表組織。 |
| 解釋 (Explain) | 活動 重點 | 學生以語言、文字、圖表等各種方式來表達他們對概念的理解或探究階段中所獲得的經驗、看法、技巧等。同時教師可以引介對概念、過程或行為上正式的解释或定義。 |
| | 評量 方式 | 不同事件的預測及解釋、概念測試、製造模型、概念回想 |
| 精緻化 (Elaborate) | 活動 重點 | 本階段要對學生概念理解上予以挑戰及延伸，並提供學生驗證預期的技巧和行為的機會。已發展更深入且淵博的瞭解，獲得更多的訊息及發展更高層次的技巧。 |
| | 評量 方式 | 應用問題、小組解決問題、設計活動、思考性實驗（沒有親自作實驗） |
| 評量 (Evaluate) | 活動 重點 | 鼓勵學生評量他們的瞭解程度及能力，而教師評量學生達成教育目標的進展狀況。 |
| | 評量 方式 | 海報、投影片、測驗、實驗練習、報告、比較性的議題、總反省、實驗報告、自我評鑑、辯論、備忘錄。 |

四、國小「氣壓」科學探究式教學模組及教學活動設計（詳見附錄）

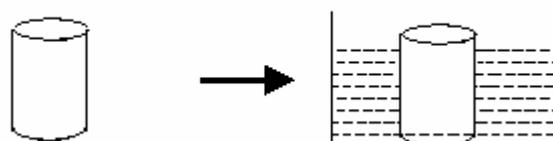
（一）空氣的基本概念

1. 引起動機

例子：一個寶特瓶，其蓋子沒有打開，無法被踩扁

2. 空氣是佔有空間的

教師準備一盆水，一個空燒杯，請學生預測，當老師將空燒杯倒立，垂直壓入水裡，會有什麼結果？



（學習單一）

3. 空氣是有重量的

（1）藉由提問、討論的過程，讓學生發現所有的東西(包括空氣)都會受到地心引力的吸引，而引出物質有重量是受到地心引力吸引的影響，進而討論空氣也會受到地心引力的吸引，那空氣是否有重量？

（2）請學生預測：如果有一個人到了一個沒有空氣的環境中，會不會有什麼事情發生？

學習單二

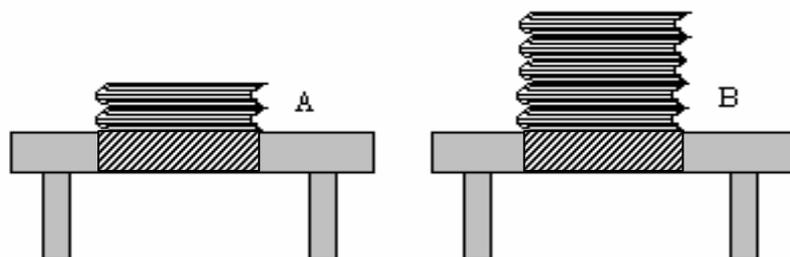
影片

（二）大氣壓力基本概念

1. 壓力概念

有兩堆書，每一本書大小、重量都相同、把這兩堆書放在桌上，一堆有五本，一堆有二本。請問這兩堆書向下壓的力量誰比較大？

→引出相同的受力面積，物體重量較重的所造成的壓力較大；物體重量較輕的所造成的壓力較小。



學習單三（第1題）

×  表示受力面積

2. 氣壓概念

(1) 氣壓和空氣重量有關係

藉由提問、討論，讓學生類比書有重量，所以會對桌面產生壓力；空氣也有重量，所以空氣也會對桌面產生壓力。再引介名詞：「氣壓」，全名是「大氣壓力」，也有人叫作「空氣壓力」。

學習單三（第2題）

(2) 高氣壓、低氣壓

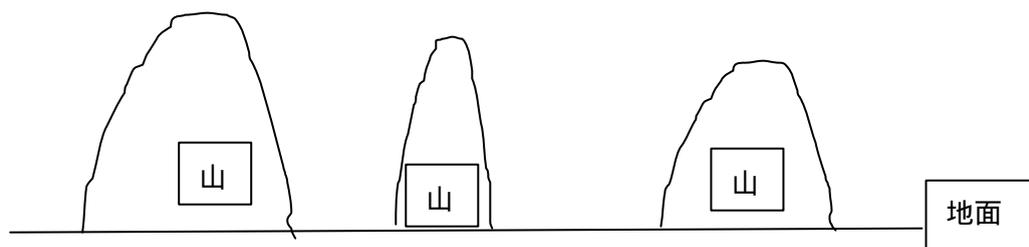
引介名詞：氣壓大的地方，就叫作「高氣壓」，氣壓小的地方，就叫作「低氣壓」。

學習單三（第3題）

3. 耳鳴的原因

(1) 例子：上下山的過程中，耳朵會有不太舒服的感覺。對應上節課所討論到的：空氣受到地心引力的吸引而圍繞在地球的周圍。

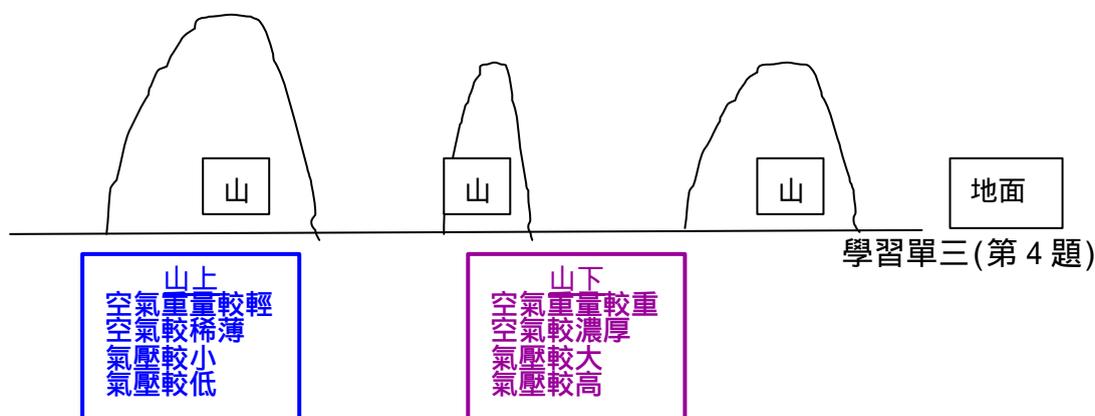
(2) 再討論空氣分布在地表上的情況為何？引出愈靠近地表，空氣愈濃厚；而山上空氣則比較稀薄。



※各組討論完成繪畫並上台發表

(3) 再引出山上的地面所承受的空气重量較輕，山下的地面所承受的的空气重量較重。

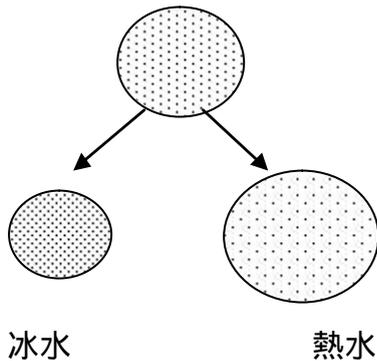
※各組討論並貼上詞卡



(2) 發現：放在熱水裡的燒瓶，瓶口上的氣球會膨脹，表示燒瓶內的空氣受熱膨脹。放在冰水裡的燒瓶，瓶口上的氣球會凹進去，表示燒瓶內的空氣因冷收縮，而把氣球給吸了一些進去。

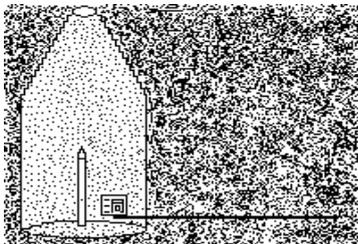
(3) 應用：將一個氣球，放置冰水及熱水中，請問氣球及其內的空氣粒子會有何變化？

* 各組討論完成繪畫並上台發表



氣球及空氣粒子，遇熱膨脹，遇冷收縮

(4) 回顧：回到金爐實驗的例子，錐狀物內外的空氣粒子分布的情況如何？內外的空氣是如何流動？



各組討論完成繪畫並上台發表

各組討論並貼上詞卡

錐狀物內部
溫度較高
空氣較稀薄
氣壓較低

錐狀物外部
溫度較低
空氣較濃厚
氣壓較高

空氣從錐狀物外部向錐狀物內部流動；相同的水平高度，從溫度低的地方流向溫度高的地方；從空氣較濃厚的地方流向空氣較稀薄的地方；從氣壓較高的地方流向氣壓較低的地方。

(四) 風的概念 空氣的流動

1. 風的概念 空氣的流動

- (1) 情境：夏天的午後，在海邊吹著海風，很涼快。沙灘上的沙子燙得不得了，但是海水卻是很涼快消暑。
- (2) 討論：海風是怎麼吹的？和我們正在介紹的溫度、氣壓有沒有什麼關係呢？

各組討論完成圖畫並上台發表



同樣受到陽光的照射，海邊沙灘的溫度容易上升，海水的溫度較不容易上升。

所以，海邊沙灘上方(甲地)的空氣溫度較高、空氣較稀薄，海面上方(乙地)的空氣溫度較低、空氣較濃

海面上方
溫度較低
空氣較濃厚
氣壓較高
高氣壓

沙灘上方
溫度較高
空氣較稀薄
氣壓較低
低氣壓

在相同的水平高度

空氣的流動：

從溫度低的地方流向溫度高的地方；從空氣較濃厚的地方流向空氣較稀薄的地方；從氣壓較高的地方流向氣壓較低的地方；從高氣壓的

學習單六

(五) 高低氣壓圖及簡單的等壓線圖概念

1. 高低氣壓圖及簡單的等壓線圖概念

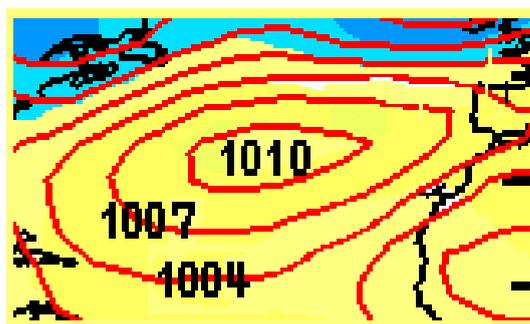
氣象報告中的氣象圖，請問：

數字代表什麼意思？

數字的排列，有什麼規則？

這些線條代表什麼意思？

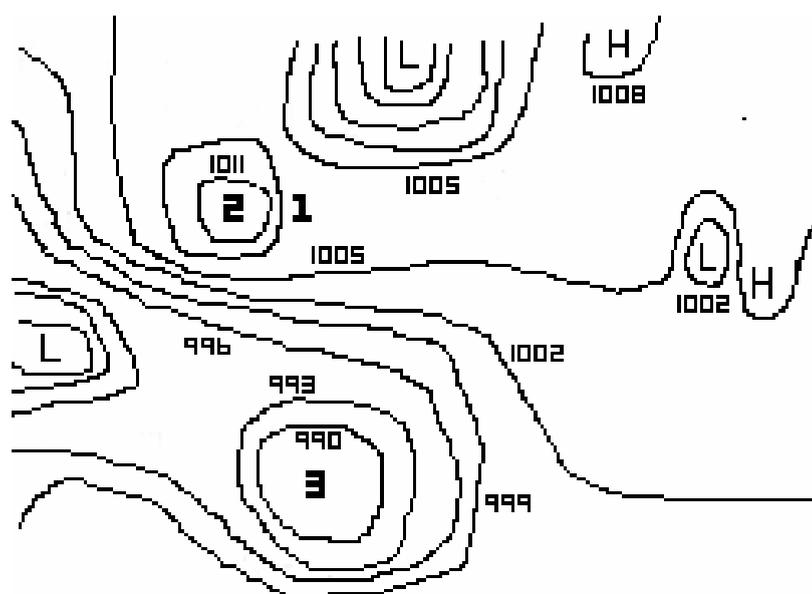
學生討論發表。



2. 氣壓圖上由內圈與外圈的氣壓值相比較之後，如果內大外小就稱為高壓中心(H)；如果內小外大就稱為低壓中心(L)。
3. 教師進行名詞引介：

「等壓線」：這一圈圈的等壓線正是因為在相同高度時，同一圈上的每一個地方其測量出來的氣壓都是相同的。例如 1010 百帕的等壓線表示線上的每一個地方氣壓值都是 1010 百帕；1007 百帕的等壓線表示線上的每一個地方氣壓值都是 1007 百帕；1004 百帕的等壓線表示線上的每一個地方氣壓值都是 1004 百帕。

4. 請各組填入正確的答案。(提示：在 1 的位置填入氣壓值，在 2、3 的位置填入 H 或 L)



5. 補充說明：

有人說高山上比山下地方的溫度低，所以高山上的氣壓應該比山下的氣壓高。但是，因為山上的地面受到地心引力影響小，而山下的地面受到地心引力影響大，所以山上的空氣較稀薄、氣壓較低；山下的空氣較濃厚、氣壓較高。而高山上和山下地方並沒有在相同水平面，無法直接由溫度差來判斷兩地氣壓的差別。

【氣象圖上氣壓高低的比較，是水平方向不同兩地的氣壓比較。】

五、大氣壓力教學省思

本（九十五）年度本研究在精緻化大氣壓力教學模組中的教材分析，並在本計畫研究助理所任教的學校高雄縣岡山鎮某國小進行精緻化之教學，茲將參與本計畫教學之三位五、六年級自然科老師對氣壓教學之省思分別說明如下：

（一）五仁鄭老師：

1. 這個學習經驗對孩子們是很新鮮的，讓孩子們和我自己都有額外收穫，也有

機會導正自己的迷思概念，我和孩子們都覺得這是一個很有趣的課程。

2. 有些概念的難度，已跨越到國中課程及第四階段的能力指標，所以教學步調需放慢，也就是教學時間需要再多一些，相信孩子更能學好整個氣壓概念。
3. 學生若能以此方式長期訓練，應能幫助孩子常做思考，並利用已知的知識來做推理判斷，我喜歡這樣的教學方式，不過真的很花時間。
4. 施測題目的字句敘述對語文能力較弱的孩子是較不利的。我覺得這也很可能是影響答題的重要因素。
5. 我覺得這樣的課程是可以放進國小高年級階段實施的。

(二) 五信蘇老師

1. 這次大氣壓力的教學對孩子而言，是比較特別的學習內容及學習方式。
2. 雖然對某些孩子是全新、未知的，對某些有閱讀習慣或曾有涉略過的孩子，也似乎似懂非懂，但從了解氣體的存在、物質受地心引力的影響，造成對物質的「壓力」、「重力」、及金爐實驗的過程...等，最後了解氣壓，在在都能激起孩子的興趣。
3. 雖然孩子缺少發表的習慣，在團體討論發表並不如預期踴躍，但這也是一個很好的練習機會。
4. 因為平常習慣於講述的教學方式，所以在這次教學中，我很容易不小心在實驗前的討論預測或實驗中即把結論告知學生，這樣子學生討論空間似乎就變小了。我想，這也一個自我成長的機會。

(三) 六仁陳老師

1. 學生對實驗活動表現了高度的興趣，熱烈參與其中。
2. 我發現，如果先進行小組討論，再進行全班討論，學生對所要探討的問題會有比較多的想法，在討論辯證的過程，可以感受到學生認真思考。
3. 教師提問對學生的學習有很大的幫助，所以我覺得問對焦點問題、問的順序、隨學生的回答或理解情況調整問題、讓所有的問題圍繞學習主題，都是很重要的。
4. 討論的過程很有趣，但很花時間，不過看到學生對討論的投入，也覺得得。
5. 可以利用學生喜歡猜的特性，引導學生做合理的猜測，讓猜測是有根據的，而不是隨便猜猜。我喜歡引導學生做合理的猜測，因為學生在猜測的過程呈現出積極的參與及認真的思考。
6. 教學時間如果再多一點，可以給學生有更多討論、質疑辨證的機會，也會讓學生有較多機會澄清自己的想法。
7. 經過晤談，大部分學生都表示很喜歡這個課程，希望能再上這樣的課程，這也是我們覺得很高興的一件事。

五、氣壓教學活動之教學成效（94 年 10 月至 95 年 4 月）

（一）二階段紙筆測驗評量方面

本研究第一年完成氣壓之教學模組及一系列之氣壓教學活動設計，第二年依據前四年所設計之十八題二階段氣壓教學評量工具，選擇其中具有代表性的十題（詳見附錄二）在高雄縣某國小五、六年級共三個班級 94 位學童作為教學及施測對象，實驗教學之班級採用本研究第一年之氣壓教學活動設計進行教學，並實施紙筆測驗前後測，以了解教學成效。前後測的題目為二階段式測驗，依學童在二階段的回答，將概念類型分為：(1) 概念正確(在第一階段答題正確，且在第二階段理由亦正確者)，(2) 有迷思概念（包括：第一階段答題正確，第二階段理由錯誤者；第一階段答題錯誤，第二階段理由正確者；第一階段答題錯誤，第二階段理由錯誤者）。其前後測結果如表五：

表五：氣壓教學前後測資料

| 前測 | | | | 後測 | | | | 後前測 |
|--------------|--------|---------|-------------|--------------|--------|---------|-------------|-------|
| 題號 | 概念正確人數 | 有迷思概念人數 | 概念正確人數所佔百分比 | 題號 | 概念正確人數 | 有迷思概念人數 | 概念正確人數所佔百分比 | 成長百分比 |
| 1 | 64 | 30 | 68% | 1 | 82 | 12 | 87% | 19% |
| 2 | 39 | 55 | 41% | 2 | 37 | 57 | 39% | -2% |
| 3 | 48 | 46 | 51% | 3 | 54 | 40 | 57% | 6% |
| 4 | 41 | 53 | 44% | 4 | 70 | 24 | 74% | 31% |
| 5 | 69 | 25 | 73% | 5 | 70 | 24 | 74% | 1% |
| 6 | 58 | 36 | 62% | 6 | 71 | 23 | 76% | 14% |
| 7 | 10 | 84 | 11% | 7 | 24 | 70 | 26% | 15% |
| 8 | 8 | 86 | 09% | 8 | 13 | 81 | 14% | 5% |
| 9 | 58 | 36 | 62% | 9 | 64 | 30 | 68% | 6% |
| 10 | 27 | 67 | 29% | 10 | 47 | 47 | 50% | 21% |
| 前測答題正確百分比之平均 | | | 45% | 後測答題正確百分比之平均 | | | 57% | 12% |

由以上的數據可以發現：除了第二題之外，其餘九題後測的概念正確人數所佔百分比均大於前測的概念正確人數所佔百分比，前測的答題正確百分比之平均 45%，後測的答題正確百分比之平均為 57%，顯示就整份紙筆測驗評量工具而言，實施本教學活動對於學童建立相關氣壓的正確概念是有幫助的，尤其是第四題和第十題進步最多，分別為進步 31% 與 21%。

（二）「氣壓」概念常見之迷思概念

本研究小組根據二階段紙筆測驗評量之結果，並與學童晤談後，整理出國小學童對「氣壓」概念最常見之迷思概念如下：

1. 不知道氣溫高低與氣壓高低有關，常認為氣溫愈高氣壓愈高；氣溫愈低氣壓愈低。
2. 不知高度與氣壓有關，常認為高度愈高氣壓愈高；高度愈低氣壓愈低。

3. 不知道空氣濃厚與氣壓高低有關，在解釋上不知空氣濃厚的地方，地面所承受的空氣重量較大，所以氣壓就會比較高；空氣稀薄的地方，地面所承受的空氣的重量較小，所以氣壓就會比較低。
4. 氣壓與氣溫相比較，學童對氣溫高低很容易理解，但對氣壓高低則不容易理解，因為學童在日常生活上，對氣溫的高低很容易感受到，但對氣壓的高低，在日常生活上則不容易感受到，他們認為「氣壓」這個科學概念太抽象了。

(三) 二階段紙筆測驗及晤談資料之分析與對教學之建議

1. 學童對答案選項字義的敘述因考慮太多而有其另類的想法。
2. 實驗能有效幫助學生理解氣壓的概念。
3. 學生對氣壓的抽象概念尚無法完全理解，教學時需設法將抽象之氣壓概念以具體實例協助學生理解。本研究可提供常見的具體實例如下，供教學之參考：
 - (1) 以在廟口的金爐燒金紙為例子，很容易讓學童瞭解熱空氣上升，冷空氣下降產生對流的現象，進而討論空氣濃厚與氣壓、氣溫之關係，以及空氣如何流動。
 - (2) 利用兩堆書，一堆有比較多本的書，另一堆則比較少本的書，討論單位面積所承受重量（力）的關係，進而討論空氣重量與氣壓之關係。
 - (3) 以上山下山時，耳朵產生耳鳴的現象，討論空氣稀薄與濃厚與耳鳴的關係，進而討論空氣稀薄或濃厚與氣壓的關係。
 - (4) 以打開冰箱，可看到白煙（水氣凝結後的霧氣）由冰箱內往冰箱外流動的例子，討論空氣會由冷的地方往熱的地方流動之關係。
4. 學童表示在教學過後，對地心引力涉及氣壓的概念能充分理解，知道因為地心引力的作用，使較多空氣聚集於地表附近，高山上則有較少的空氣，所以地表的氣壓較高，而高山上的氣壓較低。
5. 學童表示在教學活動中知道平地與高山氣壓不同，所以能選出正確答案。
6. 教師教學時可以由學生日常生活中與氣壓有關之經驗為始，如此可協助學生獲致正確的氣壓概念。

伍、結論

- 一、本計畫以投入(engage)、探索(explore)、解釋(explain)、精緻化(elaborate)、評量(evaluate)等五 E 探究教學模式設計出「大氣壓力的探究教學模組」及教學活動設計（詳見附錄），可提供全國中小學教師在「氣壓」教學時之參考。
- 二、本計畫所設計之「氣壓」教學活動設計，注重於具體之實物操作，文圖並茂、生動活潑，讓學生具體瞭解氣壓這個抽象的科學概念，以避免學童對氣壓產生迷思概念，此為本研究最具體之成果。
- 三、本計畫所設計出之二階段紙筆測驗之「氣壓」教學評量工具，可供全過中

小學教師在氣壓教學評量之參考，另其他教學概念之研究，亦可依此二階段紙筆測驗之方式，設計出可行之科學概念評量工具。

四、本研究之成果將印刷出版並上傳至網路，供學術界研究及實際教學之教師教學參考之用。

陸、參考文獻

行政院國家科學委員會(2003):九十三年度「國科會與科教處目標導向研究計畫」邀請書。

教育部(2001):國民教育九年一貫課程綱要，自然與生活科技學習領域。

姚如芬(2001):從學校本位教學模組之發展協助小學數學教師專業成長之研究。2001年海峽兩岸小學教育學術研討會論文集，2001,9。國立嘉義大學教育學院主編。

賴慶三、楊繼正(2001):國小自然資源教學模組的發展研究。國立台北師範學院學報，14,673-704。

侯雅齡(2000):如何有效運用多元評量結果。測驗與輔導，159期，3339-3341頁。

教育部(1999):國民教育階段九年一貫課程總綱要。

張玉成(1993):思考技巧與教學。台北:心理出版社。

Lederman, N.G. & Lederman, J.S. (2002). Scientific Inquiry: How Is It Defined/Used in Curriculum Reform? 九十一年度南區中學科學課程教材教法及教師知能研習會，教育部。

Lederman, N.G. (2001). The many Flavors of scientific inquiry. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching National Meeting, St. Louis, MO, March 2001.

NRC.(1996a). National Science Education Standards. Washington, D.C.: National Academy Press.

NRC.(1996b). The Role of Scientists in the Professional Development of Science Teachers. Washington, D.C.: National Academy Press.

NRC.(2000). Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning. Washington, D.C.: National Academy Press. This report is also available online at <http://www.nap.edu>.

Puckett, M.B., & Black, J.K.(1994). Authentic assessment of the young child celebrating development and learning. New York: Macmillan College Publishing Company.

Yager, R. E.(1996): Science/Technology/Society As Reform in Science

Education. NY: State University of New York Press, Albany, U.S.A.
Yager, R. E. & McCormack, A. J. (1989). Assessing teaching/ learning successes in multiple domains of science and science education, *Science Education*, 73(1), 45-48.
Yager, R. E.(1996). *Teaching science in the elementary school*. Boston : little, Brown and canpany.

柒、計畫成果自評

- 一、本研究為期兩年，以投入（engage）、探索（explore）、解釋（explain）、精緻化（elaborate）、評量（evaluate）等五 E 的科學探究教學模式設計出的「氣壓」探究式教學模組架構、教學活動設計，可供全國中小學科學教師在進行「氣壓」教學時參考之用。
- 二、本研究提出甚多國小學童對氣壓概念的迷思概念，所以在設計教學活動時，均強調將氣壓之抽象概念以日常生活所常見的具體實物為例，讓學童從實務的操作中，去瞭解氣壓的抽象概念，以避免產生迷思概念，此為本研究最具體的研究成果。
- 三、本研究所設計的二階段「氣壓教學」紙筆測驗評量工具，可供全國中小學科學教師在評量氣壓教學或設計其他科學概念工具之參考。

