

第二章 文獻探討

本章旨在探討本研究所依據的理論基礎，第一節說明概念的定義與分類；第二節探討認知結構的意義、診測向度與評估描述的方式；第三節討論鷹架學習的理論、運用策略以及對概念學習的影響；第四節探討學習投入；第五節為大氣概念的相關研究；第六節為介紹國內外中學課程與大氣運動概念相關的教材內容。

第一節 概念定義與分類

一、概念的定義

綜觀現行的科學教育，教育學者致力研究各學科內概念的本質以及概念改變的類別與特性，更積極發展合適的教學策略與教材內容；而在教學現場的教師扮演著引導學生學習的角色，除了必須教授豐富的科學知識外，更須瞭解學生概念學習與發展的過程，進而改進教學內容與方法；兩者無不希望其成果能對學生科學概念的學習有所助益。概念學習在科學教育中如此重要，但究竟「概念」的定義為何？即是首要瞭解的問題。

「概念」這個名詞的定義上，因為研究者的解釋不同，而各有不同的定義（歐陽鐘仁，1992）。Arnone 於 1971 年對概念下了定義，認為概念是由一組觀念或符號所集合而成；是反應個體已達評價程度的各種態度和成見；是由一種心理意象（mental image），特別是指結合同一類事物的各項特徵，使其成為一種意念（notion）的概括觀念（歐陽鐘仁，1992）。Mervis 和 Rosch（1981）認為人類把個人的經驗加以歸納整理，透過歸納整理建立起來的範疇或類目，就稱為概念。因此，概念可以只是很簡約的字詞，也可以是稍有結構的句子，更可以是一個理論或思想。

黃台珠（1984）指出，概念是人類思考和了解的工具，亦是學習的「基本單位」，經由有意義的學習而獲得的概念，使得人類能夠具有深入思考的能力。鍾

聖校(1990)認為當一個符號代表一組具有共同特性的事物時，我們就說它指示一個概念，我們會使用概念來整理及分類環境中的事物與經驗，同時進行思考，因此概念是認知的重要單位。Novak(1991)則把概念定義為事件或物件的規則，或是事件及物件的一項記錄，兩個或更多的概念聯結形成一個命題或敘述，而一項新知識的獲得則是需要新命題的建構。

概念是人類生活中藉以思考的工具，它可以將生活及經驗所接觸的人、事、物加以分類和劃分，以使人類在處理事物時更加迅速且確實。在個體的成長過程中，個體會依據他們原先所持有的信念，找出這些概念的相關性與階層性，並將它們予以組織，而形成一個複雜的概念架構。當個體在做現象觀察、解釋時，會利用已經形成的概念架構來解釋各種現象，新概念也就會不斷地加入，使這個架構更為完備。換言之，當某個概念與愈來愈多的概念做聯結，以形成有意義的命題時，概念便開始在意義中成長。當成份概念獲得意義時，命題亦獲得意義。概念主宰人類對世界上所有事物的看法及對其意義的解釋，但它卻幾乎是學校教育內涵的全部(Novak, 1979；余民寧,1997)。

所謂的科學概念(scientific concept)則是經由許許多多的科學家，從眾多的類似事象中，經由觀察、推理、嚴格的實驗與證明等方法加以歸納建立而來，其本身依附於完整的理論基礎下。科學概念由於必須具備精密性、一致性和高度的通則化，本質上有別於日常生活的概念，也比日常生活概念更為抽象和複雜(Reif, 1987a)。科學概念的學習需要透過科學的過程來理解與提升概念的階層，將基礎概念深化並結構化，以利於培養科學的思考能力、方式與態度。因此，許多學者即依概念的不同特性加以分類與階層化。

二、概念的分類

Wehman 和 McLaughlin (1981) 將概念分為具體概念與描象概念。「具體概念」指學生能以直接觀察而獲得的概念，如灰色、雨、雲、...等。「描象概念」則指不能透過直接觀察，而須經由定義來學習的概念，如氣壓、穩定度、溫度、...

等。在科學上的概念都存在著這兩種類型的概念，當然，描象概念（或稱定義概念）的學習比具體概念來得困難（王明泉, 1999；張春興, 1994）。

Ausubel 將概念視為一個層次性的結構。居於結構上層者，為「要領概念 (superordinate concept)」，代表個人對事物的整體認識。居於下層者，為「附屬概念 (subordinate concept)」，代表個人對事物特徵的細部記憶（張春興, 1994）。

Pella (1975) 在“Concept of Concept model”一書中表示科學概念可沿著三個向度發展。第一向度為「精緻向度」 (the dimension of sophistication)，即概念由低階層的“敘述性層次 (the descriptive level)”發展為中階層的“比較性層次 (the comparative level)”至高階層的“量化性層次 (the quantitative level)”。第二向度為「抽象性概念向度」 (the dimension of abstractness)，即概念由低階層的“分類性層次 (the level of classification)”發展為中階層的“相關層次 (the level of correlation)”至高階層的“理論概念層次 (the level of theoretical concept)”。第三向度為「複雜度向度」 (the dimension of complexity)，即概念由低階層的“單一基本量層次”發展到高階層的“多變量層次”。科學概念依據上述三種向度的各階層層次的定位而有其不同的學習難度（林振霖, 1993）。

當瞭解了知識概念的不同類型之後，這些概念儲存在人類大腦記憶中是以什麼方式加以連結與組織，也是需釐清的問題。若將兩個或數個單一概念連結起來，便構成「命題 (proposition)」。一個命題有點像是一個句子，但更像一個句子所表達的句意，其具有個別的真確性，但是單一概念則無從分辨真假（Anderson, 1985；Stewart, 1980；余民寧, 1997）。例如：「氣壓的差異造成風」以及「風造成氣壓的差異」，均包含了「氣壓 (差)」和「風」的概念，但前者為一正確的命題，後者則為錯誤的命題。

另外，在認知心理學中，也發展出與知識概念學習相關的論點。Piaget 提出將基模視為人類吸收知識的基本架構，因而將認知發展或智力發展，均解釋為個體的基模隨年齡增長而產生的改變（張春興, 1994）。鍾聖校 (1990) 提到，基模是表徵知識的抽象層面，且一個基模中含有許多知識成分，因此，「基模」其

實就是「複雜概念」，但它可能比概念適合說明認知運作。Moates 和 Schumacher (1980) 說明基模是指關於事件、情境或物體之有組織的、熟悉的、固定圖像的知識單位，各種基模可以幫助我們快速地辨認一些事件與情境，並得到認知。

基模可用以代表陳述或程序方面的知識，合適的基模有助於學生預期某些資料的存在或來臨，並且有助於對資料的處理和解釋。在一個基模中，也可以包含許多次基模。次基模代表的意思是當考慮某個動作或概念時，不需把所有有關的細節完全指明出來，而是利用次基模來統攝一部分相關的概念(郭重吉, 1990)。

Rumelhart (1980) 指出基模有下列特徵(引自郭重吉, 1990)：

1. 基模是知識的單位。
2. 一個基模含有許多知識成分或概念成分 (component parts)。
3. 基模表徵知識的抽象層面。
4. 基模之間會重疊。
5. 基模是一個活動的組織，它指認外界刺激，進行資訊處理。

Rumelhart 與 Norman (1988) 綜合對基模的相關研究，再次提出基模具有五個特徵(引自郭重吉, 1990)：

1. 基模具有變數：任何基模都包含有固定的部分與可變的部分。
2. 基模可以嵌入其他子基模：一般而言，基模包含次基模的組態，而基模又可包含其他更基本基模的組態。
3. 基模可以表示任何層次的知識：基模可以表示較大範疇或較抽象的知識，例如文化；也可以表示較基本或較具體的知識，例如知更鳥。
4. 基模表徵知識，而不是定義知識：基模代表的是個人對於外在世界所產生的經驗，而不是對於這些經驗給予定義。
5. 基模會主動的進行認知的工作：基模會主動對新的訊息進行評鑑或辨識，以適合的基模來處理新的訊息。

Champagne、Gunstone 和 Klopfer (1983, 1984) 認為知識 (特別指陳述性知識) 在記憶中可以分為四種要素來儲存 (圖 2-1.1) :

概念 (concept) : 指根據或由一些自然現象推導而來的一個抽象的意念。

命題 (proposition) : 是指一個敘述通則 (generalization) 或關係 (relationship) 的一個法則、原理、或經驗性的定律, 一個命題可以是對某一現象的敘述, 也可以是陳述兩個或兩個以上概念之間的關係。

小型基模 (microschema) : 是引導我們對於某一類型的現象的分析和解釋的一個心智結構 (mental structure), 一個小型基模通常是包括概念、命題及或多或少由此兩者所組成的網路。

大型基模 (macroschema) : 是一個包括許多小型基模的心智結構。

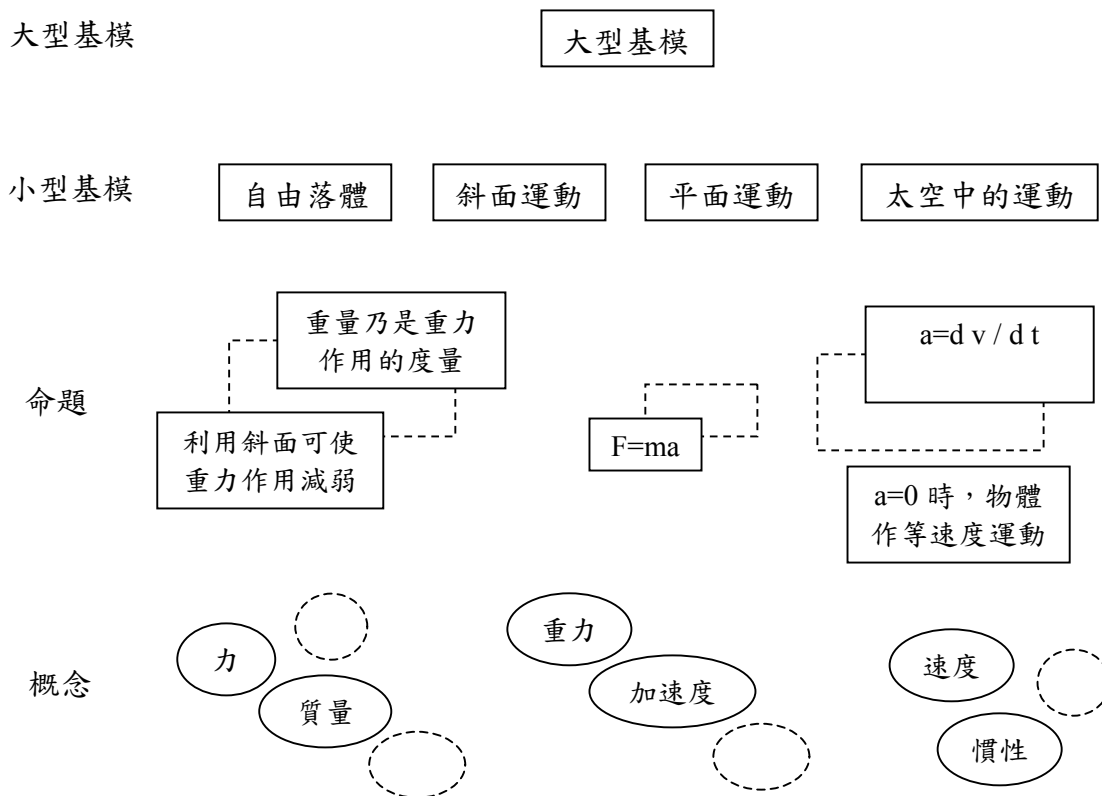


圖 2-1.1 知識在記憶中的結構 (引自郭重吉, 1990)

郭重吉（1990）提到，在科學教育研究領域中，目前很少學者是以基模的架構來探討學生對科學知識的學習。因此本研究採用 Champagne、Gunstone 和 Klopfer（1983, 1984）所提出的知識結構四要素，並搭配其他學者的論點稍加修改以嘗試將學生的科學知識概念分類。分類項目與說明如下：

（一）**基模**：具最大概念範疇，亦即本研究的中心學習主題。

（二）**次基模**：

1. 附屬於基模下的小型基模，即影響中心學習主題之下的次主題。
2. 每個次基模之下涵括許多概念以及由概念和概念連結而成的命題。

（三）**命題**：

1. 符合次基模主題中關於現象的描述，或陳述概念與概念間的關係。
2. 依組成的概念類型，命題可涵括於不只一個次基模中，亦即連結不同的次基模。

（四）**主要概念**：隸屬於次基模主題的要領概念。

（五）**次要概念**：主要概念下的附屬概念。

第二節 認知結構 (cognitive structure)

一、認知結構的意義

「認知結構」是指「知識的心智表徵」(mental representation of knowledge)，因為知識存在人類心智中，無法直接得知其內涵，故需要藉由其表現出來的樣子來推論。其意義在於瞭解人類心智中所具有的一切事物以及其運作情形，而用某些方式表達出來。因此「認知結構」是一個假想的結構，指學習者的長期記憶(long-term memory)中知識結構的表徵(Shavelson, 1974)。所謂的認知結構是指個人可資運用的知識的實質和組織內容，在涉及某一學科時，則係指學生對於該學科所知道的知識內容及其組織(Ausubel, Novak, & Hanesian, 1978；郭重吉, 1990)。

「認知的」(cognitive)意指「心智中所具備知道(know)、辨認(recognize)、表達(conceive)、並且關心自己所具有知識之能力」。而「結構」(structure)意指「一樣事物當中之元素(elements)的集合和這些元素之間的關係(relationship)」、「某些事物其元素或組成分子的組織排列(arrangement)狀況」(Pines, 1985)。

皮亞傑認為人的認知結構包括基模(schema)與心理運作(operation)兩部分，基模是認知結構的最基本單位，是靜態的架構；而心理運作是認知行為的動態因素。因此除了知識的內容與組織方式之外，後來有學者認為在認知結構中的訊息處理是一種動態的過程(Anderson, 1992; Anderson, Randle & Covotsos, 2001)，每個人除了知識的多寡與結構方式不同之外，處理的方式亦不同。「認知結構」不僅指人類大腦中所具有的知識內容與結構，更包含人類儲存及提取這些知識的過程與處理(process)模式。

一個成功的教學應先評估學生的認知結構做為瞭解學生的基礎，並應使新的訊息關聯於學生的先備知識以協助其知識內涵的發展(吳穎汕, 2003)。對教師而言，瞭解學生的「認知結構」有下列好處：

一、診斷學生的先備知識以利教學設計：

透過瞭解學生的認知結構，教師可以瞭解學生的起點行為，給予個別化、適性的方式引導學生學習。

二、藉由評量學生的概念認知結構可瞭解其學習成效：

許多建構主義者認為傳統的紙筆測驗無法真正評量出學生的學習成效，應該採用「多元評量」(multiple assessment)的方式，而「認知結構的評量」也是「多元評量」的一種方式(引自 Tsai & Huang, 2002)。Tsai & Huang (2002)也認為「認知結構的評量」比傳統的紙筆測驗能提供更多和上述兩種效標有關的訊息。

三、作為改進教學設計與策略的參考：

「認知結構的評量」除了可以作為評量的一種方式之外，透過評量學生的認知結構，教師可以檢視自己的教學設計與使用教學策略的成效，以達到自我省思，作為改善教學策略促進學生認知發展的參考。

而學生也可以透過評量認知結構的過程，監控自己的學習成果，透過這樣的過程可以增進自我「後設認知(metacognition)」的能力。

本研究探討學習者的「認知結構」，是指探討學習者心智中具有概念的「組成元素、連結關係、組織架構與運用模式」。

二、認知結構的診測向度

因為認知結構是人類心智中知識的表徵，如果沒有好的認知結構向度來觀察診測，則很難對學習者所具有的認知結構做評估與描述。

研究者對於認知結構的定義多有不同是因為認知結構的診測向度不同所致。

White (1985)建議認知結構應涵括下列九個重要的向度，這些向度彼此間可能會有相互關連而未必完全獨立。

1.廣度(extent)：所涵蓋知識範圍大小、知識量多少的程度。

2.精確度(precision)：對於學生所知道的事實、概念、命題、程序等等知

識其準確的程度。

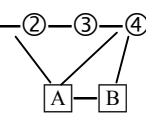
3.內在一致性 (internal consistency)：習得的新知識內容是否與舊知識彼此一致與相容。

4.內外調適性 (accord with reality or generally accepted truth)：知識內容是否與事實的情況或普為他人所接受的真理相符合。

5.組成元素多樣性 (variety of elements)：是否包含許多不同的要素。

6.主題多樣性 (variety of topics) 是否包含許多不同的主題

7.結構形狀 (shape)。例如①—②—③—④，或①—②—③—④



8.內在與外在聯結強度 (ratio of internal to external associations)：內在聯結 (指對某一學科本身主要的題材彼此之間的關聯) 和外在聯結 (例如和日常生活中的實例等比較次要事情的關聯) 的相對數量。

9.知識的可用性 (availability)，即在需要應用到某一相關知識時，能夠順利、快速憶起的程度。

國內目前則有蔡今中與黃昭銘 (Tsai & Huang, 2002) 進行過這方面的研究。其提到可由三個方面來探討認知結構，第一是概念所包含的內容，第二是概念之間的聯結關係，最後則是關於訊息的處理技能。

據此，Tsai & Huang (2002) 提出關於「認知結構」的五個向度，分述如下：

1.概念廣度 (extent)：是指學習者「認知結構」中具有概念數量的多寡，若存放於「認知結構」中的概念越多，則表示學習者能喚取的概念數越多。

2.正確性 (correctness)：指學習者「認知結構」中的概念是否和科學概念一致，透過這個向度可瞭解學習者是否具有另有概念。

3.整合性 (integration)：指「認知結構」中概念間的聯結情形。一個具有良好組織的「認知結構」，學習者可以有系統的提取所需要的概念，如同一個組織良好的資料庫，其資訊的運作具有較高的效率。

4.可得性 (availability)：「認知結構」中知識的可得性可藉由訊息的提取

速率而得知，以單位時間內活化（mobilize）及提取（retrieve）的概念數量而定。

5. 訊息處理策略（information processing strategies）：學習者對訊息的處理是動態而非靜態的，藉由分析學習者「認知結構」中的「訊息處理策略」，可以探討其訊息處理的運作情況，如定義（define）、描述（describe）、推理（infer）和解釋（explain）。

White（1985）認為認知結構的診測向度，需要經過三個方面的考驗，達到這樣的基本考驗才可算是一組良好的認知結構向度。此三個考驗分別為「可實行性」（practically）、「穩固性」（robustness）、「可創新性」（creativity）

1. 可實行性（practically）

指研究者所提出之向度要以能夠將所收集的資料（data）加以「量化計分」為原則。要提出認知結構的診測向度或許不難，但要能夠將其量化計分則並不容易。故一個無法加以計分的向度是不具有太大意義的。此外，能將原始資料轉換為分數並不代表就大功告成，轉換後得到的分數是否真正具有意義才是最後也最重要的關鍵。可以讓研究者轉換訪談資料以計分（score）。

2. 穩固性（robustness）

指在不同情況之下，認知結構的診測向度都要能夠保持穩定。可以適用於不同的研究情境。White 提出可由四方面來檢測是否具有穩固性：

- (1) 在某個情況之下，此組向度是否有用。
- (2) 在不同的研究目的之下要保持穩固。
- (3) 對於不同的研究者所持之不同「心理學模型」之下要保持穩固。
- (4) 對於不同的「研究方法」也需保持穩固。

幾乎不可能找到一組可以適用於所有情況下的診測向度，但是對於教育領域來說，為了使不同學者在不同環境、學科下所作之研究能夠方便溝通以及交換意見，還是應盡量選取一組“禁得起考驗”的向度為原則。

3.可創新性 (creativity)

指能夠激發研究者創造出更新的方法來探測認知結構。也許是可以針對某一向度更為精準的診測方法，也許是一次可以同時提供好幾個向度的豐富資訊之方法。分類系統可以促使研究者找到新的探索認知結構的方法。

本研究以皮亞傑認為的認知結構包括基模 (schema) 與心理運作 (operation) 兩部分為依據，綜合上述學者所提出的認知結構向度，縮擬出三個適合探討科學概念的「認知結構診測向度」，分別為「概念複雜度」、「概念連結關係」與「概念解釋模式」，關於此三個向度的定義說明以及與皮亞傑認知結構的對應性如表 2-2.1：

表 2-2.1 本研究認知結構診測向度說明

認知結構診測向度	定義說明	皮亞傑認知結構之對應
概念廣度	指具有的基模內容以及所涵蓋的概念多寡與類型。	基模內容
概念連結關係	指基模間與概念間的連結情形以及關係的正確性。	基模架構、心理運作
概念解釋模式	指對某概念所運用的解釋模式，包括直觀敘述、比較與量化等分析元素。	心理運作

三、評估與描述認知結構的方法

郭重吉 (1990) 認為探測認知結構的步驟可包含「認知結構的評估」與「認知結構的描述」。「認知結構的評估」是指綜合多方蒐集的資料以便對於學生的認知結構有更深入瞭解的一個整體過程。而「認知結構的描述」則是指以適合的方式來呈現出有關學生認知結構的評估結果，通常可用文字描述、圖形表徵或兩者兼用。另外，其所指「認知結構的評估與描述」，乃泛指有關於瞭解學生對於某些特定科學概念是否認識、對於意思相近的概念能否區辨、對於相關的概念(或

原理)能否指出它們彼此之間的關係、對於某些自然現象成因的解釋，以及在解決問題時所用的原理、技巧和過程等等的研究。

Driver 和 Erickson (1983) 在評述有關探查學生認知結構的方法時，提出可以畫分為語文表達、實際操作、以及兩者混合使用等三大類。他們認為用語文表達的方式可以診偵出學生對概念的理解及兩個以上概念彼此之間的關係等認知結構，但卻難以推知學生在解決問題時到底是否能夠運用這些知識結構。反之，由觀察學生在某個情境下的行為反應，也難以推測學生真正使用的法則或理論。因此，他們認為利用臨床晤談法以結合語文表達和實際操作雙方面的優點，應該是對探查學生認知結構的一個很有用的方法。

Driver 和 Erickson (1983) 認為有關認知結構的評估其實也可以從另一個角度來討論，那就是施測者所提出的問題是落在概念和實際情境的兩個極端之間，因此可根據施測者所提問題的性質，將許多評估認知結構的方法加以分類。偏向概念這一端的方法有單字聯想、自由聯想、概念構圖、命題構圖等。在實際情境這一端的方法則包括觀察、學生所用法則的評估、學生對現象的預測和解釋、以及自然情境下的研究等等。至於介在這兩者之間的則有事例晤談 (interview about instances) 和事件或現象晤談 (interview about events or phenomena)。

Stewart (1980) 對於評估認知結構方法的分類，是按資訊處理心理學的觀點，認為儲存在學習者長期記憶中的資訊 (亦即認知結構)，對於學生如何和週遭環境產生交互作用，具有決定性的影響。由於在長期記憶中主要的知識有陳述性知識和程序性知識兩種，因此 Stewart 按照這種分類把評估認知結構的方法分為三大類：在陳述性知識方面包括標示概念圖或樹狀概念圖中概念間的關係、概念和原理的陳述、用所給的概念造句以及申論對某概念的知識等等；在程序知識方面則包括放聲想的原案分析 (thinking aloud protocols)、以及誘發的回憶；最後一類則是兼顧兩者的晤談。

以下將 Stewart (1980) 和 Driver and Erickson (1983) 對評估認知結構方法所做的分類加以比對，並將目前科學教育研究領域中常被用來評估與分析描述學

生認知結構的方法整理成表 2-2.2：

表 2-2.2 評估與分析描述認知結構的方法（整理改編自郭重吉, 1990）

Stewart 分類	Driver & Erickson 分類	評估方法	分析和描述的方法
陳述性知識	語文表達	◎單字聯想	• 由所得圖形計算距離或相似矩陣，然後利用多維作圖、或階層叢集、或 Waern 的方式作圖。
		◎作概念圖	
		◎作樹狀概念圖	• 利用集合關係的圖形來表示。
		◎作 Venn 圖	• 利用常模參照或標準參照的方式評分。
		◎紙筆測驗	
		◎概念和原理的陳述： (1)敘寫概念的定義和兩概念間的關係。 (2)利用單字造句。 (3)申論方式。	• 如同晤談結果的分析與描述
程序性知識	實際操作	◎放聲想的原案	• 如同晤談結果的分析與描述
		◎誘發的回憶	
		◎法則的評估	• 根據學生使用的法則加以分類。
晤談	臨床晤談		• 摘錄晤談對話的原文，予以評論或統計分析。
		◎事例或概念晤談	• 整理成概念圖或樹狀概念圖，然後予以合適轉換。
		◎事件或現象晤談	• 概念或命題關係圖、或語意網路。
		◎示範-觀察-解釋	• 利用「芒刺果實」模型。 • 整理學生所提出的命題，並加以分類。

本研究探討的是「空氣污染與大氣運動」相關概念的認知結構，此部分較偏向於程序性的知識，評估方式除了利用紙筆成就測驗以及概念和原理的陳述之外，並輔以晤談。

第三節 鷹架理論對概念學習的影響

傳統的科學學習中，教師是提供知識訊息與學習技巧的主要來源，學生則是被動的接收者。然而，建構主義學派強調學習者應該主動建構本身對外界知識的理解與詮釋，教學者則需提供學習者合適的學習環境和資源，讓其透過相關的問題與學習過程以獲得並建構知識。鷹架理論（scaffolding theory）即是在這樣的觀點下誕生了。

「鷹架」最初源於俄國心理學家 Vygotsky 於 1978 年提出的「近側發展區（zone of proximal development，簡稱 ZPD）」學習理論，其後融合了 Piaget 的知識建構認知論和 Vygotsky 的社會互動建構論而形成。鷹架的主要意義就是幫助學習者解決某個問題或執行某項工作以達到某種目標的過程，而這目標是超出學習者個人能力之外的。Roth（1995）也描述到鷹架是提供無法獨立完成學習任務的學生之支援。因此鷹架理論強調學習者的社會互動及內在反思歷程，以教師、同儕、教學工具或教學策略等作為一暫時性的支持來協助學習者學習。藉由此學習歷程，學習者內化習得的知識概念，與現有的知識連結，可建構出高層次的知識，增進自我的能力。最終，當逐漸移除教學及學習上的輔助後，學習者可達成學習遷移的效果，主導自己的學習。然而教學者在提供鷹架之前，應先瞭解並考慮到學習者是否具有足夠的先備知識以及其起點行為為何，如果教學者不清楚學習者是否具備學習某種事物或概念的基本條件，則無法適當的提供其學習上的支持與協助（Dixon-Krauss, 1996；Rosenshine & Meister, 1992；張莞珍, 1997；施富有, 2004）。

在鷹架理論的教學設計下，學習者必須主動的參與學習及主動思考，透過師生或同儕團體的互動與自我理解過程，建構本身的知識，而不僅僅是被動的接受他人知識的灌輸。所以在教學過程中，教學者的教學方式應打造互動的環境，針對學習經驗提供適當的支持，幫助學習者建構出能達成有意義學習的思考方式。因此，教學者應運用適當的鷹架策略，設計能促進學習者概念學習的課程內容與

學習環境。綜合過去的相關研究，鷹架的使用方式可分為以下三大類型：

（一）教室對話

「對話」是一種利用語言進行的社會建構方式。「教室對話」為教學者傳遞知識，學習者獲得知識的主要管道，強調教學是師生互動的過程，師生間透過對話進行教學與溝通，教學者的責任是傳遞訊息或活化資訊，一方面需要提供相關領域的知識，另一方面也要監控互動的過程、管理教學的品質，使學習者的言談能表達地更為精緻且清楚（Gee, 1990；金吉祥, 2004）。

透過教室對話傳達的過程，學習者以既有的知識與概念，理解教學者的言語，獲得課程內容的學習，而教學者則從學生的反應，校正教學、修正對話，持續的進行教學，使師生對於課程的理解形成共同的概念，並不斷的擴大，直到課程目標達成（陳埤淑, 2000）。

綜合以上所述，「教室對話」其實也就是教學現場中的「師生對話」，以對話溝通的方式進行教學指導、監控學習並提供適當的回饋。

（二）教學活動

「教學」即是教師經由詳細的計畫和設計，運用適當的技術和方法，以指導、鼓勵及激發學生自動學習，以獲得生活上所必須的知識、技能、習慣和理想的一種工作或活動（林來發, 1992）。

教學活動的過程中，教學者必須運用各種有效的教學方式，以達到想要獲致的教學目標，而在整個活動所有運用的教學方法便組織成各種教學策略。教學者應能給予在問題解決上有困難的學習者一些提示或示範，使用適當的教學策略帶領學習者逐步的解決問題（Hedegaard, 1990；沈中偉, 1994）。另外，在教學設計中所置入的問題情境，應以能激發學習者的學習動機，同時與學習者的先前概念、經驗、背景有關為原則。

綜合以上所述，「教學活動」即指教學者所運用的教學策略、方法以及教學內容的設計。

(三) 同儕互動

同儕互動是一種相互依賴的社會性活動，可藉由「合作學習 (collaborative learning)」而達成，學習者須親自理解某些概念和想法，但如果不與他人互動，則無法獲得真正的理解 (Wheatley, 1991；張惠博, 1995)。Piaget 認為，同儕互動有益於認知發展，學習者在同儕互動的過程中交換觀點，可能引發認知衝突，進而引起認知失衡到再度平衡間的重新建構，有助於學習者在認知層次上的提升 (金吉祥, 2004)。

在教學現場中，較常以分組討論、小組合作研究的方式來進行同儕互動的學習活動，小組成員經由團隊合作，共同討論及腦力激盪出最佳方案，以完成問題解決、活動執行等學習任務。

本研究配合此三類鷹架使用方式，設計教學課程內容並設置學習環境以協助增進學習者的概念學習。鷹架內容與課程實施方式對應如表 2-3.1。

表 2-3.1 鷹架實施方式

鷹架方式	內容簡述	本研究課程實施方式
教室對話	以師生對話溝通的方式進行教學指導、監控學習並提供適當的回饋。	<ul style="list-style-type: none">• 教師課程內容講解。• 問題提問。• 學生發表與教師回饋。
教學活動	教學者所運用的教學策略、方法以及教學內容的設計。包括提供有效的教學方式、激發學習動機、逐步引導的問題提示與示範等。	<ul style="list-style-type: none">• 以日常生活情境為主軸設計課程• 配合影片、動畫、香水及線香實驗引起興趣。• 設計空污建模軟體輔助學習。• 由教師提供完整的學習資源轉變為由學生自主性的學習。
同儕互動	以分組討論、小組合作研究的方式共同討論及腦力激盪來完成問題解決、活動執行等學習任務。	<ul style="list-style-type: none">• 小組進行課堂討論。• 組內、組間線上討論與互評。

第四節 學習投入 (engagement)

即使教師發展了良好的教學課程與內容以提供學生學習上的支持，若學生沒有進行自我導向學習，選擇並整合有意義的學習內容進而內化為本身的想法與知識，則學生的學習必定大打折扣。黃雅鈴（2004）指出學生在課堂中的投入（engagement）情形是了解學生概念學習的指標之一。亦即，學生的學習投入狀況會影響其概念學習。

1980 年代，BSCS（Biological Science Curriculum Study）美國生物科學課程研究在小學課程發展出含有建構主義特性的 5E 學習環教學模式，分別為：投入（Engagement）、探索（Exploration）、解釋（Explanation）、精緻化（Elaboration）和評量（Evaluation），即為熟為人知的 BSCS 建構式 5E 學習環（黃台珠等譯，2002）。其中的「投入（Engagement）」指引導學生心智上投入課程的主要概念，激發興趣與好奇心。因為學生必須先對課程感興趣且實際參與學習，其後的學習過程也才具有意義。

Fredricks et al.（2004）將「投入」分成三種，分別是行為投入（behavioral engagement）、情感投入（emotional engagement）與認知投入（cognitive engagement）。此三種投入的定義敘述如下：

1. 行為投入（behavioral engagement）

指的是學生能配合課程進行的程序，完成學習任務。

2. 情感投入（emotional engagement）

指學生的學習動機、興趣與態度等情意面向。

3. 認知投入（cognitive engagement）

指學生進行自我思考學習、計畫與修正想法，且於學習任務完成後反思與評估認知，也即學生運用後設認知的策略。

完成學習任務的行為投入，可能只是表面上的投入，不見得有實質上真正融入學習情境及具有深度思考的認知投入。而學生的情感投入則綜合了許多複雜情意面向，很難就單一面向進行探討。學生認知投入的方式可包括主動尋求並覺知具價值的外在資源、探討與他人想法相異原因以及自我反思學習狀況。因此本研究嘗試分析學生在課堂中認知投入的情形，並探討其對學生概念學習的影響。

第五節 大氣概念相關研究

國內外對於學生有關大氣概念的研究相當少，國內比國外的研究起步晚，研究對象大多集中在國小及國中學生，而且早期的研究主題著重於水循環、水的三態變化與天氣現象等的迷思概念，近幾年來則對於影響天氣變化的天氣系統，如氣團、高低氣壓、鋒面、颱風等概念的研究，有較多的涉及（劉雪華，2004）。與本研究的課程內容知識相關的迷思概念之研究整理如下：

一、Dove（1998）探討國中、小學生關於天氣方面的迷思概念，內容包含雲、雨、風、壓力、打雷以及閃電，文獻回顧發現 11 歲以上孩童具有的迷思概念有：

1. 天氣圖上的“H”是指熱的溫度，而“L”則是指冷的溫度。
2. 氣壓會隨著高度而增加。
3. 討論是由於學生不當的使用術語過於簡化概念，進行不正確的推理，機械式的背誦學習，造成迷思概念的結果，並且發現許多天氣現象的迷思概念，到了 11~18 歲仍然持續存在。

二、莊世民（2002）探究國小六年級學生對「氣壓」具有的相關迷思概念為：

1. 空氣濃厚與空氣稀薄相比較，濃厚即為高氣壓，稀薄即為低氣壓。
2. 氣溫高的地方，空氣膨脹較輕，氣壓低；氣溫低的地方，空氣收縮較重，氣壓高。

三、盧靖華（2003）研究中指出國三學生對於天氣相關概念，可能具有的迷思概念有：

（一）飽和

1. 對於空氣上升時、壓力會變小、體機會膨脹、溫度會降低的因果關係混淆不清。部分學生認為空氣上升溫度變低是因為和外界冷空氣混合而下降。

（二）氣壓與風

1. 認為高溫的空氣造成高氣壓，低溫的空氣造成低氣壓。因學生會由字面來解釋而不知道原因。

2. 認為風的流動，造成高低氣壓，導果為因。
3. 認為風是由空氣垂直方向對流作用產生。學生會以單向的因果推理來分化概念，而作不當推論。

四、劉雪華（2004）探討國小五年級學童對天氣變化相關概念之認知情形如下：

（一）高低壓中心

1. 學童對高、低氣壓中心的認知傾於記憶，無法將所學知識應用。
2. 學童對高、低氣壓中心的迷思概念：高氣壓中心是中間冷，外層熱，而低氣壓中心是中間熱，外層冷；或是相反的認為高氣壓中心是裡面溫度比外面高，低氣壓中心是裡面溫度比外面低。

（二）氣壓中心與天氣

1. 有高於一半以上的學童認為蒙古地區形成的高氣壓中心之天氣是「溫暖」的。
2. 學童對氣壓中心與天氣的迷思概念：認為高氣壓中心的天氣是炎熱且潮濕；低氣壓中心的天氣則是冷且多雨。

本研究欲瞭解高一學生在課程進行前所具有的大氣相關先備概念，探討是否仍具有上述各研究中國中、小學生存在的迷思概念。

第六節 國內外中學課程與大氣運動概念相關教材內容

一、台灣

目前國內九年一貫的課程「自然與生活科技」學習領域之教材內容綱要中，要求學生知道什麼是空氣污染，能體察空氣受到污染會對生物產生的影響，並知道空氣污染防治的簡易方法，也能夠收集資料歸納空氣污染的種類及污染來源，比較防治與改善方法（表 2-6.1）。雖然綱要僅列舉這幾個重點，但許多版本的教科書，對於空氣污染的介紹更為詳盡，例如某版本國三課程教學目標，包含：

- 1.說明空氣污染的種類與來源；
- 2.說明空氣污染對環境與人體健康的不良影響；
- 3.了解空氣污染指標的意義並應用於日常生活中；
- 4.知道臺灣地區空氣品質不佳的地區及其可能原因；
- 5.知道並比較空氣污染防治的方法；
- 6.了解酸雨的意義；
- 7.知道酸雨的成因與影響。

因此學生在國中小階段就已經對空氣污染有基礎認識。

表 2-6.1 九年一貫「自然與生活科技」學習領域教材內容要項之空污主題列表

課題	主題	次主題	內容細目
生活與環境	環境保護	421 環境污染與防治	空氣污染與防治 2b.知道什麼是空氣污染。 3d.體察空氣受到污染會對生物產生的影響，並能知道空氣污染防治的簡易方法。 4d.能夠收集資料歸納空氣污染的種類及污染來源，並比較防治與改善方法。
自然界的作作用	改變與平衡	211 天氣變化	氣象報告 2d.認識氣象報告，並有適當因應。 風雲雨霧 3a.藉由氣溫、風向、風速、降雨等量化的方式，來描述天氣的變化。 天氣圖 3c.認識天氣圖上高、低氣壓、鋒面、颱風等符號及其表現的天氣現象。

			台灣的天氣 4b.知道高、低氣壓推移流動的性質。 4d.觀察冬季和夏季之風向、溫度、溼度的變化。
--	--	--	--

※內容細目編碼說明：1代表國小一、二年級、2代表三、四年級、3代表五、六年級、4代表國中一、二、三年級。a、b...為流水號。

高一基礎地球科學的95課程暫行綱要（簡稱95暫綱），列舉之課程目標有三：「1.使學生具備地球科學的重要基本知識，並能了解或關心日常生活中有關地球科學的報導。2.使學生在日常生活中能夠活用地球科學」的知識和方法，並發展解決問題的能力。3.使學生對地球科學及環境等相關議題產生興趣與學習意願，並能主動關心和珍惜地球環境。」本研究課程活動模組「空氣污染探究」主題完全符合該目標，知識內容更可橫跨高中95暫綱的地球科學及化學兩科目（表2-6.2）。高一地科對地球大氣的介紹包括大氣層垂直氣溫、氣壓的分布特性，高、低氣壓系統與風向、風速、大氣垂直運動的關係，及其與天氣變化的關係；而在地球資源與永續發展上，也教導學生知道各種污染（水、空氣、酸雨、土壤...）的嚴重性。另外，高一化學介紹一般常見的大氣污染現象、大氣污染物及其來源、大氣污染對環境的影響及其防治方法；高二課程則需要學習氣體的擴散。

表 2-6.2 高中 95 年暫行課程綱要與空污主題相關列表

年級／科目	主 題	主要內容	內 容 細 目	預 期 學 習 成 果
高一地科	三、動態的地球	1.地球的結構	1-1 大氣的結構	了解大氣層垂直氣溫、氣壓的分布特性
		2.大氣與海洋的變動	2-1 大氣變化與水循環	了解高、低氣壓系統與風向、風速、大氣垂直運動的關係，及其與天氣變化的關係。
	六、地球資源與永續發展	1.資源、環境與永續發展	1-2 減少環境破壞	知道各種污染（水、空氣、酸雨、土壤...）的嚴重性。
高一化學	二、自然界的物質	3.大氣	3-2 以一般常見的大氣污染現象	主要的大氣污染與其防治

			象說明污染物及其來源 3-3 大氣污染對環境的影響及其防治方法	
高二化學	二、物質的狀態	2. 氣體的性質	2-3 道耳吞分壓定律、擴散定律	氣體的擴散

二、日本與中國

日本的高中必修之理科綜合課程，其中「人類的活動與環境的關係」主題內容，提出水與大氣污染、植物變遷現象、地球溫室效應等生物與所處環境的相關課題，簡單說明人類與環境的關係，及維護地球環境的重要性。而中國的高中課程之地理選修課程，「環境保護」的主題中，包含大氣污染及其防治的內容。

目前世界各國對空氣污染所產生對人類健康，及動植物生命之影響均非常重視，空氣污染議題正是當前重要的環境課題，綜觀國內外之課程標準，台灣、日本與中國的中學課程均設置「環境保護」主題，包含空氣污染及其防治等學習內容。然而空氣污染與大氣運動密切相關，雖然國內的中學地科教育課程提及空氣污染內容，也對地球大氣現象及特性作介紹，但卻未能將兩者之間的因果關係綜合討論，故本研究設計空氣污染探究模組課程，研發線上模擬軟體，其目標即在統整空氣污染主題與地球大氣課程，更增添一般空污課程中少見的污染物擴散與傳播的內容，建置以真實情境為出發的探究活動，培養重要的科學過程技能，以同時增進學習者的科學知識與科學素養。