

教育研究集刊

第五十二輯第一期 2006年3月 頁59-92

幼兒「重量概念」多元智能取向 科學學習系統之建構

莊麗娟

摘要

為提昇概念體系的有效發展，本研究嘗試以重量概念為主題，分析其發展脈絡，並融合多元智能理念，建構幼兒科學學習系統。該系統在學習活動方面設計「探索（Knower）→器械建構（Doer）→問題解決（Dreamer）」三叢集活動，強調學習情境與學習引導的鷹架性；在評量活動方面則設計「科學能力—智能傾向—工作風格」三向度評估，著重歷程檔案的建構與多層次分析。經科學教育、認知心理、測驗評量、資深幼教教師等專家評估，一致認為本系統具有多項特色，並有高度的「向度完整性」、「認知符合度」、「思考挑戰性」、「型式創意性」、「鷹架流暢性」及「情境合宜性」；其可深化概念認知、提昇過程技能、促進學習動機，並能及早窺探智能傾向，兼具適切性與效益性。

關鍵詞：多元智能、重量、學習系統

莊麗娟，國立屏東教育大學幼兒教育學系副教授

電子郵件為：Lichuan@mail.npue.edu.tw; Lichuan5119@seed.net.tw

投稿日期：2005年8月15日；修正日期：2005年10月8日；採用日期：2006年2月18日

The Construction of a Multiple-Intelligence-Oriented Science Learning System for Teaching Young Children the Concept of Weight

Li-Chuan Chuang

Abstract

This aim of this project was to construct a multiple-intelligence-oriented pre-school science learning and assessment system for teaching young children the concept of weight. Children's learning activities were designed within the framework of Knower (exploration), Doer (technological construction), and Dreamer (problem solving), highlighting the scaffolding function in the learning situation. Assessment was three-dimensional: the scientific ability, intelligence and working style of young children were evaluated; there were construction and multiple analyses of students' portfolios. This learning and assessment system was evaluated by experts from the fields of scientific education, cognitive psychology, education assessment and early childhood psychology, and found to be appropriate and effective. It can be an effective means for enhancing young children's conceptualization ability, procedural skills and learning motivation, and also facilitate the testing of children's intelligence potential as early as possible.

Keywords: multiple intelligences, weight, learning system

Li-Chuan Chuang, Associate Professor, Department of Early Childhood Education, National Pingtung University of Education

E-mail: Lichuan@mail.npue.edu.tw; Lichuan5119@seed.net.tw

Manuscript received: Aug. 15, 2005; Modified: Oct. 8, 2005; Accepted: Feb. 18, 2006

壹、緒 論

一、研究背景

(一) 幼兒科學教育亟需充實提昇

幼兒科學教育在課程、教學法與評量上的不足，是長年以來的一大難題。幸曼玲曾有一番中肯的分析：

長久以來，幼兒科學教育被認為是各科教材教法最弱的一環。造成這種現象的原因很多，其中最常被提及的是幼教老師的專門知識不足；而老師如何將抽象的科學概念轉化成淺顯易懂的日常用語並讓幼兒理解，更是一大挑戰。……雖然，幼兒科學活動設計也逐步被引入幼兒園。但這類科學活動，又僅止於科學概念的簡介，孩子在過程中並沒有認知的涉入。……這樣的科學教育產生若干迷思。首先是以為在科學實驗的過程中「動手操作」就已足夠……另一個迷思就是低估孩子的能力，認為孩子要有抽象的思考，才能思考與科學概念相關的事例。(引自陳燕珍，1999：9-11)

幼兒能力被低估，在晚近大腦與認知科學的研究下，一再被證實，例如：DeLoache (1987) 指出，2.5歲至3歲的孩子就能正確地配對按比例縮小的模型與實體；透過「習慣化—去習慣化」的設計，發現5個月的嬰兒已能預測物體行進的空間關係，具有物體恆存的概念 (Baillargeon & Graber, 1987)；甚至發現即使是3、4個月大的嬰兒就具有數感、能分辨 $1+1=2$ 、 $2-1=1$ (Dehaene, 2001; Wynn, 1992)。基此，研究者認為學前幼兒在科學學習方面的潛能，可能超過我們先前的評估。幼兒科學教育在理念、教學設計與學習引導上，亟需提昇，實明顯可見。而透過幼兒「概念發展的檢視」，結合「教育專業知識」，進行教學與評量的系列性設計，以推動幼兒的科學學習，應是當前努力的方向。

(二) 重量概念為應開發的主題

欲追蹤生命早期概念發展的脈絡，據此開展個體的科學潛能，研究者認為其研究主題，應跳脫以往高階概念的研究焦點(如物質微粒、化學平衡、加速度等)，

從更基礎的概念著手，而此等概念必須是眾多高階概念的核心因素，亦必須是幼兒期即已蓬勃發展的概念。「重量概念」實為個體最早期發展的概念之一，與之相伴隨的有多種類似概念(如大小、密度、壓力等)，幼兒常易生混淆(Driver, Guesne, & Tiberghien, 1993)；與之相關的也有多種效應(如自由落體、斜坡運動、浮沉、單擺、槓桿等)，即使成人也常產生不正確的歸因(Bar, Zinn, Goldmunts, & Sneider, 1994; Carvalho, 2004; Howe & McMahon, 2003; Linn, 1977; Siegler, 1981)。

目前國內外有關「重量概念」的發展研究，在向度上尚未完整，絕大多數以「重量保留概念」或「重量相關效應」為焦點。此二者的研究成果頗多，並發現各類重量保留概念(如變形、分割、融化、蒸發)的成熟年齡並不相同(Galili & Bar, 1997)，「重量」常是主導個體詮釋各種現象效應的因素(如認為重量會影響物體掉落、擺動的速度)(Linn, 1977; Piaget, 1972)。然而，若針對幼兒，欲追蹤此概念的原發推理機制，實有必要在探討的向度上加以轉化並擴展。其中Galili和Bar(1997)的研究論點，頗值得參考。Galili和Bar指出，孩子對於重量概念的認知是：1.由主觀重量(subjective weights, 感覺重)，逐漸進入客觀重量(objective weights, 所含物質的量)，前者主要由觸感經驗構成，而後者則逐漸關注物體的本質特性；2.孩子對於「輕與重」有一般性觀點，重的東西常代表「穩定的」(stable)(如不易被搬動或舉起)、「強壯的」(strong)(如能壓碎其他物體)、「具穿透力的」(overcome the resistance of the media)(如能在水中下沉)。若延續此脈絡，研究者認為在「重量概念」的探討上，應可加入孩子對於「重量是什麼？」的相關檢視，包含觸感性及本質性二項認知；其次，有關重量的相關效應，可呼應孩子對「輕與重」的觀點(穩定的、強壯的、具穿透力的)在「重量的現象」上，依序著力於搬物、落體與浮沉三種主要現象。最後在「重量的改變與恆定」上，則可更完整地探討離地高度、爆開或壓縮、變形或分割、溶解、冷熱效應等五項重量保留概念。若能據此探析幼兒重量概念的發展脈絡，著力於推理機制的試探，發掘概念網絡中的介入契機，以建構科學學習系統，將有助於結構性的充實幼兒早期探索經驗，提昇科學概念體系發展的可能性。

(三) 多元智能理論可期精緻推展

Gardner(1983)提出多元智能理論，認為人類至少包含八種獨立的智能，此

理論目前已逐漸被融入實際的教學與評量中(白珮宜、江玉燕、許瑛珺、林詩怡、汪惠玲, 2004; 林倩玉, 2001; 張滄敏, 2001; Carson, 1995; Goodnough, 2001; Haley, 2004; Krechevsky, 1998; Lazear, 1999; Raffin, 1996; Roesch, 1997), 以開展人類的各項潛能。

目前, 國內外研究中, 將多元智能理念運用於「幼兒教育」階段, 數量仍少(如光譜方案), 其中以「科學」為核心進行規劃者, 數量更少。由於科學學習常受阻於個體的另有架構(迷思概念), 此迷思概念的形成, 與幼兒時期的科學探索經驗, 息息相關。多元智能理論提出八種不同的「求知方式」, 進一步詮釋了人類的求知歷程, 以及有效學習的可能性, 使我們能以更積極樂觀的角度, 透過精心設計, 協助個體以其優勢的求知方式, 進行非智能傾向的領域學習。研究者認為幼兒科學教育的推展, 可精緻化的從多元智能的八種「求知方式」著手。此類理念的融入, 將使幼兒科學學習更具可能性。配合多向度科學活動的探索, 採用「口語、幽默」、「符號、型式」、「描繪、影像」、「鳴音、震動」、「工具、體動」、「溝通、團隊」、「情感、反省」與「自然界探索」等多元方式, 可望使幼兒科學教育優質化。

(四) 建構式學習理念可資重要依據

建構主義的流派可概分三大論點, 分別強調學習歷程中的主動探索、社會互動, 以及情境脈絡, 亦構成當前科學教育的重要取向。因應此理念精神, 研究者統整相關學者的論述, 歸納出下列原則。

「學習內容的規劃」, 應著重科學原理與真實生活、個人經驗與社會鷹架、材料設備與認知概念間的呼應性(Grieshaber & Diezmann, 2000), 並同步兼容多元性、關聯性與挑戰性(Landry & Forman, 1999; Worth & Grollman, 2003), 配合故事體(Black & Hughes, 2003)與科技(Brown, Collins, & Duguid, 1989), 以提昇探索的意義度, 促成科學概念的發展。

「學習進程的引導」, 應配合兒童的科學思考歷程, 循序鷹架、擴展, 並引發反思與應用(Bredenkamp & Rosegrant, 1992; Charlesworth & Lind, 1999; Landry & Forman, 1999)。其中「問問題」是極佳鷹架型式(Skamp, 1996), 語文互動(verbal interaction)是概念發展的要素, 可產生智性的運作, 引導注意、推理、澄清、抽

象化，以整合概念的形成（Howe, 1996; Vygotsky, 1986）。而多種媒介的應用，則可表徵思考，促發認知歷程的覺知與意義的理解（Landry & Forman, 1999）。

「學習成果的評量」，應以實作為本位（performance-based）（Kelly, 2000），著重真實性、歷程性、整體性。配合學習主題，採用多元型式，如寫報導、繪圖並解釋、計畫並進行調查探究等（Shepardson & Jackson, 1997）。而在幼兒階段，基於其語文能力的侷限，可更強調肢體的實作（如肢體創作或模型製作）與繪圖表徵（如畫紀錄圖或設計圖），並應著力於團體問題解決的歷程紀錄，彙集成評量檔案，以檢視追蹤個體概念成長的軌跡，並鑑知其整體能力。此方式應用於幼兒方案教學中，具較真實檢視潛能的效果（Helm & Beneke, 2003）。

基於上述，研究者以「重量概念」為核心，進行概念發展的追蹤檢視，並融合多元智能理念，依循建構式學習精神，規劃一系列幼兒科學學習系統，同時透過多領域專家，依據設計模式、具體內涵與試教檔案，評估其特色、適切性與效益性。至於具體成效的系統性檢證，將於下一階段研究中進行。

二、研究目的

（一）依據幼兒概念發展的脈絡，融合多元智能理念，建構「重量概念」幼兒科學學習系統。

（二）以專家效度評估「重量概念」幼兒科學學習系統之設計特色、適切性與效益性。

貳、研究方法

一、研究架構

本研究主要包含「學習系統之建構」與「學習系統之評估」兩部分。

「系統之建構」，係透過學習與評量的相關文獻、專家學者的評析建議、實務工作者的經驗觀點，以及研究者的行動反思，逐步修正、建構而成。而「系統之評估」，則委以相關領域專家，依據系統的設計模式與具體內涵，評核其設計特色，並參酌4~6歲幼兒小樣本試教的相關歷程檔案，評估其適切性與效益性。

二、學習內容的發展

本學習系統，著重配合幼兒概念發展的脈絡，系統性引導多向度重量相關效應的體驗，並提供多種學習方式，協助幼兒運用其優勢智能進行學習。學習內容規劃的流程依序為：1.探測幼兒概念發展網絡，歸納推理機制及關鍵性迷思，研判介入點；2.以介入點為核心，規劃多向度學習主題；3.因應學習主題的性質，彈性設計不同的求知方式，以引導學習。

學習內容，主要概分為三大學習焦點，即：1.重量是什麼；2.重量的改變與恆定；3.重量的現象等三者。為使學習活動較生動活潑，以激發意義化學習，研究者規劃探索（Knower）、器械建構（Doer）、問題解決（Dreamer）三叢集活動，層次性地引導幼兒經由探索求知，以至創造性的情境應用。

三、試教樣本與評核專家

（一）試教樣本

本研究試教樣本來自高雄市私立幼稚園。為取得較深入、精緻的訊息，研究者於一混齡班（4~6歲）中取樣6人，進行教學。全體樣本之魏氏幼兒智力量表（WPPSI-R）得分，介於78至138之間，含高、中、低智商各2人，平均值為104，標準差為21。其家庭背景多數為經商或民營機構基層員工（占67%），文教或高科技人才者占33%；父母教育程度主要介於高職至專科之間（占50%），高職以下學歷者占17%，大學以上學歷者占33%。個案詳細資料請參閱附錄。

（二）評核專家

本研究者敦請相關領域專家學者，共計六人，進行學習系統的評估，包含：1.科學教育專家二人（均為科學教育所教授，其中一人更著力於物理教育理論與教學模式的建構）；2.認知心理學與評量學者一人（為特殊教育學系教授，專攻認知心理學、測驗評量、學習障礙）；3.幼兒教育學者一人（幼兒教育學系教授，專攻幼兒發展、建構理論）；4.資深幼兒教師二人（教學年資均十年以上，具幼教相關學士或碩士學位，並熟嫻多種幼兒科學教育模式）；此六人皆曾參與科學教育之相關研究，對科學學習歷程具豐富的認知與經驗。

四、教學的實施與歷程資料的蒐集

為評估學習系統之適切與效益，進行六個月的試教，並於其中蒐集相關歷程資料，以作為專家效度評核的參考。

教學的實施，主要由研究者擔任，並商請二名幼兒教師協助。研究者具有18年自然科學的教學實務經驗，近年來亦從事一系列概念發展、教學模式及多元評量等相關科學教育研究。而二名幼兒教師，一為帶班教師，另一名則為多次參與研究者相關研究的外聘資深幼兒教師，其對幼兒認知發展，以及建構教學的理論與實務，有相當程度的鑽研。此二人，於教學進行中，協助資料的蒐集，並於必要時帶動相關的探索與實作。

學習活動的展開，主要先進行小組教學討論，而後鼓勵半結構性或開放性的個別探索，最後實施學習評量。整個歷程均加以錄影，並轉錄成文稿，同時拍照存檔各活動的討論圖、摘錄各主題活動的評量結果，以及蒐集整理幼兒的創作（含繪圖、自編故事、舞蹈、編歌等）等相關資料，以作為專家評估的參考。

五、專家的評估與資料的分析

在設計特色方面，由評核者依據本系統的理念模式與具體設計，進行開放性的評論分析，研究者將六位評核者的口述與評論文稿，分析並統整歸納評分者一致性者達1.00的評論事項，總結成本系統之設計特色。

在適切性方面，含向度的完整性、認知的符合度、思考的挑戰性、型式的創意性、鷹架的流暢性、情境的合宜性等六項指標；而效益性方面，則著重本系統是否能有效激發學習，並較真實的評估潛能。此部分檢核，係參酌試教歷程中的相關檔案（概念主題評量紀錄、問題解決歷程紀錄、智能焦點探索紀錄、作品集錦等），進行研判。評核等級，以1~3計分，分別代表低、中、高層次。

參、研究結果

一、學習系統之建構

茲將本學習系統之設計模式統整如圖1所示，說明如下。

(一) 概念發展之前導分析

概念發展的前導分析，主要在追蹤幼兒概念網絡、推理機制及關鍵性迷思，並從中研判介入點。限於篇幅，較詳細分析另見莊麗娟（2004）。研究者發現在重量概念的三向度中，即「重量是什麼？」、「重量的現象」、「重量的改變與恆定」，幼兒的概念推理，有相當程度的脈絡關聯性。而其中最關鍵性的要素為「重量推測的偏差」（誤用非關鍵性線索來推測重量）。此重量推測的偏差，主要起因於幼兒概念的未分化（即混淆體積、重量與密度概念），以及微量物質概念的缺乏（以知覺研判極微物的重量，認為它沒有重量），進而影響重量的保留推理，以及搬物、落體、浮沉的現象推理。基此，研究者在學習系統的規劃中，即以重量推測為介入的核心，並伺機引介密度概念（物質的重量特性）及量具（天平、微量天平），以調整幼兒概念混淆及知覺主導思考的認知極限，並從搬物現象中，延展槓桿、滑輪、輪軸、單擺、斜坡等相關概念，以強化幼兒概念網絡的廣度與精緻度（見表1、圖2）。

(二) 學習系統之規劃

1. 學習系列

(1) 活動內涵

本學習系統主要在提供多向度重量相關效應的體驗，並提供多種學習方式，以協助幼兒以其優勢智能進行學習。研究者為了使活動多元化並具結構性，規劃三類活動叢集，即：探索（Knower）、器械建構（Doer）、問題解決（Dreamer）。此構想靈感，來自Bredekamp和Rosegrant（1992）、Charlesworth和Lind（1999）的學習環（覺知→探索→質問→應用）。研究者認為若能從更宏觀的角度，將學習活動，依學習的成熟層次，由探索、實作，而至情境應用，分成三種叢集系列，

概念發展之前導分析

- (一) 重量是什麼：觸感性認知、本質性認知
 (二) 重量的現象：搬物、落體、浮沉
 (三) 重量的改變與恆定：離地高度、變形分割、擴展壓縮、溶解、冷熱效應

學習系統



圖1 多元智能取向幼兒「重量概念」學習系統之設計模式

表1 幼兒「重量概念」之迷思分析摘要表

向度	主要迷思概念
重量是什麼	
重量的推測	誤用體積、硬度、形狀等線索判斷重量，並混淆大小、重量與密度概念。
微量物質概念	以觸感判斷重量，如認為沙粒沒重量。
物質重量特性	不知物質具有特定的重量特性，誤用外觀顏色，而不以重量來鑑定材質。
非物質的辨識	認為影子是實際存在的東西，有重量，大影子比小影子重。
重量的改變與恒定	缺乏重量保留概念，以視覺線索判斷重量，體積是主要的判斷線索。
離地高度	認為高度越高重量越重。
變形分割	變形與壓縮的保留推理採用同一推理機制；
壓縮	微量分割與溶解的保留推理有高度相關；
溶解	當物體消失、軟化認為會變輕；
冷熱效應	或認為加熱後，熱跑到物體裡，會變重。
重量的現象	認為重量可以完全決定物體的速度與相關效應。
搬物	搬物概念著重力的合成與物的分解，尚未涉及力的轉換，如：槓桿、滑輪、斜坡、單擺。
落體	認為重的東西落得快，並能產生較大的力量。
浮沉	認為重的東西會沉入水裡，並且在不同的液體裡都會沉。

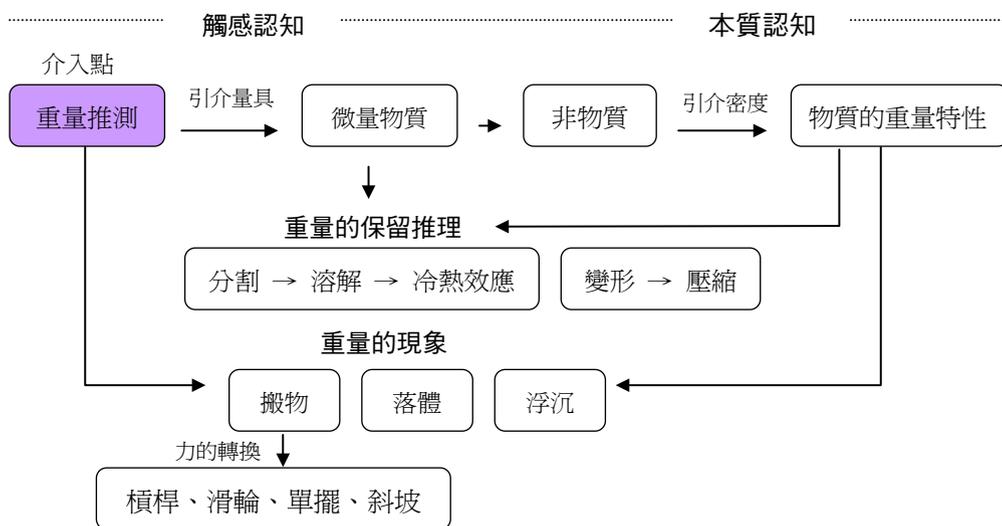


圖2 幼兒「重量概念」學習介入之架構圖

將更有助於學習的意義化。其中，實作部分，研究者更聚焦於器械的建構與組裝，此係得自Krechevsky（1998）光譜計畫「組合活動」的啟發，有助於幼兒後設能力的培養。此三類活動相互呼應，並具層次性。

「探索」叢集為概念學習的初階活動，其目的主要在引發幼兒多種感官探索、誘發觀察、比較、推理、假設及試驗等過程技能，以確立幼兒對重量相關概念的初步認知。本叢集活動，具有不斷探索、嘗試、驗證，由思考中求知的性質，幼兒乃一主動的求知者，因此研究者稱之為Knower。在Knower叢集中，研究者配合重量概念的三向度內涵，結合戶外生態與室內器材，共規劃12項活動。幼兒除了進行核心式個人探索及小組討論外，教師更鼓勵多元的學習型式，例如繪圖、編故事、設計模型、舞蹈律動、生態觀察等，藉此擴展學習活動的豐富性及趣味性，亦可從中窺探幼兒的智能傾向。

「器械建構」叢集為探索叢集的輔助活動，配合探索焦點，適時提供器械組合與建構的機會，以強化概念認知與操作技能。本叢集活動，具有由行動中思考、由思考中應用的性質，幼兒乃一行動者，因此研究者稱之為Doer。在Doer叢集中共規劃5項活動，分別為天平、滑輪、彈珠軌道（斜坡運動）、浮船與潛艇（浮沉）、電風扇組合等，均強調幼兒的自主性發現與創作。透過實際的組裝、功能的修正調整、設計發明及檢討反思，以發展並檢視幼兒的機械、動作及空間能力。此類型科學活動，在一般幼兒科學教育中，較為忽略，然而其對激發幼兒之程序能力、後設能力、視覺記憶能力具有不容忽視的效果。

「問題解決」叢集則為概念學習的進階活動，為前二叢集的進階應用。研究者規劃「糖果屋探險」的故事情節，讓幼兒以分組的方式，應用其先前認知及器械建構能力，延展各種問題解決策略，以解決探險歷程中各式的難題。本叢集活動，具有深度構思、彈性解決問題、激發新聯想、新創作的性質，幼兒有如一個夢想家，不斷創造新的可能性，因此研究者稱之為Dreamer。Dreamer叢集中，研究者配合尋寶圖，依序設計「在森林途中」、「進入糖果屋」、「巫婆的考驗」及「兩兄妹的妙計」等四大流程，共包含11項難題。幼兒可在其中創造性地應用所學，解決探險歷程中一系列的困境，並依其智能傾向進行不同創作，藉之深化科學認知、過程技能與學習情意。Dreamer叢集的故事情節與活動架構，見表2。三類叢

集活動之內涵分析，請參閱附錄。

表2 問題解決叢集（Dreamer）的故事情節與活動架構

故事情節	
<p>很久很久以前，有兩兄妹聽說森林中有一個「糖果屋」，糖果屋的主人是一個瞎眼的巫婆，她的屋子後面有一個秘密寶藏，藏了很多黑色的金沙。他們想去森林探險，尋找寶藏。在森林中，他們遇到一對天使，天使送給他們一張藏寶圖，他們很高興，趕快把這張藏寶圖收藏在一個玻璃瓶裡，想辦法把它沉到「夢夢湖」中，以免別人知道個秘密。天使答應依照藏寶圖的指引，陪伴他們探險、尋找寶藏，但是他們必須接受很多的考驗。首先，他們要學習看懂藏寶圖，一站一站地去完成不可能的任務……。</p>	
活動架構	
<ol style="list-style-type: none"> 1.尋寶（語文符號閱讀） 2.在森林途中 <ol style="list-style-type: none"> (1)瓶中信 (2)會轉動的豬尾巴（水車） (3)小矮人的家 <ol style="list-style-type: none"> a.工具製作 b.吊橋與船屋 3.進入糖果屋 <ol style="list-style-type: none"> (1)糖果在哪裡 (2)敲門（門把設計） 	<ol style="list-style-type: none"> 4.巫婆的考驗 <ol style="list-style-type: none"> (1)找一個沒有重量的東西 (2)烤麵包 (3)搬運沙 5.兩兄妹的妙計 <ol style="list-style-type: none"> (1)收成蘋果 (2)把時間調慢 (3)尋找金沙

(2)學習情境

為擴展學習的多元性及趣味性，研究者配合學習主題，同步進行戶外與室內的情境規劃。戶外場地著重配合自然景觀及巨型遊具模型，進行大自然感官探索、大肢體運動，以及較具震撼性的試驗操作；而室內則側重測量、假設與精緻實驗，其中提供多種測量用具、各式小型玩具、實驗器材及互動式電腦探索軟體（含翹翹板、鞦韆、鐘擺、天平、落體、浮沉、水車、斜坡運動等8套），以引導幼兒之探索與實驗。此外，亦提供認知性讀物供幼兒查閱，以及故事繪本、相關之影帶、照片、圖片、音樂帶，作為想像、聯想之引發物。此類學習情境安排，

係考量多元智能的求知方式，融合科學（科技）、文學與美學。

(3)學習引導

學習活動的進行，兼採小組運作及個別探索二種型式。

每一學習活動的展開，均以小組討論為起點，依循「討論構思→試驗實作→反思檢討→畫統整結論圖」的流程進行，教師以鷹架者的角色，不斷激發幼兒提出多種觀點，形成新構想，進行試驗，反思檢討進行修正，並加以統整歸納，形成結論圖。限於幼兒的語文能力，整個活動討論歷程中的重要想法，均由幼兒以圖像紀錄在大幅壁報紙上，必要時教師於旁註記文字。此結論圖同步張貼於學習情境中，除了可供幼兒回憶所學之外，亦可協助孩子比較對照各主題概念間的關聯性，以促成概念的統整。

個別化的探索，安排在每一主題活動小組運作之後，當幼兒對概念主題有初步認知後，教師即開放幼兒作個別探索，此探索活動由半結構性（該概念主題的相關探索），逐步進入開放性（各主題媒材的組合性探索），藉此可激發意義化的學習，而從幼兒探索行為的智能焦點（關注哪類型的事）與智能技巧，可同步檢視其科學能力、智能傾向與工作風格。

2.評量系列

(1)評量向度

本系統分別評估科學能力、智能傾向及工作風格。

「科學能力」的評估，係配合學習系統中的活動系列，進行逐項檢核與分析。除了評估概念理解外，亦著重過程技能（含觀察、比較、推理、測量、假設、試驗、形成結論等），以及科學態度（含好奇、求知需求、喜愛討論分享、尊重邏輯、擴展相關學習、珍惜自然生態等），並適時追蹤幼兒在這三方面的成長軌跡。而有關概念理解的評估，係融合多元智能理念加以設計，研究者因應不同概念主題的活動性質，安排具趣味及創意的評量方式，用以檢視幼兒對概念的理解與應用。其中包含畫設計圖、發明製作器械、創作音樂、舞蹈、唸謠、編故事等多種型式，期較彈性並真實地評估幼兒的科學能力。

「智能傾向」的評估，係參考Lazear（1999）「多元智能取向評量」，該量表係針對中小學生而設計，檢核細目頗完整周全，惟部分檢核內容較不適用於幼兒。

基此，研究者配合幼兒活動傾向、問題解決型式與品質，加以調整設計。分別檢視各類智能的行為特質與問題解決策略，以評估幼兒是偏屬語文、邏輯數學、視覺空間、音樂節奏、肢體動覺、人際、自省或自然觀察者等八種智能中何類智能。

「工作風格」的評估，則參考Krechevsky（1998）「光譜方案學前評量手冊」的工作風格檢核表，該量表頗能切合幼兒的行為特質，惟其檢核細目較為繁複，部分項目與「智能傾向」評估略有重疊。基此，研究者將其中重疊的部分加以調整，使其較為簡明扼要，分別評估「投入／排斥」、「自信／沒把握」、「專注／分心」、「輕鬆／嚴肅」、「深思／衝動」、「堅持／易放棄」、「快／慢步調」、「安靜／健談」、「注重材料／注重人際互動」等九項風格。

(2) 評量檔案

共分四部分，分別為「問題解決歷程的摘要日誌」（如何構思？修正？執行？結論？）、「智慧焦點之探索紀錄」（關注哪一類智能的活動？喜歡用哪一類智能來學習、創作）、「概念主題評量紀錄」（評估幼兒在各主題活動中的學習層次，是基礎、精緻或統整？），以及幼兒「典型與最佳之作品集」。此四者有助於追蹤幼兒在科學學習上的成長歷程與學習潛能。

(3) 評量分析

係依循「系統觀察」、幼兒—教師—家長的「晤談訪問」、多種資料的「交互印證」、「統計分析」，以及綜合繪製「能力剖面圖」的流程來進行。研究者在此評量系統中，強調發掘幼兒「會什麼？」而非「有什麼缺陷？」，期望協助潛能的開發，而非止於能力的鑑定與分類。

二、學習系統之評估

(一) 設計特色

針對本系統，六位評核者分別評論其設計特色。為便於讀者理解並精簡篇幅，研究者加以統整歸納，並簡列實例進行說明。下列四項特色，評分者一致性均為1.00。

1. 著重概念發展脈絡，系統性引介科學概念，可激發認知統整。

目前國內外對科學活動的設計，不論是針對單一主題（如槓桿、聲、光、浮

力等)，配合某特定的教學模式進行設計（如提問模式、探究模式、問題解決模式、概念調整模式），或是同時涉及物理科學、生命科學、地球科學等多重領域，規劃符合認知發展、具引導性的活動叢集，為數已相當豐碩，並有不錯的成效。此二者分別在精緻度及廣度上各有著力，然而其設計則較缺乏「追蹤概念發展的整體脈絡」與「促成多重概念間的統整學習」。

本系統設計之前，即針對3~6歲幼兒進行為期一年的概念發展檢視，分別就1.重量是什麼？（觸感與本質認知）；2.重量的現象（搬物、落體、浮沉）；3.重量的改變與恆定（離地高度、變形分割、展開壓縮、溶解、冷熱效應）三方面，歸納出16類迷思概念（例如：認為物體拿得越高重量越重、很小的東西沒有重量、大影子比小影子重、重的東西比較強壯因此會落、滑、盪的快，也容易沉入水裡）、研判推理機制（例如：發現幼兒對變形、壓縮之重量保留，採同一種推理機制；微量物質的重量認知與溶解的重量保留推理，具高度相關），分析介入點，並據此延展概念學習的內涵。其以「重量推測」為核心，伺機引介密度概念及量具，進而引導微量物質及重量保留的推理；此外，在搬物現象中，另擴展槓桿、滑輪、輪軸、斜坡等相關概念，開展幼兒新的探索，由力的合成、物的分解，進入力的轉換。頗能呼應幼兒的認知脈絡，構成學習體系，有助於結構性的充實探索經驗，提昇概念調整與認知統整的可能性。

2.融合多元智能理念，規劃多元求知型式，可優質化科學學習

繼幼兒重量概念發展的檢視之後，融入多元智能理念，在學習與評量活動中，彈性安排多種智能取向的求知方式，以提供幼兒較多元的機會，運用其優勢智能進行學習與創作。多元智能的融入，在本系統中分成二脈絡進行：

一是「活動型式的多元化」，本系統能配合不同的主題，彈性規劃較自然的智能活動，以提昇學習成效。例如：「抓螞蟻」活動，會配合肢體扮演（肢體動覺）、生態觀察（自然界探索）、量體重的系列測試（數理邏輯）、口水歌（音樂律動）來協助幼兒理解「微量物仍有重量」、「怎樣搬好重好重的東西」二概念；又如「滑輪」活動，會配合故事繪本（語文）、在城堡情境中實際搬一簍簍的山芋及石頭（肢體動覺、人際）、導覽相關圖片、發明新機器（視覺空間），來協助幼兒理解滑輪的功用，以及怎樣運用工具來搬重的東西。

二是「評量型式的多元化」，本系統能因應不同的活動性質，安排有趣並創意的評量方式，來檢視幼兒對概念的理解與應用。其中包含畫設計圖、發明製作器械、創作音樂、舞蹈、唸謠、編故事等。例如：在「怎樣把時間調慢？」活動中，經過討論及系列測試後，要求幼兒重新共同創作一個走得很快的鐘的設計圖（人際、視覺空間）；又如「烤麵包」活動，要求孩子集體創作舞蹈，表現麵包及奶油在烤箱加熱後，它的形體、水份與重量的變化情形（人際、肢體動覺），或是「抓風與影」活動，請幼兒編一個影子巨人奇遇記的故事（語文），以檢視他們對「影子」與重量的認知。

本系統能以自然方式融入多元智能理念，偏向質的相容，而非量的擴展，亦即著重活動性質與求知型式的相容性，而非特意在每一主題中勉強安排八種智能活動。此彈性多元的活動與評量型式，可望開展幼兒的科學潛能。

3. 強調活動系列的關聯與層次性，可促進探索求知及情境應用

就關聯性而言，在本系統中，每一概念主題，均能從不同的叢集活動，採用不同的型式加以呼應，以不斷的挑戰及深化思考，進而擴展幼兒的概念架構。例如：在落體效應中，即安排「沙坑印子」、「動力畫」、「怎樣讓豬尾巴水車轉的快？」及「收成蘋果」等四次的活動，依序從落體的印痕、擺盪物落沙的擴散情形、沖水狀況與水車轉動速度、落體的聲音效應等多方面，來擴展概念認知；而針對不同的概念主題，亦能協助幼兒透析不同現象中的相似法則。例如：「翹翹板」與「水車」，研究者即自行設計軟體，讓孩子自由探索進行比較，其中在翹翹板軟體中，安排一按鈕可使翹翹板的橫桿產生360度的旋轉，以協助幼兒體認轉動的翹翹板，其形態即類似於水車的轉動，因此坐（或沖水）在越外側，會產生越大的力量，藉此促進概念間的統整。

就層次性而言，Knower、Doer和Dreamer等三叢集活動具有層次性。前二叢集主要在協助幼兒透過探索、試驗、器械組裝，確立重量相關概念的初步認知；而第三叢集則為前二叢集的進階應用，配合故事情節，讓幼兒分組，創造性的應用所學，解決探險歷程中一系列的難題，例如：「怎樣讓豬尾巴水車轉的快？」、「怎樣把時間調慢？」、「怎樣找到金沙？」等，並進行不同的創作，設計各種工具，例如：設計除草灑水車、機關陷阱、活動式浴缸、升降式吊橋等，作為

送給小矮人的禮物。幼兒可在其中不斷地從構想、實作、反思中，深化其科學認知、過程技能與學習情意，充分呈現出由探索求知而情境應用的極致。

4. 兼容故事聯想與肢體探索、電腦科技，呈現科學學習的親和性與開展性

配合幼兒喜歡想像、熱愛肢體遊戲、樂於試用科技等特質，本系統能充分運用故事繪本、巨型模型與電腦科技等媒材，建構各類學習與評量活動。

在所有活動中，均能配合主題，尋找與之相關且具童趣的繪本畫面，作為單元圖，並在多數活動中，援用世界知名具美感的故事繪本，來引發孩子們的興趣及聯想創造。例如：在德國繪本「我的月亮朋友」及「十四隻老鼠挖山芋」的故事中，孩子們即沉迷於想像自己是那個身上掛著繩子的月亮，努力地擺盪繩子，想畫出最美麗的大地之畫；或是想像自己就是那十四隻老鼠之一，想辦法要把挖到的大山芋搬到城堡上。故事繪本的引用，使科學探索產生情境的意義性，可引發幼兒極為活潑的討論及創作，利於後續科學試驗的展開。

而在試驗中，則能儘量以巨型模型作為測試的器材，例如：以大型滑梯來測試斜坡運動；以遊樂場的翹翹板、鞦韆來測試槓桿及單擺現象；以4公尺高的城堡來體驗搬重物的情景；運用高圍牆、大水桶、粗水管來沖水，實際感受水的沖力。巨型模型的引用，使科學現象的體驗產生最大的肢體感受性，有利於現象的覺察與回憶。

此外，限於若干科學試驗，可能有較多的變因干擾，或是在操作及復原上較為困難，本系統則進一步設計互動性的探索軟體，來協助幼兒作實驗測試。例如：在「單擺（老爺鐘）」軟體中，幼兒可運用滑鼠及數字鍵，快速改變鐘擺的擺錘長度及重量、測試它們對擺速及時針、分針運轉速度的影響；又如在「浮沉」等軟體，幼兒可移動物體，利用磅秤量重量，並將之置於水杯中，觀察各式的浮沉狀況（如入水深度、沉入水中的速度等），並可操控按鍵切割、挖空、加熱物體，觀察其浮沉情形（見圖3）。電腦科技軟體的引用，使科學試驗更為簡潔而精準，由於其可快速的測試及復原，隔離不必要的變因干擾，利於假設、試驗與原理歸納。而此兼容故事繪本聯想創造、巨型模型的肢體探索，以及科技軟體的精確試驗，呈現出科學學習的親和性與開展性。

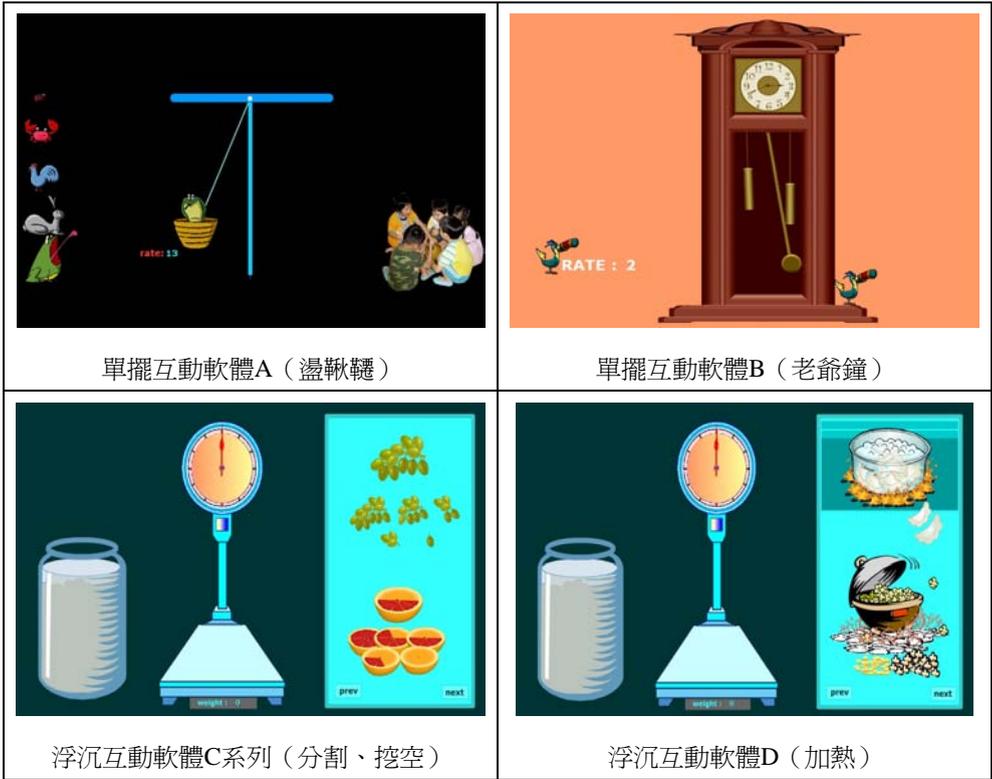


圖3 電腦互動軟體舉隅

(二) 適切性與效益性

六位評核專家檢視系統的具體內涵，並參酌試教歷程中的相關檔案，交互對照進行研判。茲將六位評核專家的評估結果整理如表3所示。

1. 適切性

從表3可知，在「適切性」方面，全體評核者均給予3分的評等，一致認為本系統的具體設計，頗具適切性，具有高度的「向度完整性」、「認知符合度」、「思考挑戰性」、「型式創意性」、「鷹架流暢性」及「情境合宜性」。

表3 「重量概念學習系統」適切性與效益性之專家評估

評 估 向 度	等 級		
	低層次 1分	中層次 2分	高層次 3分
(一)適切性			
1.向度的完整性（能完整的顧及多層面）	0	0	6
2.認知的符合度（能符合幼兒認知特質）	0	0	6
3.思考的挑戰性（富挑戰性與應用性）	0	0	6
4.型式的創意性（形態多元並富創意）	0	0	6
5.鷹架的流暢性（鷹架流程能配合思考動向，自然順暢）	0	0	6
6.情境的合宜性（媒材提供與情境布置，能切合活動所需）	0	0	6
(二)效益性			
1.概念認知的深化（能充實探索經驗，深化認知）	0	0	6
2.過程技能的提昇（能提昇探究歷程的思考技能）	0	0	6
3.學習動機的促進（能激發積極的學習動機，喜愛科學）	0	0	6
4.智能傾向的及早窺探（能早期試探優勢智能）	0	0	6

註：表中數值（0、6）為評分人數。

尤其在「情境的合宜性」上，評核者認為情境布置與媒材提供，頗能切合幼兒喜好奇官探索與想像的認知特質，誘發有效學習。除了每一活動均布置具有童趣的大幅單元圖，來激發學習動機外，媒材的提供亦具層次性，例如：在「玩翹翹板」活動中，即以「戶外巨型遊戲器材（翹翹板）→室內模型→科技電腦互動軟體」三階段規劃，逐步引導幼兒由主體的大肢體感受，進入客體的觀察測試與遊戲化競賽（評量），以促進概念的深度學習。同時，情境規劃亦頗具美感與想像，例如：在問題解決系列（糖果屋探險），配合故事情節，分別布置了夢夢湖、小矮人的家、巫婆的糖果屋等場景，必要時亦能掛置巨幅聯想畫面，提供靈感，頗能激發幼兒探險的興致與熱情，積極投入於問題解決中（見圖4）。



圖4 學習情境布置實例舉隅

值得一提的是，在「鷹架的流暢性」上，本系統因應學習主題，彈性採用不同的鷹架型式來引導學習。其中主要有五項策略。分別為：1.「情境的靈感誘發」，例如在「滑輪」、「小矮人的家」等活動中，提供各類相關讀物、影帶、圖片等，以提昇理解，並誘發幼兒設計工具的靈感；2.「提供思考架構」，例如在「怎樣讓豬尾巴水車轉得快」、「尋找金沙」等活動中，提示幼兒依序討論：「有哪些解決的辦法？」、「每一種辦法會有什麼效果？」、「可能有什麼困難？」三個問題，以澄清思考，引導幼兒有效解決問題；3.「聚焦」，例如「電風扇組裝」活動，幼兒在嘗試組裝的過程中，讓孩子們相互拍照，規範其注意焦點，以協助幼兒事後有效的畫出電風扇組裝程序；4.「具象化」，例如在所有活動中，均引導幼兒用圖示方

式呈現想法、紀錄結果，協助其覺知自己的思考；5.「引導示範」，例如在「烤麵包」、「把時間調慢」等活動中，教師配合音樂，示範簡易的舞蹈創作，來表達奶油加熱後的形體變化，或配合音樂示範簡易填詞，來歸結單擺的現象與原理，據此引導幼兒創作。所有評核者一致認為，此類鷹架頗能切合學習與評量所需，流暢有效。亦因鷹架的有效性，使本學習系統在具高度的思考挑戰性、型式創意性，並涉及多重概念下，亦能密切符合幼兒的認知特質。

2.效益性

從表3可知，評核專家一致肯定本系統的多項效益，給予高層次評等。

在深化概念認知方面，評核者檢核各活動的「概念主題評量紀錄」，評估幼兒的表現層次（1~3，分別代表低、中、高層次），並從各活動的「討論統整圖」，追蹤概念認知的成長情形。就前者而言，6名幼兒在28個活動的平均表現層次，平均值為2.82，標準差為.13，已具高層次認知水準；而在討論統整圖中，更可見幼兒概念成長的軌跡，尤其在問題解決系列中，明顯可見幼兒運用先前探索與器械建構系列的認知，作有效的延展與創作，例如：在「會轉動的豬尾巴（水車）」中，幼兒自發而靈活地運用其「玩翹翹板（槓桿）」、「動力畫（落體）」、「搬物（滑輪）」經驗，建構一個能使水車轉得快的沖水系統，其中設計一個高塔可儲大量的水、並由滑輪運送水桶來補充水源，高塔中外接一條沖水管來沖擊水車葉片，水量需大，並瞄準葉片較外緣的位置，頗具有效及創意性。

在提昇過程技能方面，評核者追縱28個活動的「問題解決歷程紀錄」，評估幼兒在觀察（現象的覺察及比較）、測量（量具的選擇、結果的表徵）、推理（找出關鍵性因素及支持性線索）、假設試驗（邏輯的一致性、掌握變因操弄、形成結論）等過程技能的表現層次（1~3，分別代表低、中、高層次）。對照比較幼兒在最初三個活動與最後三個活動平均表現層次，則6名幼兒的成長情形，由平均值為1.28，標準差為.27，提昇至平均值為2.93，標準差為.06，亦即由中低層次，提昇至高層次，顯示本系統頗能提昇幼兒的過程技能。相較於學習前期，幼兒可作較抽象的比較（如自發性地比較說明風和影子的推力），能自行採用有利線索，說明關鍵因素（如指出溶解的糖還在，是因為水是甜的，所以重量還是一樣），能有效採用單一變因進行試驗（如採用長空心管和長實心柱來比較實心和空心在斜面

上的滾速），能正確選擇量具，自發運用圖示符號，來紀錄結果（如用箭頭方向來表徵物體的浮沉情況），並看出現象間的共同趨勢，形成結論。

在促進學習動機方面，則由幼兒的帶班導師與家長，依據幼兒在學習中與學習後的反應（1-3，分別代表低、中、高層次），提供相關線索，協助評估；所有資料均顯示，幼兒對本學習活動具有高度的學習興趣，平均值為3，標準差為0。孩子們會期待科學活動、在家中陳述學校的活動情形、考問家人、自製模型、作重複或延展式的探索與閱讀，顯現出積極正向的學習動機。

在及早窺探智能傾向方面，由於融入多元智能理念，無論在學習活動、探索活動或評量活動中，均呈現多種智能型態，使幼兒之智能傾向得以探知。從表4

表4 六名個案在學習前、後智能表現平均得分

個案	語文		數學		視覺		肢體		音樂		人際		內省		自然	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
1	1.4	2.4	2	3 ⁺	1.8	2.8 ⁺	1.4	2.2	0.6 ⁻	1.4	1.2	2.2	1.6	2.4	1.2	1.8
2	2.6 ⁺	2.8 ⁺	2.4	2.8 ⁺	1.8	2.8 ⁺	1.4	2.2	1.4	2	2.6 ⁺	2.8 ⁺	2	2.4	2.2	2.6 ⁺
3	2.6 ⁺	3 ⁺	1.8	2.8 ⁺	1.6	2.4	2	2.2	2	2.8 ⁺	2.4	3 ⁺	1.8	2.6 ⁺	2	2.6 ⁺
4	1.2	1.8	1 ⁻	2.2	1.2	2.4	0.8 ⁻	1.2	0.6 ⁻	1 ⁻	1.2	2	1 ⁻	2	1.6	2
5	1.2	1.8	1 ⁻	2	0.8 ⁻	1.2	1.4	1.8	0.6 ⁻	1.2	1 ⁻	1.2	1.2	2.2	1 ⁻	2
6	1.6	1.8	1 ⁻	1.8	1 ⁻	1.8	1.4	1.6	1 ⁻	2.6 ⁺	1.2	1.6	1 ⁻	1.8	1 ⁻	1.8

註：1.+為優勢智能（平均值2.5以上）；-為弱勢智能（平均值1以下）。¹

2.教學前全體個案的優勢智能共3個，教學後提昇至13個；反之，教學前弱勢智能共15個，教學後減少至1個。

¹ 表4資料係由研究者、協助教師、帶班教師、測驗評量學者共同評估而得。每一智能領域均涵蓋五項特質，並以0、1、2、3計分，分別代表無、低、中、高符合度。因此，各智能領域的平均值，在1以下者列為弱勢智能；此外，限於幼兒的經驗與成熟度較為不足，在優勢智能上較無法充分的呈現，因此其認定標準略為調降，凡五項特質中，評分均為2以上，並有一半列為3分者（平均值為2.5），即列為優勢智能。

可知，相較於學習前，本系統有助於早期窺探幼兒的智能優勢（可鑑知的優勢智能數目，由3個增至13個），並減緩對其智能的低估（弱勢智能數目，由15個減至1個），值得一提的是，由於評量型式的多元化，可提供機會開展幼兒潛能，例如個案6即為明顯的實例，其音樂智能由弱勢轉為優勢。基此，評核者一致認為本系統在早期窺探智能傾向方面，具明顯的成效。

幼兒在學習歷程中，其科學能力與智能表現的實例，見圖5。

問題解決叢集	
<p>小矮人的家（室內、戶外）：涉及機械組合、滑輪、斜坡、浮沉等相關概念。</p> <p>要點：讓孩子集體創作、應用簡易機械原理，製作各種工具，布置小矮人的家；情境中布置引發聯想或參考圖樣，如中世紀吊護城河之吊橋（drawbridge）、各式船屋、機械構造圖等。工具製作中，亦同步開放幼兒作藝術創作，以戶外所蒐集的素材，作美感性的搭配及設計，此外，亦可隨幼兒興致，作音樂的延伸，編寫小矮人之歌。</p> <p>材料：木工所需材料，孩子另依其所需自備。</p> <p>評量：從創作中，評估孩子對機械的理解及應用情形。</p>	
<p>幼兒的構想一：鋤草灑水車</p> <p>平合車上放水桶，水桶裡裝4隻水管</p> <p>加水站</p> <p>水管</p> <p>除草器</p> <p>要鑽洞綁住除草器3隻在前面</p> <p>大家最渴的地方：可以灑水</p> <p><u>解決的辦法：</u></p> <p>除草器的鐵線要換粗的(粗)</p> <p>粗的鐵線可以彎一點(彎)</p> <p>要有3層的水塔，可以加水(水塔)</p> <p>輪草車要能轉變，才不用搬的(轉動)</p> <p><u>水車測試後，我的發現：</u></p> <p>很容易歪。水管不容易對準。水會漏光。</p>	

圖5 幼兒在學習歷程中之科學能力與智能表現實例：小矮人的家（集體創作）



說明：

幼兒集體構思，想送小矮人一台鋤草灑水車。車子平台上放大桶，水桶要拉出4支水管來自動灑水，爲了使水能源源不絕，車上要連接水管到加水站；另外車子的前面要裝上3支鋤草器，鋤草器會隨著車輪的轉動自動旋轉來除草。構思與製作過程中，孩子有許多的發現與修正（見圖中我的發現與解決的辦法處），頗能突發奇想、運用策略、辨認、創作，並切中要點。

圖5 幼兒在學習歷程中之科學能力與智能表現實例：小矮人的家
（集體創作）（續）

肆、討 論

一、萌發與系統

有關幼兒科學學習的設計，國外學者近年來陸續投入心力，以探究爲本位（inquiry-based），規劃科學活動（如Charlesworth & Lind, 1999; Schmidt, 1999; Worth & Grollamn, 2003）。而方案（project）是其中頗具價值性的取向之一。方案取向，強調「萌發式」的課程結構，著重依循孩子的興趣與自發性的問題，來形成學習主題，思考多項解決策略，進行各類測試與創作。在其中，幼兒置身於有趣的調查（investigation）脈絡，呈現出學習的意義化。然而Ginburg和Golbeck（2004）在其〈對未來數學與科學教育研究的想法〉一文中指出，方案取向的缺點，在於其並非連貫的課程（coherent curriculum），亦缺乏以系統的方式來建構重要概念（Ginsburg & Golbeck, 2004）。理想的課程應該是能打動孩子，並建立連貫的概念結構。此課程必須是系統的，並具有方案的豐富性（system curriculum extensive projects）。

本研究所規劃的科學學習，本質上是系統的，從中我們銜接了孩子的經驗（概念發展網絡），並作系統性的擴展，隨著Knower→Doer→Dreamer的進程，由較結構性的聚焦引導，進入自發性的延展創作，並融入方案的部分精神。系統性的課程可以是有趣的，也可以產生精緻而有意義的學習。研究者相信有不少優秀的幼兒科學課程正在形成中，不論是強調萌發性或是系統性，重點只在於我們如何去鷹架孩子的學習。在本研究中，研究者應用了多種鷹架技巧，也許可呼應Brown等人（1993）、Puntambekar和Kolodner（2005）所謂的distributed scaffolding。我們也應用了巨觀、微觀、後設三層次的鷹架，並提供社會性支持（social supports）（見表5）。透過了漸進式的課程流程（Knower-Doer-Dreamer三層次）、媒材的引介（繪本、巨型模型、電腦軟體），以及具互動性的討論脈絡（討論構思→試驗實作→反思檢討→統整結論圖），以有效地引導孩子思考，深化他們的認知與過程技能，更重要的是引發孩子高度的興趣。鷹架的成分，隨著Knower→Doer→Dreamer的進程，逐步退除（fading），最後孩子自己能規範思考，並創造性解決各種問題。

表5 本研究的鷹架層次

類型層次	所涉及內涵	學習歷程中的鷹架介入	
		整體架構	細步策略
認知性支持		漸進式的課程流程： Knower-Doer-Dreamer三層次	
巨觀	整體目標	媒材的引介： 繪本、巨型模型、電腦軟體	提供建立思考架構的問題
微觀	細步執行	〃	情境的靈感誘發
後設	內省評估	〃	聚焦、具象化、引導示範 創作的省思與分享
社會性支持		互動性的討論脈絡： 討論構思→試驗實作→ 反思檢討→統整結論圖	集體的討論圖構思與紀錄

二、能力與限制

對於孩子究竟能學些什麼，至今仍有許多爭議。但研究者相信，無論是強調孩子的有限性，或是強調孩子的潛能，只要走入極端，都是種錯誤。然而，以往我們是否太過強調幼兒無法抽象思考，以至未曾挑戰過孩子？在幼兒的科學學習上，我們是否忽略了些什麼？

在本研究中嘗試了幾項挑戰：1.爲了改善未分化概念（undifferentiated concepts），我們提出「密度」這個名詞，認爲名詞本身也是概念學習的鷹架，當孩子知道有大小、重量、密度三種不同的名詞時，也同時提供了思考區辨概念的機會。科學語彙與概念知識的發展是相輔相成的（Gelmen, 2005）。2.爲了改善知覺主導，以致誤解了微量物沒有重量，我們引介量具，尤其是微量天平，來引導微量物質的概念。當孩子一致認爲螞蟻沒有重量時，我們透過體重機、1kg磅秤、100g天平，以及研究者設計的微量天平，逐步讓孩子感受到它在量具上所產生的效果，發現「它還是可以讓微量天平振動，它有重量」。本研究中量具的引用，重點在於它能反映重量的效果，不在於精準的測量與數值的研判；其中我們甚至挑戰非物質概念（影子巨人有多重？）。3.爲了改善重量保留推理，我們透過玩麵糰（變形、分割、溶解），進行各式的創作。我們給孩子固定量的麵糰，讓他們做許多小東西、或做一個大東西。透過磅秤，孩子們逐漸體會到重量保留的現象（尤其是同一性的推理）。甚至透過烤馬鈴薯的活動（烤過就變輕了），讓孩子猜想爲什麼？順應先前的學習脈絡，孩子很自然的想像「裡面有東西跑走了」，這種想法，引導了後續的試驗（包上錫箔紙再烤），挑戰了冷熱效應下的重量保留推理。

在本研究中，我們實際觀察到孩子的潛能，他們可以推理、可以設計，也能警覺可能發生的困難，事先防範。似乎初具後設認知能力。當然，孩子並非一開始就有這種能力。但是透過各種鷹架，尤其是團體的討論與呈現，孩子們互相提供了思考的工具，並且越來越成熟。

三、概念調整的展望

迷思概念調整了嗎？本研究初具成效，並期望更好。由於引介量具，使研究

者在轉化幼兒的重量概念，由觸感性（feeling heavy）進入本質性（how much it contains），顯得較為順暢。孩子們不再完全以觸摸的感受來決定物體是不是有重量，也不全然以物體的大小來推測重量。正如Galili和Bar（1997）所言，一旦孩子以物質所含的量，來界定重量時，重量保留推理也較易發生。在本研究中，孩子輕易地類推了麵糰溶入水裡的經驗，認為糖溶進水裡重量不會變輕，「因為水甜甜的，糖還是在裡面」。當然，我們不認為物質微粒的概念已萌發，但是他們似乎可感受到微形物的存在，採用了同一性（identity）推理。

透過多次活動（一樣不一樣重、貪心鬼葛特和液體、娃娃洗澡、尋找金沙），研究者讓孩子體會到不同的物質，有不同的重量特性（類同密度概念）。一旦有這種思考基礎，對於木頭系列（大木頭、小木頭、木屑）會浮，而石頭系列（大石頭、小石頭、細沙）會沉，孩子提出有別於一般幼兒認為重會沉的單純想法，而以相對體積的重量來說明：「石頭baby（細沙）還是比木頭baby（木屑）重，石頭就是容易沉」。雖然精準比例的密度概念尚未成熟，但以物質的重量特性來推測浮沉現象的思考基模，已隱微出現。

許多涉及機械的活動（滑輪、水車、門把、單擺），開展了孩子新的視野，他們會做許多構思及創作，當然對於工具的設計，還僅停留在構念層次，尚未精緻；對於重量會產生什麼效應，他們不再認為重的東西什麼都行（能沉下去、能落的快），至於為什麼會這樣？還無法理解真正的原因。而這些涉及地球引力的抽象概念，是學習規劃上的一大挑戰。

我們發現，有關迷思概念的調整，多元智能理念的應用，的確產生新的助力。針對一個現象的理解或推理，不同的孩子，的確會有不同的需要，也許是視覺的展示、也許是肢體的實作、也許是唸謠或故事的引導，當所提供的機會越多元，孩子更易展現學習的生命力。多元智能理念在教學應用的助益，於本研究中再次得到支持，其有助於教學的多樣化（Roesch, 1997）、尊重孩子的主體性（Raffin, 1996）、鑑知孩子的潛能（白珮宜等人，2004；Krechevsky, 1998；McMahon, Rose, & Parks, 2004）、提昇學習動機（林倩玉，2001；Vangilder, 1995），更能激發探索與研究的基本能力（張滄敏，2001；Carson, 1995）。

孩子的思考正在轉變，但並未成熟，概念正在萌發，但還未精緻。這種系統

性科學經驗的提供，重點在於激發思考，往更成熟的方向發展。在本研究中，我們看到了概念調整的可能性，而這種可能性的極限點究竟在哪裡？還需要更深入的測試。

伍、結 論

本研究依循「重量概念」的發展脈絡，融合多元智能理念，建構一系列幼兒科學學習系統。該系統在學習活動方面設計「Knower（探索）→Doer（器械建構）→Dreamer（問題解決）」三叢集活動，強調學習情境與學習引導的鷹架性；在評量活動方面則設計「科學能力—智能傾向—工作風格」三向度評估，著重歷程檔案的建構與多層次分析。經科學教育、認知心理、測驗評量、資深幼教教師等專家的評估，指出本系統具有多項特色，並具有適切性與效益性。

本研究發現：1.追蹤概念發展網絡，系統性引介科學概念，有助於科學概念的發展；2.融入多元智能理念，規劃多元求知型式的學習與評量活動，有助於幼兒運用優勢智能進行學習，開展科學潛能；3.強化關聯性與層次性，由探索求知→實作驗證→問題解決，可循序深化幼兒的科學認知、過程技能與學習情意，激發情境應用；4.繪本、巨型模型與電腦科技的援用，可提昇探索情境的意義，強化肢體的感受，並利於較精準的試驗與原理的歸納。以上四者可作為幼兒科學學習規劃的參考。

至於本學習系統成效的詳實檢證，研究者將於下一階段進行，並實際探析概念轉變的動態歷程。

誌謝：本研究感謝國科會的經費支助（NSC92-2511-S-153-017、NSC93-2511-S-153-001）；國立高雄師範大學科教所、特教系、國立屏東教育大學數理所、幼教系教授的指導；邢守韻、方郁婷老師的教學協助。

參考文獻

- 白珮宜、江玉燕、許瑛珺、林詩怡、汪惠玲（2004，12月）。多元智能融入高中校園氣象觀測課程的研發與實施成效評估。論文發表於國立高雄師範大學主辦之「第二十屆科學教育」學術研討會，高雄市。
- 林倩玉（2001）。運用多元智慧教學提昇同儕的互動——以自然科教學為例。國立臺北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 陳燕珍（譯）（1999）。C. Kamii, & R. DeVries著。幼兒物理知識活動——皮亞傑理論在幼兒園中的應用。臺北縣：光佑。
- 莊麗娟（2004）。三～六歲幼兒對重量概念的認知：本質認知與保留推理。科學教育學刊，12（2），159-182。
- 張滄敏（2001）。多元智慧之主題探索教學行動研究。國立臺北師範學院數理教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- Baillargeon, R., & Graber, M. (1987). Where is the rabbit? 5.5-month-old infants' representation of the height of a hidden object. *Cognitive Development*, 2, 375-392.
- Bar, V., Zinn, B., Goldmunts, R., & Sneider, C. (1994). Children's concepts about weight and free fall. *Science Education*, 78(2), 149-169.
- Black, P., & Hughes, S. (2003). Using narrative to support young children's learning in science and D&T. In D. Davies & A. Howe (Eds.), *Teaching science and design and technology in the early years* (pp. 38-50). London: David Fulton.
- Bredenkamp, S., & Rosegrant, T. (1992). *Reaching potentials: Appropriate curriculum and assessment for young children* (Vol. 1). Washington, DC: National Association for the Education of Young Children.
- Brown, A. L., Ash, D., Rutherford, M., Nakagawa, K., Gordon, A., & Campione, J. C. (1993). Distributed expertise in classroom. In G. Saloman (Ed.), *Distributed cognition: Psychological and educational considerations* (pp. 188-228). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-41.
- Carson, D. (1995). Diversity in the classroom: Multiple intelligences and mathematical problem – solving. *Pro-Quest Dissertation and Theses*, AAT9616884.
- Carvalho, A. M. (2004). Building up explanations in physics teaching. *International Journal of Science Education*, 26(2), 225-237.

- Charlesworth, R., & Lind, K. K. (1999). *Math and science for young children*. New York: Delmar.
- Dehaene, S. (2001). The cognitive neuroscience of numeracy: Exploring the cerebral substrate, the development, and the pathologies of number sense. In S. M. Fitzpatrick & J. T. Bruer (Eds.), *Carving our destiny: Scientific research faces a new millennium* (pp. 41-76). Washington, DC: J. H. Press.
- DeLoache, J. S. (1987). Rapid change in the symbolic functioning of very young children. *Science*, 238, 1556-1557.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1993). Some features of children's ideas and their implications for teaching. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 193-201). Philadelphia: Open University Press.
- Galili, I., & Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19, 317-340.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligence*. New York: Basic Books.
- Gelmen, R. (2005). *Mathematical and scientific cognitive development. A workshop summary*. Retrieved March 10, 2005, from <http://www.nap.edu/openbook/0309095034/html/5.html>
- Ginsburg, H. P., & Golbeck, S. L. (2004). Thoughts on the future of research on mathematics and science learning and education. *Early Childhood Research Quarterly*, 19, 190-200.
- Goodnough, K. (2001). Multiple intelligences theory: A framework for personalizing science curricula. *School Science and Mathematics*, 104(4), 180-193.
- Grieshaber, S., & Diezmann, C. (2000). The challenge of teaching and learning science with young children. In N. J. Yelland (Ed.), *Promoting meaningful learning* (pp. 87-94). Washington, DC: National Association for the Education of Young Children.
- Haley, M. H. (2004). Learner-centered instruction and the theory of multiple intelligences with second language learners. *Teachers College Record*, 106, 163-180.
- Helm, J. H., & Beneke, S. (2003). *The power of projects*. New York: Teachers College Press.
- Howe, A. C. (1996). Development of science concepts within a Vygotskian framework. *Science Education*, 80(1), 35-51.
- Howe, A., & McMahon, K. (2003). Assessing young children's learning in science and D&T. In D. Davies & A. Howe (Eds.), *Teaching science and design and technology in the early years* (pp. 51-69). London: David Fulton.
- Kelly, C. A. (2000). Reaching to the standards. *Science and Children*, 37(4), 30-32.

- Krechevsky, M. (1998). *Project spectrum: Preschool assessment handbook*. New York: Teachers College Press.
- Landry, C. E., & Forman, G. E. (1999). Research on early science education. In C. Seefeldt (Ed.), *The early childhood curriculum* (3rd ed., pp. 133-158). New York: Teachers College Press.
- Lazear, D. (1999). *Multiple intelligence approach to assessment*. Tucson, AZ: Zephyr Press.
- Linn, M. C. (1977). Scientific reasoning: Influences on task performance and response categorization. *Science Education*, 61, 357-365.
- McMahon, S. D., Rose, D. S., & Parks, M. (2004). Multiple intelligences and reading achievement: An examination of the teele inventory of multiple intelligences. *Journal of Experimental Education*, 73, 41-52.
- Piaget, J. (1972). *The child's conception of physical causality*. London: Routledge and Kegan.
- Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of research in science teaching*, 42(2), 185-217.
- Raffin, D. S. (1996). Brain-compatible learning and instruction: Bloom's taxonomy, multiple intelligences, cooperative learning, integrated instruction. *Pro-Quest Dissertation and Theses*, AAT9622835.
- Roesch, D. E. (1997). An ethnographic qualitative study of the perspectives of English teachers on the use of multiple intelligences theory in the high school classroom. *Pro-Quest Dissertation and Theses*, AAT9803812.
- Schmidt, P. P. (1999). KWLQ: Inquiry and literacy learning in science. *Reading teacher*, 52, 89-92.
- Shepardson, D. P., & Jackson, V. (1997). Developing alternative assessments using the benchmarks. *Science and Children*, 35(2), 34-40.
- Siegler, R. S. (1981). Developmental sequences within and between concepts. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 46(2), 1-74.
- Skamp, K. (1996). School science and mathematics. *Bowling Green*, 96, 247-254.
- Vangilder, J. S. (1995). A study of multiple intelligence as implemented by a Missouri school. *Pro-Quest Dissertation and Theses*, AAT9608005.
- Vygotsky, L. (1986). *Thought and language* (A. Kozulin, Trans.). Cambridge, MA: Harvard University Press. (Original work published 1934)
- Worth, K., & Grollman, S. (2003). *Worms, shadows, and whirlpools*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750.

附 錄

附表1 六名個案基本資料

個案編號	年齡 (歲/月)	智商	性別	家長職業	家長學歷
1	4/9	138	男	程式設計師	大學
2	5/7	116	女	服飾業務員	高中
3	5/9	104	男	大專教師	碩士
4	4/5	103	女	船員	國中
5	5/2	85	男	工務局員工	高商
6	5/1	78	女	汽車老闆	專科

附表2 「重量概念」學習系統之活動內涵分析

學習焦點	活動叢集			所涉及的智能
	探索 (Knower)	器械建構 (Doer)	問題解決 (Dreamer)	
一、重量是什麼				
重量的推測	一樣或不一樣重	天平*	收成蘋果*	123 567
微量物質概念	抓螞蟻*	"		12 45678
物質重量特性	貪心鬼葛特和液體	"	尋找金沙	123 567
非物質的辨識	抓風與影	"	找沒有重量的東西	123 5678
二、重量的改變與恆定				
變形、分割、壓縮	玩麵糰*	"		1234567
溶解	"	"	糖果在哪裡	12 4567
冷熱效應	馬鈴薯裡的小精靈	"	烤麵包	12345678
三、重量的現象				
搬物	抓螞蟻、搬運接力			12345678
槓桿	玩翹翹板		會轉動的豬尾巴*、敲門	1234567
輪軸		電風扇組裝	小矮人的家*、搬運沙*	123 567
斜坡		彈珠軌道	"	123 567
滑輪		滑輪	"	123 567

附表2 「重量概念」學習系統之活動內涵分析(續)

學習焦點	活動叢集			所涉及的智能
	探索 (Knower)	器械建構 (Doer)	問題解決 (Dreamer)	
單擺	盪鞦韆		//、把時間調慢	1234567
落體	沙坑印子、動力畫		會轉動的豬尾巴、收成 蘋果	12345678
浮沉	娃娃洗澡	浮船與潛艇	瓶中信、小矮人的家	12345678

註：1.*指該活動同時涉及二個以上的概念內涵。

2.所涉及的智能中，數字之意涵分別為：1（語文）、2（數理邏輯）、3（視覺空間）、4（音樂）、5（肢體動覺）、6（人際）、7（內省）、8（自然探索）。