

三 ~ 六歲幼兒對重量概念的認知： 本質認知與保留推理

莊麗娟

國立屏東師範學院幼兒教育學系

(投稿日期：民國92年4月15日，修訂日期：92年7月15日，接受日期：92年9月22日)

摘要：本研究屬「幼兒重量概念發展」系列研究之一，其目的主要在探測此概念內涵中較進階的部分，分別檢視幼兒對重量的「本質認知」與「保留推理」。從24名3~6歲幼兒中，研究者發現：1.在「本質認知」方面，3、4歲幼兒對「物質的認知」、「非物質的辨識」及「物質的重量特性」等概念，已初步萌發；至於能超越外觀視覺，以重量特性來辨識物質者，至6歲時大致成熟；2.在「保留推理」方面，約於4歲時逐漸萌發，多數幼兒對重量的推測，仍受「離地高度」、「擴展或壓縮」、「變形或分割」、「溶解」、「冷熱效應」等因素的干擾，並呈現由知覺支配、有限焦點、線性因果推理、脈絡依賴等思考局限；然而部分早慧幼兒，仍具同一、補償及可逆性思考，其能關注動態轉換的歷程，隱微覺知潛在物質的存在，並能自發的採用輔助線索，進行成熟的推理。

關鍵字：保留推理、重量、物質、概念發展。

壹、緒論

一、研究動機

概念發展的研究，一直是國內外科學教育研究的一項重點。此類型研究，近年來，陸續從不同的主題、不同的年齡層，採用不同的方法來進行探討，至今仍然不輟。然據研究者統計，截至今日，國內學界對概念發展的研究，涉及小學低年級者，比例不超過10%（如林顯輝, 1992; 陳世輝, 1994; 許民陽, 1995; 陳熙

陽, 1997; 林碧芬, 2002 等); 而涉及學前幼兒者，尤為缺乏。一般而言，概念的形成，有其長遠的發展歷史，幼年的探索經驗、語彙發展與成人的介入引導，實則逐步建構出個體科學理解的詮釋架構，並進而影響後續概念的調整與發展。研究者認為幼年期研究的缺漏，將使概念的探測產生斷層，使其較無法追蹤個體概念發展的整體脈絡。

而欲追蹤人類早期概念發展的起源，其研究主題自應跳脫高階科學概念的研究焦點（如物質微粒、化學平衡、加速度等），從更

基礎性的簡易概念著手，此等概念必須是眾多高階概念的共同核心因素，亦必須是幼兒期即已蓬勃發展的概念。而「重量概念」實為個體最早期發展的概念之一 (Johnston, 1996)，與之相伴隨的有多種類似概念，如大小、密度、壓力等，個體常易產生混淆 (Driver, Guesne & Tiberghien, 1993)；而與之相關的亦有多種效應，如槓桿、單擺、斜坡、自由落體、浮力等，個體亦常出現錯誤的歸因 (Hewson, 1986; Linn, 1977; Maloney, 1985; Osborne, 1980; Siegler, 1981; 莊麗娟等, 2001)。因此，此概念的追蹤探測，將有助於透視個體科學認知的萌發、蛻變的關聯網絡。

目前國內外直接探討「重量概念」的發展研究，數量極為有限，亦較缺乏體系。研究者鑑於此，乃參考相關論述 (如 Bar, Zinn & Goldmuntz, 1994; Piaget, 1972; Smith, Carey & Wiser, 1985 等)，配合 3~6 歲幼兒的認知特質，建構出重量概念發展的檢視架構。其中涵蓋三個向度，分別是：(1)「重量是什麼？」，含觸感性 (feeling heavy) 與本質性 (how much it contains)；(2)「重量的現象」，含搬物、落體與浮沈現象；(3)「重量的改變與恒定？」，含離地高度、擴展或壓縮、變形或分割、溶解、冷熱效應等。其中「觸感認知」與「重量現象」，均屬原發、知覺、經驗性推理，彼此互有關聯，可歸屬同一脈絡，為第一部研究 (已撰文發表)；而「本質認知」與「重量的改變與恒定」，則較涉及進階本質或微觀特性，屬另一脈絡機制，為第二部分研究 (即本研究)。請參閱圖 1。

一般而言，對重量的本質認知，亦即將重量視為一種「所含物質的量」(how much it contains)，是一種較進階的概念理解，其與物質本質 (nature of matter) 有相呼應的關係，此類微觀原子論的概念常需至青少年期才能出現 (Piaget & Inhelder, 1974)，甚至高中階段，

學生仍有不少困惑 (Novick & Nussbaum, 1981; Pfundt, 1982)。正因如此，研究者認為幼兒期對此等概念的認知雛形，實更有探究的必要，唯配合幼兒的認知與語文能力，本研究對於此等概念的檢視，將從較基本的層面著手，聚焦於物質與非物質的辨識，以及物質的重量特性等層面，藉此，分析幼兒對重量的本質認知。其次，由於「重量的本質特性」與「重量的保留推理」二者之間互有關聯 (Stavy, 1990)，研究者乃依循此脈絡，同步檢視幼兒對各種變化情況下的重量推理，期更深入的瞭解幼兒概念推理的關聯網絡。目前國內外對較年幼兒童的重量保留推理研究，以 Piaget 和 Inhelder (1974) 的研究最常被引述，然其探討焦點仍較偏狹，較缺乏幼兒常識性的觸感經驗 (如物體的離地高度)，亦少涉及明顯形質改變的重量推理 (如汽化)，基此，有關幼兒對「重量的改變與恒定」的相關認知與推理，研究者將作較整體性的探究，期能更宏觀的分析幼兒各類重量推理的互動關係。

最後，由於晚近大腦與認知科學的研究，發展心理學家對幼兒的潛能，提出許多樂觀的看法。不少研究指出，極年幼的幼兒其實已具有抽象表徵的能力，甚至發現 3、4 個月大的嬰兒就具有數感、就能分辨 $1+1=2$ 、 $2-1=1$ (Blewitt, 1994; Dehaene, 2001; Koslowski, 1980; Wynn, 1992)。基此，研究者認為，幼兒的科學潛能亦可能超越先前的評估，本研究期較精敏的鑑知幼兒概念認知的思考機制與萌發跡象，以開展科學教育的新契機。

二、研究目的

- (一)探討幼兒對重量概念的「本質認知」，含「物質認知」、「非物質辨識」、「物質的重量特性」等三類別。
- (二)探討幼兒對重量概念的「保留推理」，含「離地高度」、「擴展或壓縮」、「變

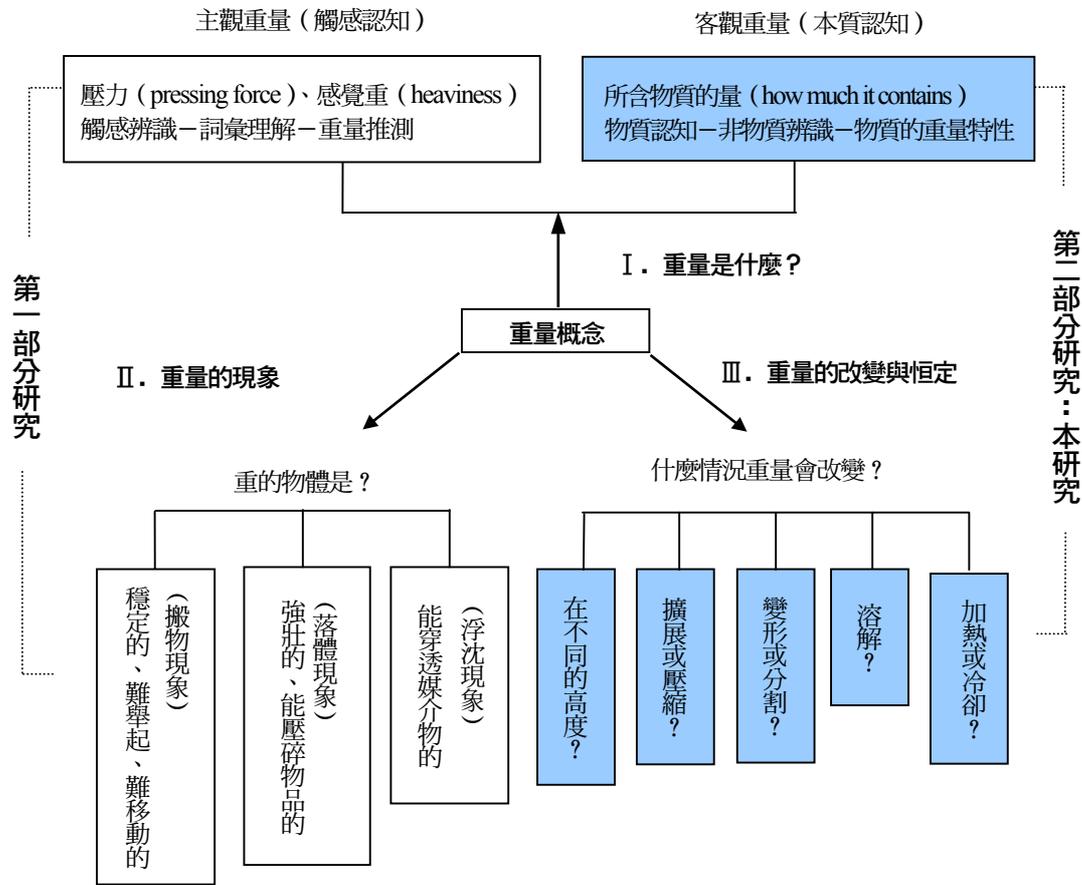


圖 1：3~6 歲幼兒對重量概念的認知架構

形或分割」、「溶解」、「冷熱效應」等五類別。

貳、文獻探討

一、兒童的認知能力與科學推理

兒童的認知能力如何？其對自然現象的科學推理有什麼特色？晚近發展心理學者對幼兒的能力，有哪些新的評估？茲簡要說明如下。

(一) 認知能力

Gega (1994) 根據皮亞傑的系列研究，指出 4-7 歲兒童認知能力的特性：(1) 在因果思考 (cause-and-effect) 上，前運思期兒童常缺

乏邏輯性，對於本身前後思考的矛盾常不自覺。此外，對事件發生的原因，也常會以神奇或有靈論的觀點來解釋。(2) 在相對思考 (relative thinking) 上，他們呈現自我中心的現象，認為別人的觀點會和他們相同。如果無法理解他們所說的話，這些處於直覺期的孩子通常只會重複剛才的語句，並不會作進一步的說明。(3) 在分類與序列 (classifying and ordering) 上，他們往往一次只能根據一種特性來進行分類，無法同時考量兩種以上的特性；而在列序活動上 4 歲的孩子常以隨機的方式來排序，6 歲的孩子則以嘗試錯誤的方式，直到 7 歲時才會以較系統的方式，先找出最大

及最小，再依序排列。(4)在保留思考(conservative thinking)上，直到6歲，兒童才漸具數量保留概念，至於長度、質量、面積、重量、體積保留概念，需在7-15歲以後才能具備。

(二)科學推理

兒童的科學推理，其特色為何？Driver, Guesne 和 Tiberghien (1993) 根據光、電與電路、熱與溫度、力與運動、氣體狀態、物質微粒、地球與宇宙等主題，歸納出六項特性：(1)由知覺支配(perceptually dominated thinking)；(2)有限焦點(limited focus)－只注意到明顯的特徵，未考量整體系統的互動性；(3)聚焦於改變而非穩定狀態(focus on change rather than steady-state)－聚焦於系統的易變狀態而非平衡狀態；(4)線性因果推理(linear causal reasoning)－無法作雙向思考；(5)未分化概念(undifferentiated concepts)－兒童所使用的觀念常具有混淆的多重涵意；(6)脈絡依賴(context dependency)－對於同一類現象的解釋，常因情境不同而採用不同的解釋，缺乏邏輯的一致性。至於在重量概念的認知上，3~6歲幼兒是否也呈現類似的思考機制，頗值得探析。

(三)晚近發展心理學家的新觀點

年幼兒童在思考及對科學的認知上有別於成人，是不爭的事實。然而，晚近在腦研究及認知科學的研究下，發展心理學者對皮亞傑的觀點提出若干挑戰，指出幼兒的能力可能超過我們先前的認定。

首先，皮亞傑認為3、4歲的孩子沒有排序的能力。然而若是將排序物(sticks)的數目減至4根，那麼就有將近四分之三的3、4歲孩子能正確排序(Koslowski, 1980)。其次，皮亞傑認為學前的孩子還未具有分類的能力，但目前的研究發現，即使是2、3歲的孩子也能分辨匙子是工具而櫃子是家具(Blewitt, 1994)。再者，有研究指出，仍在感覺動作期的孩子也

有「表徵」能力，即能用一事物代表另一事物，例如一個18個月大的孩子能用一個紙盤子放在頭上，把它當作是帽子(Kolstad & Anderson, 1991; 引自邱上真, 2000)。此外，透過「習慣化－去習慣化」的設計，甚至發現即使是3、4個月大的嬰兒就具有數感、就能分辨 $1+1=2$ 、 $2-1=1$ (Wynn, 1992; Dehaene, 2001)。

基於上述，研究者認為幼兒的科學潛能，亦可能超越早期的評估，吾人期待以較樂觀的角度，檢視幼兒的概念認知與發展歷程，瞭解其概念發展的關聯網絡。

二、重量的本質認知與保留推理之相關研究

兒童對於重量的本質有哪些認知？其重量保留推理的能力如何？由於目前國內外學界，直接涉及此概念的相關研究較為不足，且研究樣本的年齡層亦甚少涉及學前階段，茲僅列較為相關的實徵論述，簡述如下。

(一)重量的本質認知

孩子們重量概念的發展是由主觀重量(subjective weights)逐漸進入客觀重量(objective weights)，前者為觸感的理解(feeling heavy)，而後者則進入本質的理解(how much it contains)(Vosniadou, 1994; Galili & Bar, 1997; Bar, Zinn & Goldmunts, 1994)。而以內在本質來詮釋重量，自然涉及物質(matter and material kind)等相關概念。

對於物質概念的探討，國內外研究多數以中學生為對象，涉及小學者，以Nakhleh 和 Samarapungavan (1999) 的論述頗值得參考。該研究指出，個體對物質的瞭解是由「宏觀特性」(Macroproperties)，如顏色、形狀、質感、狀態、味道等，進入「微觀特性」(Microproperties)，涉及組成結構；而對於組成成分的瞭解，則由「宏觀連續」(Macrocontinuous)，視物質為一個整體，不可分割，進入「宏觀粒

子」(Macroparticulate)，視物質可分割成看得見的碎片，最後進入「微觀粒子」(Micro-particulate)，知物質由原子、分子組成。對於7-10歲兒童而言，主要仍停留在宏觀層次。

有關物質本質(nature of matter)的研究，研究者整理相關文獻，大致可歸納出個體對物質概念的四項迷思，即：(1)「物質與非物質的偏誤認定」。如將所有的存在物(如熱、光、電)視為物質，或將液體、氣體視為非物質(Stavy, 1991)，此類迷思，在小學或國中階段均可能發生；(2)「連續物質理論(theory of continuous matter)的偏差推測」。即將物質視為連續的、無空隙的、靜止的，不知它是由分子組成，分子處於運動狀態、分子間存有空間，(Novic & Nussbaum, 1981; Pfundt, 1982)；此類迷思，在高中、國中階段仍普遍存在；(3)「物質重量特性的未成熟認知」。未能有效認知重量是物質的特性，亦無法有效區辨重量與密度的差異(Smith, Carey & Wiser, 1985)；單純認定重量就是感覺重(felt weight)，對於無法用觸感覺知重量的物質，就認為它沒有重量，如認為一小粒保麗龍、微量灰塵、空氣沒有重量(Galili & Bar, 1997; 莊麗娟, 2004)，此類迷思在12歲以前，可能發生；(4)「物質保留概念」(conservation of matter)的缺乏。如認為化學變化(如燃燒)是一種物質的產生或消耗，不知其為原物質「原子的重組」，因此無法持守物質守恒的推理(Andersson, 1990)。此類迷思在中學階段，仍相當普遍。Stavy (1990)更進一步指出，唯有個體能認知「物質是什麼？」、「重量為物質的內在特性」(intrinsic properties of matter)、並有效區辨「重量與密度的差異」，物質保留概念，才得以成熟的發展。

(二)重量的保留推理

重量保留概念的研究主要起自於Piaget和Inhelder(1974)的研究，其運用「變形」

(如由球狀壓成扁平狀)、「分割」(如將黏土一分為二)或利用其他簡易的物理實驗(如糖溶解等)來檢視兒童的重量保留概念。皮亞傑認為，只有在具體操作期後期的兒童(約9歲以後)具可逆性思考能力後，才能瞭解重量保留概念。

重量保留概念的研究，在皮亞傑之後陸續有不少學者進行探討(如Driver, 1993; Gomez, Pozo & Sanz, 1995等)。而黃寶鈿和陳世雄(1993)更針對較複雜的物質變化現象，進行775名國中生重量保留概念的分析，其中所包含的物理及化學變化有溶解、蒸發、昇華、燃燒、二氧化碳生成、鐵釘生鏽、碘化鉛沈澱的生成等多種現象。研究發現，學生在重量保留概念上，其不正確的推理型態主要為「缺乏物質變化的過程知識」、「缺乏整體的考量，僅考慮物質產生變化的部分」、「錯誤的物質概念」、「受日常經驗的誤導」等。其次，張蓓莉(1986)以9-12歲重度聽障者為對象，發現該類群學生的保留概念比正常學生落後3年以上，在12歲以前未具備重量保留概念。

重量保留概念，較系統並略涉及幼兒階段者，為Galili和Bar(1997)的研究，其以5-16歲為對象，分成「膠泥變形」(含形狀改變及分割)、「固體—液體的轉變」、「液體—氣體的轉變」進行分析。研究指出，即使是「重量保留概念」，其中每一種類型的保留推理，出現的時間並不相同，其中以「變形」重量保留推理最早出現(約7歲以後)、「融化」次之(約12歲以後)，最後才是蒸發(約15歲以後)。而在「變形」中，保留推理出現的時間，又依序為「分割」(7歲)、「揉成長條狀」(9歲)、「壓成扁平狀」(9歲)，此研究對重量保留概念的發展分析頗值得參考。

由於重量的「本質認知」與「保留推理」，二者之間互有關聯，研究者乃結合此二者，進行「幼兒重量概念發展」的第二部分探測。本

研究將接續先前研究(探討較原發、觸感、質樸部分,含觸感認知與現象推理),著力於較本質、進階的部分。為配合3~6歲幼兒的認知能力,在此二向度的探討上,將作二項調整:(1)在本質認知方面,不作微觀原子論的探討,將聚焦於物質較基本的層面,探討幼兒對物質的認知(是否能辨識物質)、對非物質的辨識(是否知道並非所有東西都是由物質組成)、對物質重量特性的理解(是否明白非物質不具重量、重量是物質的重要特性);(2)在保留推理方面,不作複雜物質變化的探討,將配合幼兒質樸的生活經驗,聚焦於物體較基本的變化層面,系統性的分析幼兒對離地高度、變形分割、擴展壓縮、溶解及冷熱效應下的重量推理。並著力於推理機制的試探(含侷限及萌發點),期發掘概念網絡中可介入的契機,藉之開展幼兒潛能。

叁、研究方法

一、研究樣本

本研究樣本來自高雄縣、市各一所幼稚園。此二校係研究者立意取樣所得,其原因主要在於,該二校在幼兒年齡、認知能力及社經背景上,均涵蓋較廣的分佈範圍,有利於取得較多樣性的樣本;其師生互動的品質亦較優,有助於在必要時透過教師訪談,確認幼兒在檢視情境中的反應。基於幼兒概念檢視的難度(如語意溝通不易、關係不易建立、施測極為耗時等),亦為了取得較深入、精緻的訊息,在3~6歲每個年齡層中僅取樣6人(由教師推薦高、中、低程度者各2人),合計共24人。全體樣本之魏氏幼兒智力量表(WPPSI-R)得分,介於77至141之間,平均值為103,標準差為16。而其家庭背景多數為經商或民營機構基層員工(占75%),文教或高科技人才者占12.5%;家長學歷主要介於高職至專科之間(占62.5%)

%),碩士以上學歷者占8%。

二、研究工具

本研究工具以「3~6歲幼兒重量概念個別晤談表」為主,並配合「焦點問題分組討論綱要」、「家長與教師訪談表」作輔助分析的參考,說明如下。

(一)3~6歲幼兒重量概念個別晤談表

為配合幼兒的認知特質(如語文理解、表達技巧、注意力及持續力不足),本工具在設計上,有三項原則:(1)作業難度的淺化,降低檢測問題的複雜度;(2)語文抽象度的調整,配合幼兒慣用語彙,減緩語文理解的侷限;(3)強調實物、操作及影片,並酌情配合檢視焦點,安排具故事情節的繪本畫面,來誘發幼兒的興趣與想像推理,期較真實的捕捉幼兒活潑的思考機制。

本晤談表內容分成「本質認知」及「保留推理」兩大部分。首先,在「本質認知」上,以呈現實物並配合操作為主,含「物質的認知」(6題)、「非物質的辨識」(4題)、「物質的重量特性」(5題)等三類。其次,在「保留推理」上,同步融合實物(或模型)、繪本畫面及動態實景影像,含「離地高度」(1題)、「擴展或壓縮」(3題)、「變形或分割」(2題)、「溶解」(2題)、「冷熱效應」(6題)等五類變化。部分議題透過富有美感意境的故事繪本,引發幼兒較自然、原發、豐富的聯想與推理。此為本研究較具創意的設計(見表1)。

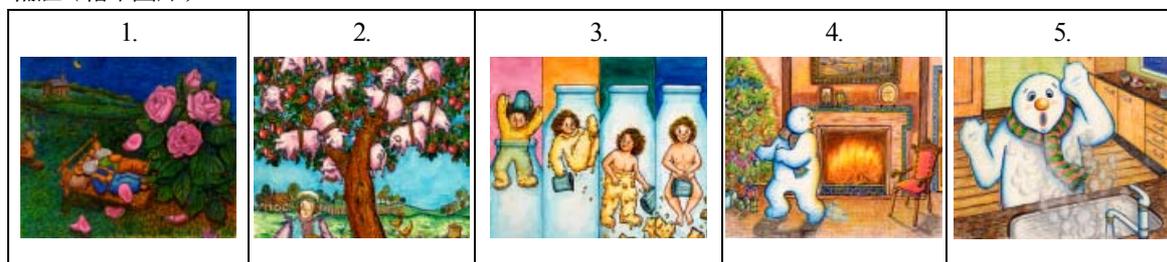
(二)焦點問題分組討論綱要

本討論綱要,主要針對上述工具中,較具衍生性的焦點,進行設計。分別討論「本質認知」中的細部切割概念(取材 Gilman 1992 之繪本: Something from nothing),以及「保留推理」中的融化和蒸發概念(取材 Briggs 1992 之繪本: The snowman),透過同儕互動,激發幼兒思考,藉之取得其相關的推理機制。本

表1：「3~6 歲幼兒重量概念個別晤談表」之內涵

向度	類別	具體內容	呈現型態		
			實物	影片	繪本
一、本質認知	(一)物質的認知	1. 組成材質的認知	✓		
		(1)單純物體 (木桌、紙杯)			
		(2)複雜物體 (腳踏車、公車)			
	(二)非物質的辨識	2. 細部分割的認知 (木桌、紙杯)	✓		✓ ₁
		1. 非物質組成的認知 (人、手、鐵門、盆花的影子)	✓		
		2. 非物質重量的認知 (大、小影子)	✓		
	(三)物質的重量特性	1. 辨識物質的依據：外觀顏色 vs. 內含重量	✓		
		(1)視覺干擾 (棕色木頭、棕色鐵、粉色木頭)			
		(2)非視覺干擾 (分別用鋁箔包裝的木頭、鐵)			
		2. 相對體積的物質重量 (1×1×1 的鐵)	✓		
二、保留推理	(一)離地高度	懸掛在不同高度的模型豬	✓		✓ ₂
	(二)擴展或壓縮	1. 爆 (或撐) 開 (傘、海綿)	✓		
		2. 壓縮 (土司)	✓		
	(三)變形或分割	1. 變形 (膠泥：變圓、變長、變扁)	✓		
		2. 分割 (膠泥：分割成許多小塊)	✓		
	(四)溶解	1. 消失 (方糖)	✓	✓	
		2. 變色 (土司)	✓		✓ ₃
	(五)冷熱效應	1. 固體加熱 (銅球)	✓	✓	
		2. 固體→液體 (蠟)	✓	✓	✓ ₄
		液體→固體 (水結冰)	✓	✓	
		3. 液體加熱 (水)	✓	✓	
		4. 液體→氣體 (水汽化)	✓	✓	✓ ₅
		5. 氣體加熱 (空氣)	✓	✓	

備註 (繪本圖片)



註：圖 1~5 依序參考自王秋蓉譯 (1996) 之田鼠之歌、Lobel (1979) 之 A treeful of pigs、Sendak (1970) 之 In the night kitchen、Briggs (1992) 之 The snowman；由曾秀卿改畫。

工具僅作為概念分析的輔助參考。

(三)家長與教師訪談表

訪談內容，主要含「在生活或教學上，與重量相關的經驗或事件」、「幼兒興趣與口語能力相關訊息」等二項。研究者配合個別晤談的檢視訊息，針對較特別或較爭議的焦點，進一步訪談家長與教師，藉之瞭解幼兒概念形成的經驗背景，以及幼兒語言意涵等相關訊息。本工具僅作為概念分析的校正參考。

以上三項工具，在初步編製後，共預試二次（每次 4 名幼兒，3~6 歲各 1 人），並於呈現類別、順序、提示語、分析型態上，請益科學教育學者二人、認知心理學與評量學者一人、幼兒文學與發展學者一人，及資深幼教師二人，多次修訂以至定稿。

三、實施程序、方法與資料分析

本研究實施程序、方法與資料分析，見表 2。

肆、結果與討論

本研究為試探性研究，旨在探測生命早期概念發展的思考機制。唯因樣本人數較少，各年齡層在各概念向度的成熟比率，稍不穩定。少數向度出現年長者的概念成熟比率，略低於年幼者的情況，然由於人數差距僅 1 人（見表 4、8、9、10），此偏誤現象的產生，應屬抽樣的機率誤差，暫可忽略。以下分析，將探測概念萌發的可能年齡，以及較明顯的成熟期，並從中瞭解幼兒概念認知的內涵。茲分別就「本質認知」與「保留推理」二向度分析探討。

一、本質認知：重量為物質的內在本質

茲將本向度之檢視訊息（含物質認知、非物質辨識、物質的重量特性），說明如下。

(一)物質的認知

有關幼兒是否能辨識物質，將從兩向度來探討：首先，檢視幼兒是否能說出物體（object）是由什麼東西（material）做的？本向度將分成單純物體（紙杯、木桌）與複雜物體（腳踏車、公車）兩類別，孩子們的回答將呈現他們對物質意涵的初步認知？其次，檢視幼兒是否知道將物體細部切割後，它還是該物質（如紙杯撕碎還是紙、木桌切碎還是木頭），藉此檢視幼兒對物質特性的體認。茲將 3-6 歲反應，整理如表 3 所示。

1. 組成物質的認知

從表 3 可知，在本研究中，幼兒對於單純物體的組成物質，在 3 歲時已有 50 % 初具概念，而至 5 歲時大致成熟；然而，當物體的結構或材質較為複雜時，孩子們對組成物質的辨識能力則大幅下降，即使到 6 歲時，仍有 33 % 未能有效分辨。從原始資料中可看出，孩子們的錯誤回答型式，主要有四種，即 a.「顏色」：如杯子是白白的做的；腳踏車是亮晶晶做的；b.「質感」：如杯子是軟軟的做的；c.「類似材質的物體」：如桌子是樹枝做的、爺爺的梯子做的；d.「結構」：如腳踏車是輪胎做的；公車是扶手、輪胎、窗戶做的。前三種主要發生在 3~4 歲，雖然答案並不正確，但實際上已呈現幼兒對物質外顯特徵的關注，唯其「物質名稱」的詞彙較為不足。至於以「結構」來回答者，只出現在「複雜物體」的情境中，3~4 歲有 5 人，占該年齡層 42 %；5~6 歲有 1 人，占該年齡層 8 %，造成此類反應，也可能在物質詞彙的有限，當幼兒無法分部說明組成的物質時（如公車車體是鐵做的、輪子是塑膠做的），改用結構來說明是可以理解的。易言之，研究者認為：幼兒對組成物質的認知，若非詞彙不足的干擾，其表現可能更好。對 3 歲幼兒而言，即使未能有效指認物質的名稱，但對物質的「特性」仍有初略的理解。

表 2：「3-6 歲幼兒對重量概念認知」研究之實施程序、方式與資料分析法

實施程序	方式	資料分析
(一) 樣本擇取	3~6 歲每年齡層由教師推薦高、中、低程度者各 2 人；並實施智力測驗，進行能力確認與調整。此外，調查家庭背景資料（家長職業與教育程度）。	1. WPPSI-R 之分數統計，計算平均數與標準差。 2. 家庭背景資料百分比統計
(二) 概念檢視	含個別晤談與分組討論。 依序進行「3-6 歲幼兒重量概念個別晤談」，每一幼兒約需 3 小時，分 6 次進行。並於各向度檢視後，依年齡進行「焦點問題分組討論」。此概念檢視之要點為： 1. 配合具體實物、操作與故事繪本，協助幼兒理解並誘發其興趣與想像推理。 2. 視幼兒反應作適度調整（含實物、圖片、具體操作或戶外觀察等）。 3. 在晤談情境中，同步觀察幼兒其他非口語反應，作為概念檢視分析的參考。 4. 以數位錄影及筆記作詳實紀錄。	1. 檢視類目的百分比統計 2. 描述分析，由研究者及二名資深教師進行資料分析，並由科學教育具物理學背景與幼兒認知發展學者鑑定。資料分析，分兩層次校正，首先是「訊息語意」的校正，以確認幼兒口語的真實意涵，評分者一致性為.89-.96。其次為「詮釋分析」的校正，以確認幼兒(1)概念發展的侷限(2)概念萌發的跡象(3)思考機制的歸納。評分者一致性為.88-.92。
(三) 追蹤訪談	針對較特別或較爭議的焦點，適時訪談家長及教師，以取得幼兒生活經驗之相關訊息，包含： 1. 生活或教學上，與重量相關的經驗或事件。 2. 幼兒口語能力的相關訊息。	所取得的資料，主要作概念分析的校正參考，確認幼兒所描述事件及語彙的真實意涵，以降低詮釋分析的偏差。

表 3：24 名 3-6 歲幼兒對「物質的認知」的答題狀況統計表

診斷類別	組成物質的認知								細部切割的認知			
	A. 單純物體				B. 複雜物體							
年齡	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲	3 歲	4 歲	5 歲	6 歲
(人數)	(6 人)	(6 人)	(6 人)	(6 人)	(6 人)	(6 人)	(6 人)	(6 人)	(6 人)	(6 人)	(6 人)	(6 人)
答對人數	3	4	6	6	1	3	3	4	4	3	5	5
(百分率)	(50%)	(67%)	(100%)	(100%)	(17%)	(50%)	(50%)	(67%)	(67%)	(50%)	(83%)	(83%)
備註	(1)組成物質的認知中，若幼兒答案並不完全正確，然其確屬物質，仍算通過。 (2)組合物質的認知中，呈現以「顏色」、「質感」、「類似物」與「結構」來回答等錯誤類型 (3)組成物質與細部切割認知皆正確者，3-6 歲各有 1、0、2、4 人，共 7 人。											

2. 細部分割的認知

當詢問幼兒「杯子撕碎了，還是杯子嗎？還是紙嗎？」或「桌子鋸碎了，還是桌子嗎？還是木頭嗎？」(註 1)。在本研究中，有 50% 以上的 3-4 歲幼兒能正確的回答：「不是杯子，還是紙！」、「不是桌子了，但還是木頭！」。

幼兒能理解物體細部切割後，已非該物體，但還是原物質，事實上已呈現他們對物質特性的進一步體認，在較不依賴抽象語文的情境下，超越以往的評估，即使是 3 歲幼兒已能進入類似於 Nakhleh 和 Samarapungavan (1999) 所提出的宏觀粒子 (Macroparticulate) 層次，

表 4：24 名 3~6 歲幼兒對「非物質的辨識」的答題狀況統計表

診斷類別	影子怎麼來的？				是不是由什麼東西做的？			
年齡 (人數)	3 歲 (6 人)	4 歲 (6 人)	5 歲 (6 人)	6 歲 (6 人)	3 歲 (6 人)	4 歲 (6 人)	5 歲 (6 人)	6 歲 (6 人)
答對人數	1	2	5	5	2	1	5	4
(百分率)	(17%)	(33%)	(83%)	(83%)	(33%)	(17%)	(83%)	(67%)
備註	(1)在影子是怎麼來的中，需指出關鍵因素（光線），才算答對。錯誤類型主要為「來自地上」、「來自物體」、「來自黑暗」、「不知道」等。							
	(2)在影子是不是由什麼東西做的中，錯誤類型主要為「太陽做的」、「物體做的」、「地板做的」、「不知道」等。							

認知物質的可分割性，此類認知在分組討論中，得到再次的確認。絕大多數的 3~6 歲幼兒，對於“Something from nothing”故事繪本中的被子，逐漸被裁剪做成外套→背心→手帕→領帶→扣子時，非常肯定它還是布，即使再剪得更碎些！這可能是個有關「物質」進階概念的萌發點，如果物質細分後還保有其特性，那麼「物質具有特定重量」的觀念就較可能萌發！

(二)非物質的辨識

在「非物質的辨識」上，本研究配合幼兒生活經驗，調整問題深度，以幼兒們較感興趣的影子，作為檢視的焦點。研究者帶孩子到戶外去，引導幼兒觀察各式各樣的影子後，詢問幼兒：「它（影子）是怎麼來的？」、「影子是不是用什麼東西做的？」、「好大好大的影子有沒有比好小好小的影子重？」，藉之探測幼兒對非物質的認知，瞭解他們是否將影子視為實質的物體並具有重量？

1. 非物質的構成

幼兒是否知道「並非所有的東西都是由物質組成」？茲將幼兒反應，整理如表 4 所示。

從表 4 可知，在本研究中，幼兒對影子並非是物質的概念，在 5 歲以後有較明顯的成長。在「影子是怎麼來？」的問題中，愈年幼的孩子，愈會聚焦於較鄰近影子的因素，例如，「來自地上」或「來自物體」，不少 3、4 歲的孩子堅定的告訴我：「影子是從腳下面跑出來

的！從地板來的！」或是當陽光照到手產生影子時，他們會興奮的說：「是從手來的！」。有一名智商較低的幼兒（智商 77），甚至提出天真的想法：「它是用色把它塗，然後曬乾。」，所有的 3 歲幼兒只有 1 人注意到光線和影子的關係。

然而，即使幼兒知道影子來自於光線，並不表示他們知道影子不是物質。在「影子是不是由什麼東西做的？」的問題中，孩子們主要的錯誤反應是他們會把「來源」（made from）和「組成」（made of）的概念相混，例如「影子是太陽做的」、「人的影子是人的身體做的」、「盆花的影子是樹葉做的」；有一名 3 歲幼兒（智商 132），甚至將影子具像化，認為「鐵門的影子是鐵做的、手的影子是肉做的、遊樂設施樓梯的影子是木頭做的！」，還有一名 4 歲幼兒看到影子晃來晃去，就認為「影子是毛和棉花做的，因為很軟！」，孩子們對於影子的組成，多少有些超越感官的想像成分，但也同時呈現他們尋求解答的思考邏輯！

對於影子並非物質的概念，其實並非較年長者所獨有，一名 3 歲幼兒（智商 120）就呈現出對這個概念較成熟的認知，他說：「有人在那裡，它就是影子，影子是黑黑的，人的影子不像人（沒有白色）；影子從太陽來的，很亮就會有，影子不是用什麼東西做的！」。這個事例，讓我們看到，超越前運思期孩子思

考侷限的例外！

2. 非物質的重量

幼兒是否知道「非物質沒有重量」？本研究聚焦於影子的重量，來檢視幼兒對非物質的認知。由於幼兒詞彙的理解不足，其常將「很輕」，說成「沒有重量」（莊麗娟，2004），再加上絕大多數的孩子都認為影子是輕的，因此，若直接詢問幼兒：「影子有沒有重量？」，極可能高估幼兒對此概念的認知。基於此，研究者對影子的重量，同時問了兩個問題：「影子有沒有重量？好大好大的影子有沒有比好小好小的影子重？」，進行交叉篩檢，兩題都答對者，才視為答對。茲將幼兒對影子的重量認知，整理如表 5 所示。

從表 5 可知，在本研究中，幼兒對非物質不具重量的認知，直到 6 歲時才較為成熟，通過率為 67%。多數 3~6 歲的孩子（58%），雖然在語彙上宣稱影子沒有重量，但問到「大影子有沒有比小影子重？」時，卻又認為：「大影子重！」。可以想見，對於這些孩子而言，影子還是有重量的。對照表 4、5 可知，孩子們對於「非物質不具重量」的認知，發展在「非物質不是由什麼東西做的」之後，從 5 歲幼兒明顯的人數落差（5:2），至 6 歲幼兒的人數一致（均為 4 人），略可推測，此二概念相調和的成熟期，可能需歷時 1 年才能完成。

（三）物質的重量特性

孩子們是否理解「在固定的體積下，不同的物質有不同的重量，重量是物質的一項重要特性」？在這個部分，研究者特意安排兩種情境。在第一個情境中，有三塊 $4 \times 2 \times 2$ 的深棕色木頭、深棕色鐵與淺粉色木頭，要求孩子選出「哪兩樣東西是用相同的東西做的？」，我們想瞭解的是，孩子們究竟會依照外觀顏色，還是會根據重量來判斷物質？而在第二個情境中，會先讓幼兒把玩、觸摸兩塊同大同形狀的鐵和木頭後，再呈現 3 組用鋁箔包裝起來

的「木頭 vs. 鐵」的配對（ $4 \times 2 \times 2$ 組、 $3 \times 2 \times 1$ 組、 $2 \times 2 \times 2$ 組），讓孩子猜測「它們是相同的東西做的嗎？如果不是，哪一塊才是鐵？」。此外，再給予單獨一塊用鋁箔包裝 $1 \times 1 \times 1$ 的鐵，讓孩子判斷「它是鐵？還是木頭？」。一般而言，除了單一體外，情境二比情境一簡易，由於控制了外觀視覺的干擾，重量線索就突顯出來，研究者想瞭解的是，在這種情境下，幼兒是否能以重量來推測物質？茲將的幼兒反應資料，整理如表 6 所示。

1. 辨識物質的線索

從表 6 可知，在本研究中，多數 3~5 歲幼兒（67%）主要以「外觀顏色」，來辨識物質是否相同，他們會認為同樣是深棕色的鐵和木頭，才是相同的東西做的。而能自發的以「內隱的重量」作為分辨物質的線索，大致至 6 歲可成熟，即使顏色差異很大，他們也能辨識棕木與白木，才是相同的物質。在控制外觀因素的條件下（物體都用鋁箔紙包裝），幼兒對於配對物組的猜測顯得十分活絡而精準，所有的幼兒都能作正確的推測。這個訊息似乎告訴了我們：那些在情境一答錯的孩子，其實並非不知道重量是物質的一項特性，只是「重量」往往不是他們最先考慮的因素。易言之，在較為明確、簡化的檢視情境中，幼兒以重量來判斷物質的認知，已超越 Smith, Carey 和 Wiser（1985）的評估（認為需 9 歲以後）。而年幼的孩子，以視覺感官作為最主要的推理依據，其實是一種極為普遍的現象，這個現象在本研究的第三向度「重量的改變」中，亦一再的出現，也顯示出這個時期的孩子在思考上獨特的傾向。

2. 相對體積的物質重量

在單一物的測試情境中，由於缺乏同體積的參照物，孩子在推測包裝下 $1 \times 1 \times 1$ 的鐵是什麼時，顯得較為困難。多數的孩子，會說：「不是鐵，因為輕輕的。」。換言之，對於 5 歲

表5：24名3~6歲幼兒對「非物質的重量認知」答題狀況統計表

年齡(人數)	3歲(6人)	4歲(6人)	5歲(6人)	6歲(6人)	合計
答對人數	0	1	2	4	7
(百分率)	(0%)	(17%)	(33%)	(67%)	(29%)

註：多數3~6歲幼兒(占58%)，認為大影子比小影子重。

表6：24名3-6歲幼兒對「物質的重量特性」的答題狀況統計表

診斷類別	辨識物質的主要依據				是否能以重量推測物質							
	外觀的顏色或內隱的重量				A.配對組				B.單一物			
年齡	3歲	4歲	5歲	6歲	3歲	4歲	5歲	6歲	3歲	4歲	5歲	6歲
(人數)	(6人)	(6人)	(6人)	(6人)	(6人)	(6人)	(6人)	(6人)	(6人)	(6人)	(6人)	(6人)
答對人數	2	2	2	6	6	6	6	6	1	2	3	6
(百分率)	(33%)	(33%)	(33%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(17%)	(33%)	(50%)	(100%)

註：在「辨識物質的主要依據」中，所謂答對者是指能以內隱重量作為線索者。

以下的孩子而言，他們對鐵的感覺就是「重！」，採用較絕對的重量觀點，不太考慮體積大小的問題。我們也許可以說，在5歲以前，幼兒對物質的特性認知，較停留在重量層次(它重還是輕?)，而非密度層次(在相對的體積下，它重還是輕?)。而能正確的參照體積來比較重量，進而推測該物質，約至6歲時成熟。雖然密度是一個較為進階的概念，但若排除字彙的干擾，進行較簡易的測試，我們其實仍可發現，孩子們仍有隱微的理解，而這種理解，早在3歲時，已有部分幼兒已經開始萌發了！此發現亦調整 Smith, Carey & Wiser (1985) 認為需6~7歲以後，才逐漸理解「相對體積之重量」(heavy for size) 的論述。

二、重量的改變與恒定(什麼情況下重量會改變?)

重量保留概念在物理及化學過程中扮演重要的角色。保留法則的運用影響概念的理解；反之，精緻的概念理解亦引導保留基模的正確應用(Piaget, 1974; Bar & Galili, 1994)。基於此，本研究的第二向度將檢視在什麼情況

下，孩子們會認為物體的重量改變了？茲分別從「離地高度」、「擴展或壓縮」、「變形或分割」、「溶解」及「冷熱效應」五方面進行探討。說明如下。

(一)離地高度

配合 Lobel (1979) 之 A Treeful of Pigs 的繪本畫面，研究者以遊戲的方式，先讓幼兒探索，確認每一隻同重同大的模型豬(銅製品)都一樣重後，再讓幼兒將它們分別掛在聖誕樹的不同高度，然後，研究者用手依序指出掛在不同高度的模型豬，問幼兒：「現在這些豬有沒有一樣重？」，若幼兒回答「一樣重」，就詢問原因；反之，若幼兒回答「不一樣重」，再問「你想誰最重？是掛的很高很高的比較重，還是掛的很低很低的比較重？為什麼？」，藉此探測幼兒對「離地高度與重量關係」的看法。在晤談情境中，配合幼兒的語文能力，研究者並不出現「地心引力」或「離地高度」等詞彙。幼兒的反應如表7、圖2所示。

從表7可知，在本研究中，3~6歲幼兒對於「離地高度與重量的關係」普遍缺乏正確的認知。從圖2可看出，認為「高度不同重量就

表 7：24 名 3~6 歲幼兒對「離地高度與重量關係」答題狀況統計表

年齡 (人數)	3 歲 (6 人)	4 歲 (6 人)	5 歲 (6 人)	6 歲 (6 人)	合計
愈高愈重 (百分率)	3 (50%)	3 (50%)	3 (50%)	0 (0%)	9 (38%)
愈低愈重 (百分率)	2 (33%)	1 (17%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (13%)
一樣重 (百分率)	1 (17%)	2 (33%)	3 (50%)	6 (100%)	12 (50%)
理由說明	(1)愈高愈重：「本來就這樣」、「因為高高的會更有力氣」 (2)愈低愈重：「因為像大石頭」、「因為它快要掉下來」 (3)一樣重：「看起來都一樣」、「都是鐵做的」、「都是一樣的」、「只是被吊在樹上」				

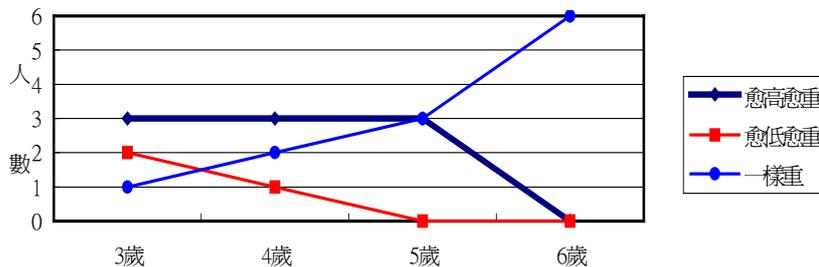


圖 2：24 名 3~6 歲幼兒對「離地高度與重量關係」答題狀況統計圖

不同（變重或變輕），有隨年齡遞減的趨勢，反之，認為「離地高度不影響重量」者，則隨年齡而遞增。由於不知地心引力的存在，較年長的幼兒誤用了重量保留推理。

1. 以落體效應作推測的依據

在 5 歲以前，大多數的孩子會認為「小豬掛的高會更重，因為高高的更有力氣！」。之所以有這種反應，極可能來自於對「落體效應」認知，孩子們從生活經驗中，知道東西從愈高的地方掉下來愈可怕，愈容易壓扁其他的東西！（莊麗娟, 2004），據此他們直接推測在比較高的地方，物體變重了！當然，抽象的地球引力和距離等因素對重量的影響，不是這個時期的孩子所能理解的。

2. 以粗略視覺感受作判斷的線索

反之，認為「掛的高會比較輕」，表面上答案雖然正確，但他們的理由，卻未涉及關鍵因素，所有這類選答的孩子，都是以視覺粗略的感受，來說明為什麼掛的低的豬比較重，「因為它看起來快要掉下來！」「它像大石頭」。換

言之，從推理機制的邏輯性來看，這類孩子在層次上可能更比不上前一類的孩子，而這種偏屬直觀的推理型態，大致在 5 歲以後可明顯的修正。

3. 以「同一性」（identity）作研判的法則

有趣的是，認為「掛的高度不影響重量」者，明顯的有逐年升高的趨勢，至 6 歲時，所有的孩子都持著這種觀點。雖然受限於語彙說明的能力，他們或許是以材質或是其他較模糊的語言來描述，如「它們都是鐵做的！」、「只是吊在樹上而已啊！」、「都是一樣的」，但實際上，極可能在說明物體本身並沒有量或質的改變，重量是不可能變的！這種思考機制其實是成熟的，只是在整個作用力與重量的系統中，幼兒因無法察覺超越感官「地球引力」的存在，使他們在推理上產生較大的限制。

整體而言，對於離地高度與重量的關係，3~6 歲幼兒的推理機制，大致呈現「直觀（5 歲前）→以外在現象協助判斷（6 歲前）→關注物體本質」的發展脈絡。從表 6 可知，在 6

表 8：24 名 3~6 歲幼兒對「擴展或壓縮」重量變化的答題狀況統計表

診斷類別	傘撐開			海綿鬆開			土司揉小		
	變重	變輕	不變	變重	變輕	不變	變重	變輕	不變
3 歲	3 (50%)	3 (50%)	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (50%)	3 (50%)	0 (0%)
4 歲	3 (50%)	1 (17%)	2 (33%)	4 (67%)	1 (17%)	1 (17%)	1 (17%)	3 (50%)	2 (33%)
5 歲	4 (67%)	0 (0%)	2 (33%)	3 (50%)	1 (17%)	2 (33%)	1 (17%)	4 (67%)	1 (17%)
6 歲	1 (17%)	2 (33%)	3 (50%)	2 (33%)	2 (33%)	2 (33%)	2 (33%)	1 (17%)	3 (50%)
理由說明	<p>陽傘：認為變重，基於「變大」、「傘面變硬」、「看到鐵」；認為變輕，基於「傘柄很小」、「像飛機飛起來」；認為重量不變，則基於「都是雨傘」、「沒變大」、「傘柄都是鐵做的」等觀點。</p> <p>海綿：認為變重，基於「變大了」、「彈開力量大」；認為變輕，基於「變軟了」；認為重量不變，基於「都是一樣的東西」等觀點。</p> <p>土司：認為變重，基於「變硬」、「圓圓的」、「像丸子」；認為變輕，基於「變小」、「接觸面積小，就沒力量」；認為重量不變，則基於「都是一樣的東西」、「打開就一樣大」等觀點。</p>								

歲時，幼兒以「內隱重量」來判斷物質的認知，已明顯的成熟，因此，對於並未產生形質改變，僅是「位移」的物質重量，自然易援用保留推理。而孩子們較無法自發的覺察「超越視覺的潛在因素」的思考特質，在後續各類別檢視中，仍可發現。

(二)擴展或壓縮

對於物體擴展或壓縮的重量變化，幼兒的反應如表 8 所示。

從表 8 可知，在本研究中，幼兒對於物體擴展或壓縮的重量保留推理，約 4 歲時開始萌發；由於視覺的暗示性，一直到 6 歲，仍有半數幼兒未能有效的推論。

1. 瞬間的大小變化主導重量的推測

在變重、變輕或不變的三類選答中，除了 6 歲組以外，3~5 歲均有 50% 以上傾向於隨物體「大小」的變化來推測重量的變化，當物體變大了就認為變重，反之就變輕（見表 8 粗體數字）。在傘、海綿及土司等三類檢視類別中，以海綿鬆開的重量保留最為缺乏，其原因主要在於該物體在視覺上，有極明顯的變化，體積瞬間增大了數十倍，尤其是 3 歲幼兒，當他們看到同樣的東西，一下子變得「超大超大」，再怎麼想都認為會變重！

2. 聚集感為另類思考機制

其次，有另外一部分孩子採用反向的思考機制，他們關懷「聚集感或硬度」的變化，更甚於「大小」的變化。當看到海綿放鬆時，變得「好軟！」，就認為它變輕了；反之，看到土司揉小，變得「硬硬的！」，就肯定它變重。孩子們對物體的聚集感，「飛」偶而也是相互關聯的因素，一名 3 歲幼兒認為傘合起來是重的，而當他眼看著傘面瞬間撐大，想像它好像飛機，都快要飛起來了！「變輕了」於是就成為他毫不遲疑的看法。

3. 互補 (compensation)、可逆 (reversibility) 思考的出現

至於認為「重量不變」者，多數仍採用「都是一樣的東西」的說辭，甚至有人指出：「傘根本沒變大！」。這些具保留概念的孩子，在研判物體體積的變化時，似乎已超越了單一向度，同時關注了其他向度的互補性（面積、厚度或疏密等）。有趣的是，一名 6 歲幼兒（智商 120），在說明土司為什麼變小卻沒變重時說：「因為打開就一樣大！」。限於語彙能力，孩子沒辦法周全的解釋，但實際上他呈現了一種觀點：土司的大小是可以復原的（可逆的），它的本質並沒有改變！

(三)變形或分割

對於膠泥變形或分割的重量變化，幼兒的反應如表 9、圖 3 所示。

1. 重量保留概念：分割 > 變形 (≡ 壓縮)

從表 9 可知，在本研究中，幼兒對於物體變形或分割的重量保留概念，需至 4 歲時才開始萌發，愈年幼的孩子，愈會依據視覺的感受，來推測重量的變化。在「膠泥分割」上，6 歲時，已有 83 % 幼兒能正確推測「膠泥分成許多小塊後」的重量變化。然而，對於「膠泥變形」的重量推理，幼兒則顯得較為困難，直到 6 歲時，仍有 50 % 未能有效推論。有趣的是孩子們在「膠泥變形」上的通過率與「土司壓縮」完全相同，3~6 歲均各為 0、2、1、3 人（見表 8），換言之，研究者推測，幼兒對於壓縮與變形的重量變化，採用相似的推理機制。

2. 「片面」視覺感受的推理侷限

至於缺乏重量保留概念者，其主要的限制在於，該類群幼兒常以片面的視覺感受來進行推論。不論是強調「圓圓的就重」、「壓扁比較大，就有很多力量壓在地板」、「剝開變得小小的就輕」或是「剝開就有好多就重」，孩子們明顯的呈現，無法周全顧及多個度的情況。在變形中，他們不是僅關注膠泥的「厚度」，就是只注意「面積」；而在分割中，他們不是僅注意單一小粒的「體積」，就是僅注意「數量」，由於缺乏整體性思考，使重量保留的推理無法有效的運作。

3. 聚焦「動態轉換歷程」的思考萌發

然而對於能理解「變形與分割，不造成重量變化」者，除了採用「它們都是黏土」的理由外，在這個部分，有 3 名 5、6 歲幼兒（智商分別為 115、120、132）出現了關注動態歷程的跡象：「只是剝開而已」、「只是捏一捏而已」，此類思考取向，促進保留推理的萌發與成熟。

(四)溶解

對於溶解的重量變化，幼兒的反應如表 10 所示。

從表 10 可知，幼兒對於溶解後的重量變化，普遍缺乏認知，在本研究中，即使到 6 歲仍有多數幼兒無法有效的推論，這種情況在「麵包捏碎於水」的情境中，更為明顯，全體幼兒僅 2 人（8 %）持「重量不變」的觀點，而真正能作較合理的解釋的，只有 1 人。

1. 知覺支配思考 vs. 思考引導知覺

在方糖溶於水中的情境中，絕大多數幼兒（15 人）會依據視覺線索作直接的推論，孩子們眼見方糖在攪拌下逐漸消失後，共同的結論是「變輕了，因為裡面什麼東西都沒有了！」，這種「由知覺支配思考」的情形，在 5 歲以前極為明顯，與 Driver, Guesne 和 Tiberghien（1993）的論述相符。此外，有關知覺與思考的互動關係，研究者亦發現另一種型式，即「思考引導知覺」的現象，有 12.5 % 的孩子呈現出這種傾向，他們可能憑藉推理（認為糖溶於水後，跑到水裡，水會變多），於是忽略了實際線索（晤談情境中，並列了另一個糖未溶解的對照水杯，可明顯看出溶解後的水位並沒有增高），堅稱水杯「它的肚子變大了，水變多了」（3 歲），而認為整杯水變重了！這種配合推理而調整知覺的現象，存在於各個年齡層中。

2. 系統「互動性」的忽略

其次，在溶解現象中，更突顯了幼兒獨特的思考傾向，那就是未能考量整體系統的互動性。舉例來說，在方糖溶解中，那些堅稱糖溶解會使水變多的孩子，似乎只注意到「糖」本身，而不能考量「水和糖的關係」。事實上，不論溶解與否，糖一直都在水裡，然而孩子卻只隨著「糖的存在或消失」起舞。這種情形在「麵包捏碎於水」更為明顯，起初麵包是半浮半沈在水面上，捏碎後，整杯水變得白濁。孩子

表9：24名3-6歲幼兒對「變形或分割」重量變化的答題狀況統計表

診斷類別	變形				分割		
	球 > 長 > 扁	扁 > 長 > 球	一樣重	其他	變重	變輕	一樣重
3歲	2 (33%)	3 (50%)	0 (0%)	1 (17%)	1 (17%)	5 (83%)	0 (0%)
4歲	1 (17%)	3 (50%)	2 (33%)	0 (0%)	2 (33%)	2 (33%)	2 (33%)
5歲	0 (0%)	4 (67%)	1 (17%)	1 (17%)	1 (17%)	4 (67%)	1 (17%)
6歲	2 (33%)	0 (0%)	3 (50%)	1 (17%)	0 (0%)	1 (17%)	5 (83%)
理由說明	變形： 球 > 長 > 扁，係基於「愈圓愈重」的觀點；扁 > 長 > 球，則基於「愈大愈重」的觀點 分割： 認為變輕者，主要基於「體積變小」；反之，認為變重者，主要基於「數量變多」 認為重量沒變者，理由為「只是剝開而已」、「只是被捏一捏」、「都是黏土」						

表10：24名3-6歲幼兒對「溶解」重量變化的答題狀況統計表

診斷類別	方糖溶於水			麵包捏碎於水中		
	變重	變輕	一樣重	變重	變輕	一樣重
3歲	1 (17%)	4 (67%)	1 (17%)	3 (50%)	3 (50%)	0 (0%)
4歲	0 (0%)	5 (83%)	1* (17%)	3 (50%)	2 (33%)	1* (17%)
5歲	1 (17%)	5 (83%)	0 (0%)	3 (50%)	2 (33%)	1 (17%)
6歲	2 (33%)	1 (17%)	3 (50%)	3 (50%)	3 (50%)	0 (0%)
理由說明	方糖： 認為變重，主要基於「糖跑到水裡了」、「水變多了」；認為變輕，是基於「糖不見了」、「什麼東西都沒有了」；認為一樣重，則基於「還是有糖」、「水一樣多」或是*直覺。 麵包： 認為變重，主要基於「裡面的東西變多了」、「水變多了」；認為變輕，基於「土司變成碎碎的」、「麵包不見了」；認為一樣重，則基於「它們都有杯子、水和麵包」或是*直覺。					

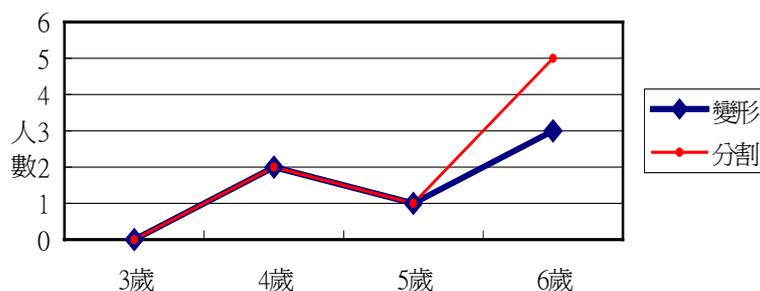


圖3：具「變形或分割」重量保留概念人數統計圖

們同樣以分離的觀點來看待水和麵包，他們不是只注意到水面上的麵包（捏碎了不見了，變輕！），就是只注意到水裡的濃濁感（裡面的東西變多了，變重！），完全忽視水和麵包從頭到尾都結合在一起，是處在同一個互動的系統中。

不過意外的，我們也發現了一個特例，一名5歲幼兒（智商109），對這個問題顯得宏觀：「一樣重啊！因為它們都有杯子、水和麵包！」。

3. 「潛在物質」的隱微覺知與輔以線索的運用
雖然，前運思期孩子有其思考的侷限，

但在其中亦有令人喜悅的蛻變歷程。在「方糖溶於水」中，部分早慧幼兒超越視覺的干擾（糖不見了！），隱微覺知「潛在物質」的存在，認為「糖還是在裡面，所以一樣重！」。也許透過生活經驗（知道糖溶入水裡，水變甜了！3歲幼兒，智商120），或自發的採用輔助線索（水還是一樣多，所以一樣重！6歲幼兒，智商115），孩子們在認知的蛻變歷程中，確實展現了主動性與生命力！而幼兒對於物質「隱形存在」與「重量保留」的推理，其萌發年齡可能遠早於 Piaget 和 Inhelder (1974) 的認定（指出8歲以後，才知道溶解後糖仍然存在；10歲以後，才知道溶解後重量不變）。

據 Rosen 和 Rozin (1993) 的研究指出，多數3、4歲幼兒其實已能覺知糖溶解後，其甜分 (sweetness) 仍然存在的事實，即具有味覺保留的推理 (conservation of taste)。然而，在未經提示下，他們常無法超越視覺，自發的運用味覺感官，來理解物質的保留 (conservation of substances)。易言之，研究者認為，對於多數3~6歲幼兒而言，其無法有效推測「溶解」後的重量變化，原因並不全然在於缺乏「隱形物質」的概念，「推理策略的未精熟」可能也是因素之一。

(五)冷熱效應

對於冷熱效應的重量變化，幼兒的反應如表11所示。

由表11可知，在本研究中，3~6歲幼兒在冷熱效應上，明顯的缺乏重量保留概念。這種情況在異態轉變上（蠟燭熔化、水結冰、水汽化），更是明顯（答對率為0）。由於物質形態的改變較為劇烈，「體積」的變化無形中就成為孩子們最關注的線索，除蠟燭熔化外，所有的診斷類別的主要反應，主要是因應體積變化的結果（見粗體數字欄）。

值得一提的是，在汽化情境中，有別於 Galili 和 Bar (1997) 的設計（讓受試者想像

水瓶中的水，逐漸蒸發成氣體），本研究改以封閉系統，進行實際的加熱操作。研究者在一錐形瓶中滴入少許水，並於瓶口套上汽球，當水受熱逐漸汽化時，可明顯的看到汽球愈脹愈大，並發現瓶內產生了許多霧氣。至於霧氣究竟從哪裡來？絕大多數的孩子，不是認為「從火來」，就是認為「外面的空氣穿過瓶子跑進去」，或是「從酒精燈裡跑進去」，這種「外物加入」的思考模式，使多數幼兒認為汽化後變重了。反之，在分組討論時，配合“The snowman”故事繪本，雪人在後院裡的陽光下消失了！多數幼兒知道它「變成水跑到土裡，然後又曬乾」，並堅持著它會變得很輕很輕！換言之，孩子們對於冷熱效應的重量推理，並非絕對，他們會隨著不同情境脈絡中的主要知覺特徵，作機動性的調整。

1. 質樸矛盾的思考：熱「物質」vs.冷「元素」

較為特別的是，這冷熱效應中，孩子們普遍出現「燒過就重」、「燒過後就把火燒進去」、「有火推、熱熱的就重」的觀點。全體幼兒有67%出現這種傾向，這種將熱視為「物質」，「增加熱就增加重量」的思維，與古希臘人的觀點頗為相符 (Galili & Bar, 1997)。而另一方面，在水結冰中，孩子們(54%)同時又出現另一種觀點：「冰冰的，就超級重」、「很冷就重」，此又與亞里斯多德等人將冷視為「較重元素的性質」的論點相近，並與 Megged (1978) 的研究呼應。時而熱就重、時而冷就重，孩子們在不同的脈絡中，採用相互矛盾的思考法則而不自覺，在此可見一斑。

2. 物質三態的視覺感：愈軟愈輕

在蠟燭熔化、水結冰及水汽化中，可發現孩子們另一種推理機制，也就是他們會依據物質看起來的軟硬程度，來推論重量的變化。63%的3~6歲幼兒，會認為蠟燭熔化變軟變輕了、水結冰變硬變重了、水汽化成霧，又軟又輕。基於物質三態在視覺上的密集感，幼兒產生「固

表 11：24 名 3~6 歲幼兒對「冷熱效應」重量變化的答題狀況統計表

診斷類別	A. 固體加熱：銅球			B. 固體→液體：蠟熔化		
	變重	變輕	一樣重	變重	變輕	一樣重
3 歲	5 (83%)	1 (17%)	0 (0%)	3 (50%)	3 (50%)	0 (0%)
4 歲	4 (67%)	1 (17%)	0* (0%)	3 (50%)	3 (50%)	0 (0%)
5 歲	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (33%)	4 (67%)	0 (0%)
6 歲	5 (83%)	0 (0%)	1 (17%)	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)
	C. 液體加熱：水			D. 液體→固體：水結冰		
3 歲	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
4 歲	5 (83%)	0 (0%)	1 (17%)	4 (67%)	0 (0%)	0* (0%)
5 歲	5 (83%)	0 (0%)	1 (17%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
6 歲	5 (83%)	0 (0%)	1 (17%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	E. 氣體加熱：空氣			F. 液體→氣體：水汽化		
3 歲	3 (50%)	3 (67%)	0 (0%)	5 (83%)	1 (17%)	0 (0%)
4 歲	3 (50%)	0 (0%)	0* (0%)	4 (67%)	1 (17%)	0* (0%)
5 歲	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
6 歲	1 (17%)	3 (33%)	2 (33%)	4 (67%)	2 (17%)	0 (0%)
理由說明	變重：基於「變大」、「變黑」、「聚集感」、「熱的融入」或「很冷」等觀點。 變輕：基於「變軟」、「變成霧氣」、「會飛」等觀點。 不變：基於「都是一樣的東西」、「它還是原來變化的」等觀點。 *已排除選答正確，但理由明顯錯誤者					

體比液體重、液體比氣體重」的推理，這種傾向與 Piaget (1972) 與 Driver (1993) 的研究論述，指出個體會認為「愈不密集就愈輕」(less dense means lighter) 的觀點，相互呼應。

3. 形質改變的震撼：保留推理仍待萌發

冷熱效應的重量保留推理，在 3~6 歲孩子身上，顯得相當隱微。尤其是異態轉變（蠟燭熔化、水結冰、水汽化），所有的孩子看到物質形質的改變，都認為重量變了；就算只是量的變化（銅球、水、空氣加熱），透過熱的介入，能持守「它們都是一樣的東西」的比率也只有 8%，仍比表 8 的「擴展或壓縮」少（平均約 25%）。從原始資料中得知，這些尚能指稱「它還是原來變化的！」的孩子，最小年齡為 4 歲，最低智商為 113。重量保留推理與年

齡、智商的關聯，從一系列診斷情境中，一再的顯示。對於這些涉及分子、粒子或整體系統等抽象複雜的問題，能具有隱微的覺知，已相當不易，似乎已達 3~6 歲幼兒認知推理的極限！

綜言之，本研究整合並擴展國內外對重量概念的相關論述，以較宏觀的架構，探究 3~6 歲幼兒對各類重量推理的認知機制。在透過較符合幼兒語文與認知特質的檢視情境中，研究者除了印證以往研究的若干論述外，亦發現生命早期可喜的潛力，說明如下。

首先，在提昇概念檢視情境的明確性與操作性下，幼兒對重量的認知亦非僅限於觸感性，對於重量的本質認知，他們仍具有某種基礎。即使是 3 歲幼兒，已有半數以上進入

Nakhleh 和 Samarapungavan (1999) 的宏觀粒子層次，並能依據「重量」線索來推測物質，部分早慧幼兒，甚至已隱微覺知物質的「密度」特性，似乎超越 Smith, Carey 和 Wisner (1985) 的先前評估。

其次，從多向度、多類別的檢視情境中可發現，重量保留推理會隨情境脈絡而有不同的表現，其發展順序，大致為：位移、分割、變形壓縮、溶解、冷熱效應，略呼應 Galili & Bar (1997) 的研究論述。然而，其萌發期未必如 Piaget 和 Inhelder (1974) 的觀點，需至 9 或 10 歲以後才能出現。已有半數以上的 6 歲幼兒，能針對「擴展或壓縮」、「變形或分割」、「糖溶解」等變化情境，作重量保留推理。此類成熟思考，甚至在 3、4 歲時，似已隱微萌發。

此外，幼兒對科學的認知與推理，或許仍如 Driver, Guesne 和 Tiberghien (1993) 的論述，受知覺主導、呈現出有限焦點、線性推理、脈絡依賴等思考侷限，然而，部分早慧幼兒仍具同一、補償及可逆性思考，其能關注動態轉換的歷程，隱微覺知潛在物質的存在，並能自發的採用輔助線索，進行成熟的推理，而這種傾向早在 3 歲就可能呈現！

伍、結論與建議

一、結論

本研究屬試探性研究，旨在探測生命早期概念發展的思考機制。部分檢視焦點，可能較超越幼兒的經驗，研究者雖淺化作業難度、調整語文抽象度、強調實物操作及影片，並酌情配合檢視焦點，安排具故事情節的繪本畫面，來誘發幼兒想像推理。必要時，亦針對幼兒的反應（含口語或動作），透過家長及教師，進行確認。然而，幼兒因經驗及與表達能力的不足，形成較多的模糊反應，在研究的詮釋推論上，仍有限制，實需後續更深入的檢證。從 24 名幼兒中，研究結果如下。

(一)本質認知

1. 在「物質的認知」上，50 % 的 3 歲幼兒，對物體的組成物質，已初具概念，並能理解物體在細部分割後，已非該物體，但還是原物質。
2. 在「非物質的辨識」上，幼兒對影子不是物質的概念，在 5 歲以後有較明顯的成長；而對於非物質不具重量的認知，需至 6 歲才較為成熟。
3. 在「物質的重量特性」上，5 歲以前，多數幼兒主要以「外觀顏色」來辨識物質，而能自發的以「內隱的重量」，作為分辨物質的線索者，約至 6 歲大致成熟，此時期，幼兒對物質的內在特性，已由「重量」層次（它重還是輕？）進入密度層次（在相對的體積下，它重還是輕？），其能參照體積來比較重量，進而推測物質的類別。

(二)保留推理

約於 4 歲時逐漸萌發²，多數幼兒對重量的推測，仍受「離地高度」、「擴展或壓縮」、「變形或分割」、「溶解」、「冷熱效應」等因素的干擾。幼兒之重量保留推理以「變形或分割」的表現最佳，而以「冷熱效應」最不成熟。

1. 在「離地高度」中，落體效果或同一性法則，主導幼兒的思考。由於不知地球引力的存在，幼兒並無法有效推論「離地高度與重量的關係」。
2. 在「擴展或壓縮」中，瞬間的體積變化或聚集感，主導幼兒的思考；然具重量保留推理者，呈現同一、補償及可逆性思考。
3. 在「變形或分割」中，片面的視覺感受，侷限幼兒的思考；然具重量保留推理者，能關注動態轉換的歷程。
4. 在「溶解」中，幼兒產知覺支配或支覺扭曲的現象，並忽略互動系統的整體性；然具重量保留推理者，能自發參

考輔助線索（如味覺、水位等），協助判斷。

5. 在「冷熱效應」中，幼兒呈現將熱視為「物質」、將冷視為「較重元素的特性」的傾向，由於受制於形質改變的震撼，有關重量保留的推理，似乎已超越 3~6 歲幼兒認知的極限。

二、建議

(一)對幼兒科學教育的建議

1. 偏狹的推理常來自於侷限的經驗，因此，多元探索經驗與認知衝突的精巧呈現，應是幼兒科學教育的原則。教學者可系列性依材質（石、金屬、木、紙等）、狀態（固體、液體、氣體）、型式（聚合、分割、變形、轉換、位移、加熱冷卻等）、感官類別（視、觸、嗅、味、聽），規畫各類探索與討論活動，以誘發幼兒物質之重量特性的進一步認知。
2. 視覺訊息對幼兒的認知推理，常具主導性的影響力，幼兒關注物體的動態因素常甚於靜態線索，因此，鷹架幼兒的科學學習，可在焦點原理上，呈現較鮮明、動態的效果，以協助幼兒思考。此外，亦應引導幼兒援用多重感官，來蒐集超越視覺的隱微訊息，以理解潛在物質的具體存在，此將有助於未來物質微粒概念與保留推理的學習。
3. 冷熱效應的保留推理，為 3~6 歲幼兒最感困難的向度。幼兒除受限於形質巨幅改變的視覺干擾，其隱微將熱或冷視為物質，或認為物質愈密集就愈重的思考法則，亦為產生偏差推理的主要因素。若欲調整幼兒對此類概念的迷思，適時的引介量具（如天平、秤），

進行實際的測試，應屬必要。而對於部分早慧幼兒已萌發的進階概念（如密度）及推理（如同一、補償、可逆思考），實可因應配合，樂觀展開相關的探究活動，以激發幼兒優質的學習。

(二)對未來研究的建議

1. 有關重量保留推理的探討向度，仍有開展的空間。配合幼兒的生活經驗，可考慮進一步檢視其對於燃燒、生鏽、昇華等現象中的重量推測，以更深入瞭解幼兒科學思考的整體網絡。
2. 幼兒的思考推理，常會隨情境脈絡的特性而有所不同。欲更精準的探析幼兒對重量推理的整體機制，實有必要針對同一焦點（如蒸發），系統性的規畫不同脈絡（如開放 vs. 封閉系統、有色彩 vs. 無色彩），來探測分析，以追縱個體思考推理的優勢法則，並評估概念診斷的脈絡性偏誤（contextual error）。
3. 追蹤生命早期科學學習的發展脈絡，在配合腦研究理論與先進儀器技術下，實可更往下延伸至 3 歲以前，甚至嬰兒期。有關概念是何時萌發？如何萌發？如何轉變？之動態機制，應是有趣並富價值的議題。

註 1：

細部切割的物質概念，係延續「單純物體」組成物質認知，加以發展。若幼兒無法說出杯子是由「紙」做的，或桌子是由「木頭」做的，在詢問細部切割問題時，研究者會配合幼兒反應進行調整：(a)若幼兒雖未說出正確的材質名稱，但其答案確實屬物質，研究者會順其反應，調整問句，例如：幼兒認為杯子是「塑膠」做的，那麼研究者就改問：「杯子撕碎了，還是杯子嗎？還是塑膠嗎？」；(b)若幼兒完全無法說出物質名稱（如認為杯子是白白的做的），研究者

會先告知答案，並進行多次相同材質的辨識學習（拿多種紙做的物品，進行學習），使之熟悉該材質後，然後才問「杯子撕碎了，還是杯子嗎？還是紙嗎？」。藉此降低本研究對幼兒之「細部切割物質認知」上，詮釋推論的偏誤。

誌 謝

本研究感謝國科會在經費上的支助（NSC91-2511-S-153-009）；高雄師範大學科教所、特教系、屏東師範學院數理所、輔英技術學院幼保系教授的指導；邢守韻、施慧敏老師、前金、皇家幼稚園園長、教師及24名個案的協助。

參考文獻

1. 王秋蓉譯（1996）：**田鼠之歌**。台北：及幼文化。
2. 林碧芬（2002）：**國民小學低年級對物體概念認知之研究**。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文。未出版。
3. 林顯輝（1992）：**國小兒童水循環概念之研究**。國科會專題研究報告：NSC 81-0111-S-153-02-N。
4. 邱上真（2000）：**上課講義**。未發表。
5. 許民陽（1995）：**國小學童對天氣變化概念發展之研究**。國科會專題研究報告：NSC 84-2511-S-133-004。
6. 陳世輝（1994）：**兒童遺傳概念之研究**。國科會專題研究報告：NSC 83-0111-S-026-0047-N。
7. 陳熙揚（1997）：**學生對空氣運動：風之的起源之概念研究**。國科會專題研究報告：NSC 86-2511-S-018-009。
8. 張蓓莉（1986）：**回歸主流聽障學生與非回歸主流聽障學生保留概念能力之比較**。**特殊教育研究學刊**, 2, 111-126。
9. 莊麗娟（2004）：**三~六歲幼兒對重量概念的認知(I)：觸感認知與現象推理**。**科學教育學刊**，投稿中。
10. 莊麗娟、邱上真、江新合、謝季宏、羅寶田（2001）：**多媒體動態評量之效益分析—以自然科浮力概念為例**。**測驗年刊**, 48(1), 43-70。
11. 黃寶鈿、陳世雄（1993）：**對物質變化的錯誤概念**。**師大學報**, 38, 175-201。
12. Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformation (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
13. Bar, V., & Galili, I. (1994). Children's ideas about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16(2), 157-174.
14. Bar, V., Zinn, B., & Goldmunts, R. (1994). Children's concepts about weight and free fall. *Science Education*, 78(2), 149-169.
15. Blewitt, P. (1994). Understanding categorical hierarchies: The earliest level of skill. *Child Development*, 65, 1279-1298.
16. Briggs, R. (1992). *The snowman*. Great Britain: Puffin Books.
17. 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*. Joseph Henry Press.
18. Driver, R. (1993). Beyond appearance: the conservation of matter. In R. Driver, D. Guesne and A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp 145-169). Buckingham: Open University Press.
19. 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). Buckingham: Open University Press.
20. Galili, I., & Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19, 317-340.
 21. Gega, P. C. (1994). *Science in elementary education* (7th ed.). New York: Macmillan Publishing Company.
 22. Gilman, P. (1992). *Something from nothing*. Canada: Scholastic.
 23. Gomez, M. A., Pozo, J. I., & Sanz, A. (1995). Students' ideas on conservation of matter. *Science Education*, 79, 77-93.
 24. Hewson, M. G. A'B. (1986). The acquisition of scientific knowledge: Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education*, 70(2), 159-170.
 25. Johnston, J. (1996). *Early explorations in science*. Buckingham: Open University Press.
 26. Koslowski, B. (1980). Quantitative and qualitative changes in the development of seriation. *Merrill-Palmer Quarterly*, 26(4), 391-405.
 27. Linn, M. C. (1977). Scientific reasoning: Influences on task performance and response categorization. *Science Education*, 61, 357-365.
 28. Lobel, A. (1979). *A treeful of pigs*. New York: Scholastic Inc.
 29. Maloney, D. P. (1985). Rule-governed approaches to physics: conservation of mechanical energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(3), 261-278.
 30. Megged, H. (1978). *The development of concept of density among children age six to sixteen*. Unpublished MEd thesis, School of Education, Tel Aviv.
 31. Nakhleh, M. B., & Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.
 32. Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education*, 65(2), 187-196.
 33. Osborne, R. (1980). Children's dynamic. *The Physics Teacher*, 22(8), 504-508.
 34. Pfundt, H. (1982). Pre-instructional conceptions about transformations of substances. *Chimica Didactica*, 8. (ERIC document Reproduction Service No. ED 229 235)
 35. Piaget, J. (1972). *The child's conception of physical causality*. London: Routledge and Kegan.
 36. Piaget, J. (1974). *Understanding Causality*. New York: Norton.
 37. Piaget, J., & Inhelder, B. (1974). *The child's construction of quantities: conservation and atomism*. London: Routledge & Kegan Paul.
 38. M Rosen, A. B., & Rozin, P. (1993). Now you see it, now you don't: The preschool child's conception of invisible particles in the context of dissolving. *Developmental Psychology*, 29(2), 300-311.
 39. Sendak, M. (1970). *In the night kitchen*. Harper Trophy.
 40. Siegler, R. S. (1981). Developmental sequences within and between concepts. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 46(2, Serial No. 181).
 41. Smith, C., Carey, S., & Wiser, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177-237.
 42. Stavy, R. (1990). Children's conception of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to

- gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.
43. Stavy, R. (1991). Children's ideas about matter. *School Science and Mathematics*, 91(6), 240-244.
44. Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-71.
45. Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 7.

Young Children's Understanding of Weight (3-to 6-year-olds) – Weight as Essential Cognition of Matter and Reasoning of Conservation –

Li-Chuan Chuang

Department of Early Childhood Education, National Pingtung Teachers College

Abstract

As the second part of the research about the development of young childrens' concept of weight, the purpose of this study is to explore advanced weight concepts such as weight as essential to the understanding of matter and the reasoning about conservation. The following results were found among the 24 participants (3-to 6- year -olds): Firstly, 3-to 4- year -olds showed their emergent ideas about objective weight understanding, such as the concept of matter, the distinction between substance and non-substance, and weight as characteristic of matter, etc. It's also worth noting that, about the age of 6, children were not tied to visual features while making weight predictions. Secondly, from about 4, young children had emergent ideas of conservation reasoning. Features such as the height above the horizon, compression or expansion, deform or division, dissolution and temperature effect dominated most children's prediction of weight. Some other features of children's conceptions were to find, such as perceptually dominated thinking, limited focus, linear causal reasoning, and context dependency. However, the early gifted children showed prominence in strategic thinking skills such as identical, compensational and reversible reasoning. They were even aware of the process of transformation. It appeared that they postulated something exists unseen but steady despite changes in appearance. In addition, they were capable of retrieving messages with relevant clues and then making their reasoning.

Key words: Conservative Reasoning, Conceptual Development, Matter, Weight.