科學教育學刊
2008, 第十六卷第五期, 515-541

Chinese Journal of Science Education
2008, 16(5), 515-541

三~六歲幼兒對運動起因與軌跡的認知：自由落體、單擺與斜面運動

莊麗娟
國立屏東教育大學　幼兒教育學系

（投稿日期：民國 97 年 3 月 3 日，修訂日期：97 年 8 月 1 日，接受日期：97 年 10 月 13 日）

摘要：本研究目的，主要在探測三~六歲幼兒的天真動力學，為瞭解幼兒較原發性的抽象思維，探析其間的互動脈絡，研究者以型式關聯的三類「純重力」運動（自由落體、單擺與斜面運動）為主題，同步探測幼兒對運動起因與軌跡的相關推理，以探知其中的思維。研究結果發現：1.在運動起因上（為何會運動），「力」與「支撐」為二大判斷法則，並以不同的型式轉化出現，呈現出思維的條理性。2.在運動軌跡上，幼兒雖存有「重量主導」、「直落」、「坡度－速度」的直覺信念，然而，其思維與年長者有別，易隨情境的不同，如運動物體的性質（是動物或物體？）或運動的方向（是橫向或縱向？）而變異。然此類思維並非隨機，其中仍隱含「若－則」的條件邏輯與判斷結構，呈現幼兒的思維潛力。

關鍵詞：自由落體、直覺信念、斜面運動、單擺

緒　　論

一、研究背景

本研究係基於「對運動認知的探測：侷限與潛能二觀點」、「對運動現象的推理：隱形力的聯想」、「對運動因果的迷思：重量主導、直落、坡度速度三直覺信念」三方面背景所產生，茲分別說明如下。

(一)對「運動認知」的探測：侷限與潛能二觀點

自1970年起，科學教育界興起一種認知派典的另有概念運動，這個派典認為「理解是領域特定的」，因此針對各種特定的科學主題，分析學生的概念理解。而在一系列的探究中，動力學（dynamics）可說是一項典型作業（Manabu, 2004）。動力學作業涵蓋多重範圍，其以運動現象為主題，探討力、速度、加速度、慣性等相關議題，並以牛頓運動定律為重要的分析依據。主要的探究對象則以中學生為主。

眾多文獻顯示，學生對於運動現象，存有許多迷思。例如：錯誤的研判運動中的物體必有力的存在(全中平, 1994; 簡順永, 2000; Clement, 1982; Druyan, Levin & Siegler, 1990; Flanagan & Palmer, 1996)；忽略了慣性，錯

誤的預測投射運動的移動路線與速度變化（邱維宣, 2002; Halloun & Hestenes, 1985; Millar & Kragh, 1994）；易受情境脈絡的干擾，無法推測地球引力的存在（Palmer, 2001）。而這些幾近固著的迷思，有長期的發展歷史。Claxton（1984）即指出，個體在3歲前已習得半數的物理知識，尤其是動力學知識，此生命初期所形成的動力學知識，是直覺性的，係來自嘗試錯誤的直接經驗。對於這種說法，顯示了一個明確的意象，那就是在生命早期，孩子們已針對眾多物理現象，進行因果思維，並建立起獨特的迷你理論（Claxton, 1996）。

有趣的是，有別於科學教育的研究取向，在發展心理學的範疇中，心理學者也同步探測個體對運動訊息的認知，主要探究對象則以嬰兒為主。透過「習慣化－去習慣化」的設計，有樂觀的評估。例如：發現6個月大的嬰兒，已形成物理運動的三個原則，即「聯結原則」（cohesion，移動的物體會保持它構件的聯結性與邊界）、「連續原則」（continuity，移動的物體會依循連續的路徑）、「接觸原則」（contact，一物引發另一物移動，需經碰觸才可能發生）（Baillargeon, 1986; Phillip, Spelke & Woodward, 1995; Spelke, Van de Walle, 1993），雖然這些原則僅是物理運動的基本法則，在較進階的物理運動中仍有例外的情況（例如：磁力與地球引力毋需接觸即可產生作用），但初生嬰兒已能敏覺物體的移動機制，並據此分辨「物理運動 vs.生物運動」的差異，預測其動力的來源（外因或自發）與運動的軌跡（Gelamn, 1990; Rakison, 2005），似仍顯示生命早期，對運動現象因果思維的可能潛力。

研究者好奇：3~6歲幼兒對物理運動的推理，是否如中學或成人一般，具有相似的推理侷限？抑或基於發展心理學的啟示，我們可另追蹤其間的合理脈絡與法則依據？孩子的科學推理，究竟具有可能的潛力或偏處於侷限？其間的複雜關係實賴進一步澄清。

(二)對「運動現象」的推理：隱形力的聯想

動力學的認知檢視，與牛頓運動定律環環相扣。牛頓運動定律以「力」為概念焦點，陳述在無力或施力狀態下，其相應的運動現象。在此範疇中，雖然學生的迷思繁多，然關鍵核心實繫於一錯誤思維，那就是「運動必然包含力（motion-implies-force）」。認為連續運動（即使是等速），必有同方向力的存在，此思維相應衍生一系列的錯誤推理，進而偏誤的認定「物體的加速或減速運動，是起因於力的提昇或力的耗盡」（Clement, 1982; Palmer & Flanagan, 1996）。Millar 和 Kragh（1994）指出，學生無法有效聯結力、慣性、加速度的關係，實則受限於日常生活有摩擦力的存在。易言之，從孩子的經驗觀之，其丟擲物體，物體會逐漸減速，並在一段距離後停止。在視覺上，由於看不到摩擦力，於是僅能從可見的外在施力，推測它與運動的因果關係。這個現象，實則勾畫出個體概念思維的特質，那就是「具象思維」傾向，此傾向主導多重領域的推理（如 Talanquer, 2008）。

對於不可見的力，孩子們如何從可見的力，作虛擬想像？這是個有趣的議題。而在這些不可見的力當中，以地球引力為最。年幼兒童無法覺察它的存在（Bar, Goldmunts, & Zinn, 1994），即使中學生也常因情境的干擾（如埋在地下，在船上，在空中），忽略它的存在（Palmer, 2001）。亦因此，對於自由落體現象，常有錯誤的推理。由於此原理的抽象性，即使科學家亦歷經伽利略（指出所有物體有相等的下落速度）、牛頓（提出重力概念）、愛因斯坦（重新定義重力概念，

改變人們對時間與空間的想法），才逐步修正而成（Art, 2006; National Aeronautics and Space Administration, 2002）。

由於自由落體並無具體可見的外力（如手的推力），基於個體固有的「運動必然包含力」的信念，研究者好奇，3~6歲幼兒在缺乏可見的外力下，對於該類運動會作怎樣的因果推理？若能「單純化」外在線索，對年幼孩子進行概念探測，應有助於追蹤生命早期概念推理的原初機制。尤有進者，相較於自由落體，斜面與單擺運動亦具有類似的運動機制，此三者均起因於地球引力（而非可見的外力），在無摩擦力或阻力的情形下，斜面運動如同沿斜線方向移動的自由落體，單擺則如同沿切線方向移動的自由落體。若聯結此三類運動，進行概念檢視，似更可整體窺探幼兒思維的轉變。

(三)對「運動因果」的迷思：重量主導、直落、坡度速度三直覺信念

目前國內外有關自由落體、單擺與斜面運動的探測，多數以中、大學生為對象研究，極少涉及幼兒。為理解學生對於該類運動主題究竟存有哪些迷思？據此作為探測幼兒概念發展的參考，茲將較相關的研究結果分述如下。

在「自由落體」中，Anderson, Champagne 和 Klopfer（1980）、Halloun 和 Hestenes（1985）、Leite 和 Sequira（1991）分別針對中、大學生進行探測，發現「重的物體落得快」是普遍存在的迷思。然而，Bar 等人（1994）指出，幼兒另有反向的推理，有50%的5~7歲幼兒認為「輕的物體落得快」，原因可能來自於日常生活中丟擲物體（throwing things）的經驗（輕的東西，丟起來速度快），此結果與 Piaget（1972）相似。Bar 等人亦指出，5~13歲兒童對物體為什麼會下落的原因，隨年齡的增長，會依序提出支撐（support）、重（heaviness）及地球引力（the earth's attractive force）等三類歸因。而對於落體的移動路線，多數7~11歲孩子持守直落信念（straight-down belief），不論該物體的先前運動狀態為何，一旦掉落，孩子們偏向於認定它會垂直落地（Eckstein & Shemesh, 1993; Millar & Kragh, 1994）。

在「單擺」中，Linn（1977）發現，即使經過實驗說明，讓學生知悉「重量」與擺動速度無關，但是在往後的單擺作業中，他們仍然會受「重量」因素的干擾。Manabu（2004）普查5~88歲對單擺振幅與運動速度的相關推理，發現雖然概念成熟度會隨年齡逐漸提昇，然至40歲以後，會再次衰退，顯示個體對此運動的迷思，頗具固著性。而在11歲以前，多數孩子認為「重量會影響擺動的速度，也會影響擺動的幅度」。此偏差推理在杜鴻模和郭文鋼（2000）亦有類似的發現，該研究指出超過1/3的國中生，錯置了重量、擺長與擺角對擺動速度的影響，並認為擺錘係以等速率進行運動。即使是高中生，亦偏誤的認定擺錘擺至最高點，速度不是零（周承岡, 2002）。而對於單擺為何能持續運動？全中平（1994）指出，多數大學生誤用運動力、離心力、能量力或合力，來解釋單擺運動。

在「斜面運動」中，Maloney（1985）根據 Sielgler 的法則評估技術，分別從起點、重量二變因，探測大學生對台車運動速度與撞擊效應的相關推理，發現有85% 的學生誤用了重量因素，認為重量會影響台車的運動速度（重的車跑得快），及爬升至另一斜面的停止位置。而在小學階段，Carvalho（2004）發現，7-10歲的兒童透過實際操作與自行說明理由等方式，大致可理解重量因素在斜面運動上所產生的撞擊效應，知道重的球滾下斜面時，會把其他的物體撞得遠。然而對於

為什麼會撞得遠，常解釋成「因為重的球可以得到較多的力」。至於斜面運動的進階推理，Rohrer（2002, 2003）的研究頗值得一提，該研究以極複雜的波形斜面，讓大學生預測彈珠在二特定位置的瞬間速度。結果發現學生明顯呈現「坡度–速度」的直覺信念（slope-speed belief）。他們會忽略各特定位置的水平高度，僅以斜面的傾斜度（陡或緩）或運動型式（上坡或下坡）來預測速度，即使二特定點的水平高度相同，他們仍偏向於認定「陡坡點的瞬間速度會比緩坡點快、下坡點的瞬間速度會比上坡點快」。

綜言之，在自由落體、單擺與斜面運動的推理中，大致呈現三類直覺信念，分別為「重量主導」、「直落」與「坡度－速度」。此三者是個體判斷運動因果的另有架構，是直覺的（而非反省性的），因而造成眾多的偏誤推理。其中，尤以「重量主導」信念為甚。無論在哪一種運動中，個體似將重量視為絕對的影響因素，甚至賦予假想的力，認為重量具有動力，可引發運動，並影響運動的速度、擺動幅度與移動距離。由於多數研究均以中學以上學生為對象，各類運動均獨立的探測，未形成聯結性的對照，同時在探測向度亦未周全。研究者認為，若能以較宏觀並具對照性的架構進行檢視，應更能尋獲生命早期在各脈絡間的思維。在其中，3~6歲幼兒是否仍呈現上述直覺信念？抑或有所變異？如何轉化？凡此種種，有待釐清。

二、研究目的

基於上述，對年幼兒運動認知的探測，實可同步包含自由落體、單擺、斜面運動三類型式關聯的運動，並分成起因、軌跡、速度、撞擊效應四向度，作多向度的檢視與對照，以完整的追蹤概念發展的原始機制。此類探測架構頗宏偉，限於篇幅，本文僅聚焦於前二向度：起因（為何會運動）、與軌跡（運動路徑），作較深入的分析，此二者屬於較原發的推理機制，可探測個體較直覺的思維，此類思維實則影響後二向度的相關推理，該部分將另撰文討論。

此外，為使概念檢視更具親和性，研究者將降低語文成分，搭配實物模型、圖片及故事情節，並基於電腦動畫可較有效的誘發內隱知識（Kaiser, Proffitt, Whelan & Hecht, 1992），將設計多套電腦程式軟體來表徵問題，以誘發推理，期較真實的捕捉幼兒的思維機制。本研究目的有三：

(一)探討幼兒對「自由落體」之起因與軌跡的認知。

(二)探討幼兒對「單擺運動」之起因與軌跡的認知。

(三)探討幼兒對「斜面運動」之起因與軌跡的認知。

研究方法

一、研究樣本

本研究樣本來自高雄市公、私立各二所幼稚園。此四校在幼兒年齡、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、施測耗時），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12人，男女各半，合計共48人。全體樣本之魏氏幼兒智力量表（WPPSI-R）得分，介於76至132之間，平均值為101，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54%），文教或高科技人才者占13%；家長學歷主要介於高職至專科之間（占50%），碩士

以上學歷者占8%。研究前與過程中，研究樣本所在幼稚園所進行的科學活動主題，計有豆苗的培養、動物的飼養、風車、浮沈、影子遊戲、傳聲筒，並未涉及本研究之概念主題。

二、研究工具

(一)設計原則

配合幼兒的認知特質，本工具之設計著重：1.採用幼兒慣用語彙，以減緩語文理解的侷限；2.降低檢測問題的複雜度，以利於聚焦性思考；3.提供多型式媒材（實物模型、圖片、影片及故事繪本），以誘發興趣與推理。

(二)工具內涵

本工具參考國外研究（Bar, et al., 1994; Carvalho, 2004; Eckstein & Shemesh, 1993; Maloney, 1985; Manabu, 2004），作內涵類別的系統性擴展。其中，分成「自由落體」、「單擺」、「斜面運動」三大運動向度，每一向度均含起因（運動的發生）與軌跡（運動路線）等二方面的探測。

首先，在「自由落體」中，對「起因」的探測，主要呈現一系列會落與不會落的物體，讓孩子陳述此現象發生的原因。其中，安置若干挑戰性情境（如很重卻能停留在天空的物件），來探究幼兒判斷推理的轉變。而「軌跡」的探測，則呈現桌面球體下落的情形，除了直落情況外，系列性的介入一個水平位移（含速度與重量的變化），透過程式動畫，來檢視幼兒如何推測球掉落時的移動軌跡。實例舉隅見圖1。

其次，在「單擺運動」中，為了結合幼兒生活經驗，使之有較具體的說明，「起因」的探測，以鞦韆型式進行設計，含兩種呈現方式，一是情境式，以動畫呈現，畫面中動物「悠閒的」坐在鞦韆上，並有來回自然擺盪的現象；二是操作式，以模型呈現，將鞦韆（內置一玩具動物）拉高後放手（未施力），產生實際的擺盪，此方式的變因控制較明確，性質上更接近單擺運動，據此探究幼兒思維的轉變。而「軌跡」的探測，主要涉及能量守恒原理，檢視幼兒是否知悉單擺振幅的對稱性。其中，除了關鍵性變項（擺盪起點）外，另安置兩個無關變項（繩長及重量），透過程式動畫進行測試。實例舉隅見圖2。

最後，在「斜面運動」中，「起因」的探測，亦含二種呈現方式，一是情境式，以動畫呈現，畫面中動物坐在南瓜中，從雪地山坡往下滑動；二是操作式，以模型呈現，含光滑面與碎石面二種山坡，將車子（內置一玩具動物）放在山坡上，產生不同的運動，藉此引導幼兒作更聚焦性的思考。而「軌跡」的探測，則含兩部分，A 情境基於能量守恒

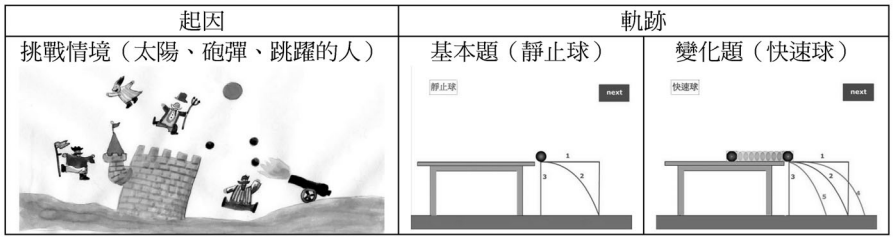

圖 1：「自由落體」試題舉隅

註：1.「起因」繪本圖片參考 Heine（1993），由劉聖秋改畫。

2.「軌跡」的探測中，呈現球在桌面上的運動情形，及至桌面邊緣，畫面暫停並出現路徑選項，除選項外，幼兒仍可作其他選答。待其指認後，會以口語再次確認該移動路徑（是直或曲？）及移動距離（是一樣、較近或較遠？）。

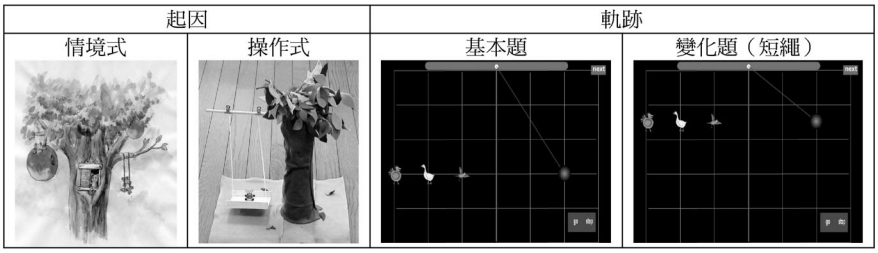

圖 2：「單擺運動」試題舉隅

註：1.「起因」繪本圖片參考 Moser（1989），由劉聖秋改畫。
2.「軌跡」的探測中，背景特意標示格線，以協助幼兒檢視距離。為提昇幼兒興趣，以鳥、鴨、雞來代表離中心軸的距離。

原理，探析幼兒是否得知「光滑斜面」上自然下滑的球會移動至對面斜坡一樣高的位置」。此部分類似單擺振幅的對稱性，B 情境則結合落體運動，探測不同斜面運動的墜落軌跡。研究者系列性安置變項（含起點、傾斜度、重量），透過程式動畫進行測試。實例舉隅見圖3。

本工具在初步編製後，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2人、認知心理學與評量學者1人、幼兒發展學者1人，及資深幼教師2人，多次修訂以至定稿。其細部架構與內涵，見表1。

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。

結果與討論

一、自由落體

(一)起因

幼兒如何推測落體現象的發生原因？茲將幼兒所提出的理由與提及該理由的人數整

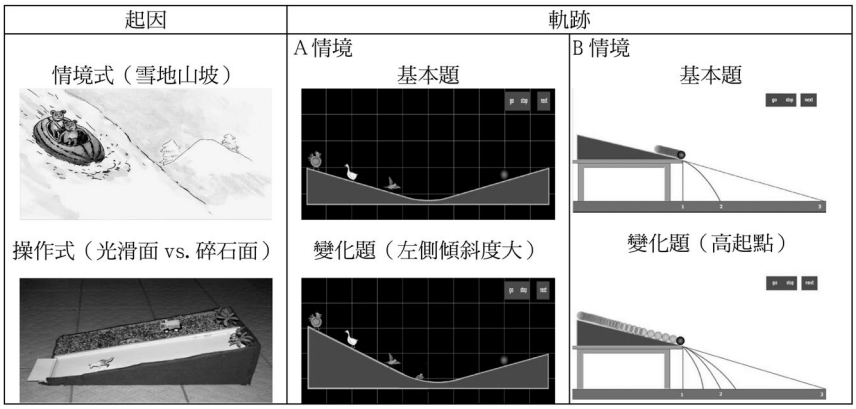

圖 3：「斜面運動」試題舉隅

註：1.「起因」繪本圖片參考王秋蓉譯（1996），由劉聖秋改畫。
2.「軌跡」的測試，預設斜面極為光滑。
A 情境，背景特意標示格線，以協助幼兒檢視高度，並以蛙、鳥、鴨、雞標示離地面的高度。
B 情境，除選項外，幼兒仍可作其他選答。待其認後，會以口語再次確認該移動路徑（是直或曲？）及移動距離（是一樣、較近或較遠？）。

表 1：3~6 歲幼兒「物理運動」認知之概念檢視架構與內涵

向度	類別	具體內容	呈現型態			
			實物模型	圖片照片	影片程式	故事繪本
一、自由落體	(一)起因	呈現墜落與不墜落事例，詢問其發生原因。				
		1.物體（石頭、汽球、飛機），3 題。	∨	∨	∨	∨
		2.天象（日月、雲、雨），3 題。		∨	∨	∨
	(二)軌跡	呈現桌面球運動情形，預測其墜落軌跡。				
		1.基本題，1 題。	∨	∨	∨	
		2.變化題	∨	∨	∨	
		(1)速度變因，2 題。				
		(2)重量變因，1 題。				
二、單擺	(一)起因	呈現物體擺盪情形，詢問其發生原因。				
		1.情境式（複雜變因，動物盪鞦韆），1 題。			∨	∨
		2.操作式（單純變因，模型操作），1 題。	∨			
	(二)軌跡	呈現單擺於左側放手後的擺盪情形，預測其擺盪至另一側的最遠位置（振幅對稱性）。				
		1.基本題，1 題。	∨	∨	∨	
		2.變化題	∨	∨	∨	
		(1)擺盪起點變因，1 題。				
		(2)繩長變因，1 題。				
		(3)重量變因，1 題。				
三、斜面運動	(一)起因	呈現物體下滑情形，詢問其發生原因。				
		1.情境式（複雜變因，動物雪地下滑），1 題。			∨	∨
		2.操作式（單純變因，模型操作），1 題。	∨			
	(二)軌跡	A 情境：呈現球自右側山坡下滑情形，預測其滑動到左山坡的最高位置。				
		1.基本題，1 題。	∨	∨	∨	
		2.變化題	∨	∨	∨	
		(1)起點變因，1 題。				
		(2)傾斜度變因，1 題。				
		(3)重量變因，1 題。				
		B 情境：呈現桌面斜坡球的運動情形，預測其墜落軌跡。				
		1.基本題，1 題。	∨	∨	∨	
		2.變化題	∨	∨	∨	
		(1)起點變因，1 題。				
		(2)傾斜度變因，1 題。				
		(3)重量變因，1 題。				

理如表3所示，晤談紀錄舉隅請參閱附錄一。

從表3可知，對於一般物體的掉落，幼兒最常提及的理由是「缺乏支撐」，96% 的孩子曾提及此因素。針對掉落的物體，孩子

表 2：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 歲每年齡層擇取 12 人，男女各半，共 48 人；並調查家庭背景資料（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	每一幼兒施測 7~9 次，每次約 15~25 分鐘，合計 2~3 小時。必要時，由幼兒教師陪同，協助溝通語意。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。 分兩層次校正，首先是「訊息語意」的校正，以確認訊息資料的真確性，評分者一致性為.92~.98。其次為「詮釋分析」的校正，以確認幼兒(1)認知發展的侷限(2)概念萌發的跡象(3)思考機制的歸納。評分者一致性.86~.94。
(三)追蹤訪談	針對有疑義或特殊個案，訪談家長及教師，包括： .幼兒口語能力的相訊息（含詞彙的使用、表達的意涵、相配合的肢體訊息等） .生活或教學上，物體或非物體的相關經驗或事件	描述分析，澄清： (1)語彙的真實意涵(2)推理的經驗脈絡(3)關聯的具體事件作為概念分析的校正參考

表 3：48 名 3~6 歲幼兒說明「落體現象」所提出的理由及人數摘要表

	外來因素				自體因素		
	支撐	風力	引擎動力	地球引力	重量	內容物	翅膀
物體（落下）	46（96%）	12（25%）		2（4%）	17（35%）		12（26%）
汽球（不落）	8（17%）	17（35%）				27（56%）	
飛機（不落）		2（4%）	20（42%）		4（8%）		38（79%）
	本來如此	外來因素			自體因素		
		支撐（黏住）	風力	天空引力	重量	內容物	質地（柔軟度）
日月（不落）	33（69%）	22（46%）	4（8%）	2（4%）	14（29%）	2（4%）	
雲（不落）	24（50%）	22（46%）	22（46%）	2（4%）	22（46%）	6（13%）	3（6%）
雨（落下）	6（13%）		21（44%）		16（33%）	6（13%）	

註：1.每一幼兒在每一試題所提出的理由，可能不只一個。因此每一試題各因素人數總和 > 48

2.（ ）內數值，為提出該因素的人數占全體人數（48 人）的百分比

們會說：「因為手沒有拿好」、「因為沒有東西把它撐住」。而後才考量到「重量」因素，認為「是重讓東西往下掉」（占35%）。

為了挑戰孩子的想法，研究者提出數個「重卻能停留在天空」的物件（如巨型汽球、飛機、太陽、月亮），看他們如何說明這種現象。結果發現，幼兒會因應情境作不同的重點詮釋。例如：在汽球中，多數會強調汽球的內容物（空氣，占56%）與風的效果（35%）；而在飛機中，則強調翅膀（機翼，

79%）與引擎動力（42%）。至於太陽與月亮，多數則強調「它本來就在天上」（69%），孩子們對天體存有「天生固有」的詮釋型態，類同 Piaget（1969）所提及的本質終極論思維，此思維普遍存在於3~6歲中，尤以4歲以下為然。及至研究者進一步追問為什麼它會在天上時，「被黏住」（46%）、「輕」（29%）等觀點，才衍然而生。

而同樣是天空物件，幼兒亦因應不同情境作不同的重點說明，相較於太陽與月亮，對於雲，他們更強調它的輕柔特性（46%+6%）與風的效果（46%），有13% 將雲視為充滿空氣的東西，因此會產生像汽球一樣的飄浮效果。而對於雨為什麼又會掉下來，他們則聚焦於它的重量（重），再加上風和雷把它打下來，至於為什麼它會重，部分孩子認為因為它裡面裝的不再是空氣，而是水！

綜合上述，研究者發現幼兒對於落體現象的思維，大致有幾個重要取向。

1.機動式的詮釋模式

3~6歲孩子對於落體現象的推理詮釋，存有頗高的機動性，會因應不同事物，舉陳最突顯的特徵來進行說明。其中雖有若干矛盾與互斥性，但他們仍試圖找到較合理的解釋方式。雖然此階段幼兒尚未形成極明確的判斷法則，然而其思維仍依稀可見，並具有粗略的模型（見圖4）。一般而言，「有無支撐」是他們首要考量的條件，然而，即使物體缺乏支撐，孩子仍會配合「重量」、「外力」（如風力、引擎動力、地球引力）、「結構條件」（翅膀、質地、內容物）等因素，作彈性的考量。各搭配條件考量的細密與精確性，隨著年齡會有不同層次的發展，3、4歲較著力於具體可見的外部結構（如翅膀），而5、6歲則較能聚焦於隱微不可見的動力（如引擎動力、地球引力），呈現漸進性的認知成長。

2.認知成長的軌跡

針對落體現象三個較關鍵性的因素，即「支撐」、「重量」、「地球引力」三因素（Bar, et al., 1994），3~6歲幼兒的認知情形如圖5示。

圖5顯示，在「重量因素」上，5歲時呈現明顯的轉變。相較於3、4歲幼兒，此時期對於為何物體會掉落？有較高比例的孩子會提及重量因素，並已逐漸修正「輕的物體不會掉落」的推理法則，於是當呈現一系列的極輕物質時（如一小片羽毛、一小片棉花），他們均能正確預測「放手後還是會掉到地上」。此外，對於「支撐」與「地球引力」的概念，在6歲時萌發關鍵性的轉變。此時少數幼兒開始認知到地球引力的存在，並引用此概念說明物體掉落的原因。在此之際，若干幼兒亦體認到以「支撐的有無」來說明落體現象的侷限，於是不再考量這個條件。當然，孩子對「支撐」、「重量」、「地球引力」三因素的認知，仍有若干的模糊性。例如：

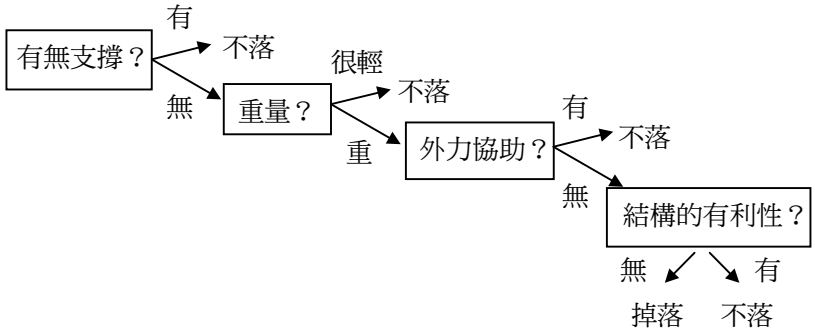

圖 4：3~6 歲幼兒對「落體現象」概略的思維

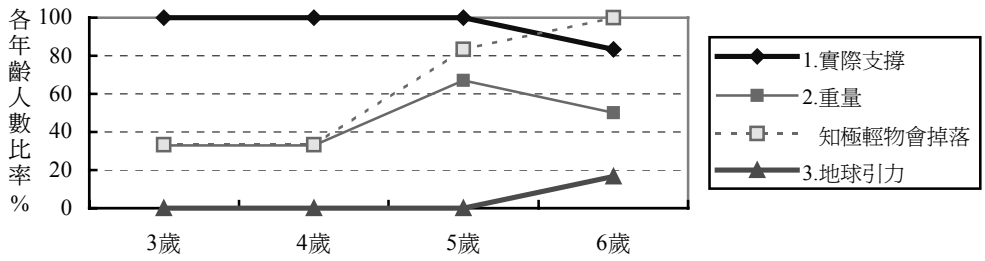

圖 5：3~6 歲幼兒對「落體現象」三因素之認知情形

註：1.實線表示幼兒對「落體現象」所提出理由的人數百分比。

2.為瞭解幼兒對重量因素的實際認知，另讓幼兒推測極輕物放手後是否會掉落？答對率以虛線標示。

他們對於重量（重、輕、無重量）與落體的關係尚未精準的辨明、對「支撐」概念尚未有效延展至隱形物（如氣體浮力）、對地球引力亦未深刻的理解。

3.對物體與天體的認知類推

從表3可知，雖然對物體與天體（如太陽、月亮）的落體現象，孩子們的詮釋說明頗有差異，然而，若細部推敲仍可發現，其中存有相互呼應的法則。(1)孩子在物體中強烈的「支撐」概念，已同步類推至天體的思維中，只不過在物體中，他們強調的是實際物的支撐（如手，架子），而在天體中，則強調透過粘黏來支撐（它被黏住了）；(2)在物體中，6歲幼兒已開始萌發地球引力概念，相應於此，在天體中，孩子也類推此一推理，認為太陽、月亮之所以不會掉落，是因為天空吸力所致。易言之，在其思維中，掉落與否似受二力的主導，一為地球引力，一為太空引力。此二力分別在遙遠的天際與相鄰的地面，各司其職。

(二)軌跡

在落體軌跡的探測上，幼兒反應如表4、圖6所示。

從表4可知，幼兒對於落體的移動軌跡已萌發初步的理解。首先，在「移動路徑」上，有71~96% 以上的孩子已知悉「靜止的球會直直掉落，而移動的球會呈弧線掉落」。其次，在「移動距離」上，有60~92% 以上的孩子對水平速度的影響力，具有正確的認知，知道「速度愈快，球會掉落的較遠」。從圖6可看出，整體而言，幼兒對「移動路徑」的認知略勝於「移動距離」，並在5歲以後，有較成熟的發展。有關幼兒對落體軌跡的認知，呈現三種現象：

1.直落信念的式微

有別於 Eckstein 和 Shemesh（1993）的

表 4：48 名 3~6 歲幼兒對「落體軌跡」各項選答之人數摘要表

題別	移動路徑			移動距離（與前一試題比較）		
	直落	弧線	直角	較近	一樣	較遠
1 基本題	**39（81%）**	9（19%）	0（0%）			
2.慢速球	14（29%）	**34（71%）**	0（0%）	0（0%）	19（40%）	**29（60%）**
3.快速球	2（4%）	**46（96%）**	0（0%）	0（0%）	4（8%）	**44（92%）**
4.快速重球	8（17%）	**40（83%）**	0（0%）	15（31%）	**8（17%）**	25（52%）

註：粗體字為正確選答；（ ）內數值，為該選答占全體人數（48 人）的百分比。

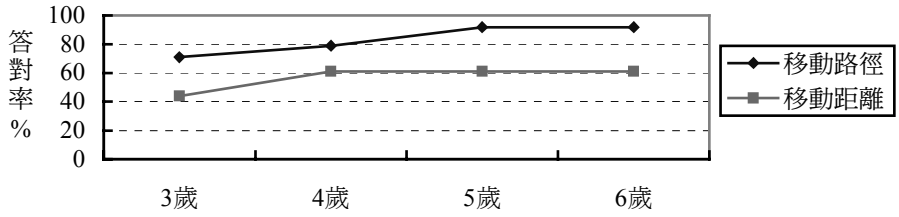

圖 6：3~6 歲幼兒對「落體軌跡」之認知成長情形

研究結果，本研究透過實物與程式動畫的展示，發現幼兒對具有水平速度的落體軌跡，有較佳的推測力。在 Eckstein 和 Shemesh（1993）研究中，7~9歲幼兒仍有51% 信奉直落信念，認為物體一旦失去支撐，不論其本身速度為何，均會垂直掉落，其推理屬前衝量理論階段（pre-impetus theory）。然而，在本研究中，具有強烈直落信念的（層次一）僅有2人（占4%），卻有29人（占60%）已進入 Eckstein 的層次三，能辨識水平速度與落體軌跡的關聯性。

2.感官知覺的主導

從實際檢視情境中發現，孩子們的判斷思維頗受感官知覺的引導。由於以程式動畫呈現(有別於 Eckstein & Shemesh, 1993; Millar & Kragh, 1994的紙筆題)，孩子們親眼目睹球的移動性，由慢而快，甚至超快，此具真實感的體驗，無形中引導他們產生較敏銳的判斷，進而排除直落的可能性。然而，感官強烈的感受，同樣也引導孩子產生過度的推論，例如，在快速重球中，當他目睹球突然變大的球，這種明顯變化的感知，使他們認定「它的移動軌跡應該也會改變」。因此大幅降低答對率（答對率僅15%）。此現象顯示感官知覺的影響力，此知覺在不同情境中，可能協助亦可能誤導判斷。

3.互斥思維的並存

針對「快速重球」孩子的反應，研究者發現其中存有二種互斥的思維取向，一者著眼於「重的物體不易被推動」，強調其位移的難度，因此認為重的物體會落得近。另一則著眼於「重的物體不易被阻擋」，強調其停止的難度，因此認為重會落得遠。有趣的是，此二種思維取向可能同時並存於同一幼兒中，愈年幼的孩子（3歲）愈可能隨機引用，而5、6歲以後，則較有可依循的脈絡。此二互斥性思維的轉變與理路，究竟如何？在後續診斷中，再作說明。

二、單擺

(一)起因

幼兒如何推測單擺現象的發生原因？茲將幼兒對此運動所提出的理由，以及提及該理由的人數整理如表5所示。晤談紀錄舉隅請參閱附錄二。

從表5可知，孩子們對於單擺運動的發生原因，其概念尚在萌發中，相較於落體現象，本向度有較高比例的孩子無法具體提出理由（占8~17%），甚至融入想像，作過度的詮釋。然而，即使如此，孩子的推理仍有脈絡可尋，部分幼兒能因應實際線索作合理的調整（占70%，見動物使力與風力二欄位，（(65%+17%) – (8%+4%)），部分幼兒則漠視反向證據，堅持先前認知（占12%）。綜觀孩子的反應，可發現下列取向。

1.具象外力的明顯歸因

從表5可發現，在「情境式的鞦韆動畫」中，「為什麼鞦韆會盪來盪去？」，多數孩子

表 5：48 名 3~6 歲幼兒說明「單擺（鞦韆）現象」所提出的理由及人數摘要表

	外來因素				自體因素		未回答
	動物使力	懸掛高處	風力	擺盪起點	結構（繩子）	重量	
情境式（鞦韆動畫）	31（65%）	12（25%）	8（17%）		4（8%）		4（8%）
操作式（鞦韆模型，類同單擺）	4（8%）	6（13%）	2（4%）	35（73%）	4（8%）	2（4%）	8（17%）
	開放性回答後，針對「重量」因素進行提問。 認為重或輕是造成擺盪的因素的有 19 人（40%） 其中認為「是重讓它盪」2 人（4%）、「是輕讓它盪」17 人（36%）						

註：1.每一幼兒在每一試題所提出的理由，可能不只一個。因此每一試題各因素人數總和 > 48

2.（ ）內數值，為提出該因素的人數占全體人數（48 人）的百分比

（65%）最直接的想法，就是動物使力。例如：「是小老鼠用力搖」或是「有人幫忙推」。此外，有17% 的孩子，由於警覺到畫面中的小老鼠只是悠閒的坐著（並未用力），同時沒有其他動物在幫忙推，因此推論是「風」造成的。相較於落體運動，在本向度中，幼兒對於「外力」顯得有較多的歸因（此二向度第一題的外力歸因比例為.29：.82），而這種歸因與線索的具象性應有極大的關聯。在落體中，讓物體掉落的最具象線索就是支撐物的褪離，然而，在鞦韆中的最具象線索，就是外在施力。而同樣對外力的歸因，我們可發現，不如落體，再也沒有孩子提到「地球引力」這個因素了。

2.支撐形式的隱約再現

為了挑戰孩子對外力的想法，研究者以「操作式的鞦韆模型」進行探測。在該情境中，沒有風，鞦韆上坐著玩具熊（未使力），研究者將鞦韆拉高後放手（未施力），鞦韆還是盪個不停。結果，孩子們的詮釋焦點開始有了轉移，73% 提出「擺盪起點」（拉高）這個因素，甚至呼應落體現象作類比的說明。例如：「因為拉很高嘛，又放掉，像石頭一樣從很高的地方掉下來」。由於拉高與放手的動作展現，許多孩子隱約覺察其中類同支撐物褪離的型式，開始感知此動力的來源。而在此之際，孩子也開始關注到重量這個因素。

3.重量與外力的互補思維

為了確知孩子們對重量因素的普遍性想法，研究者針對此因素作較明確的提問，讓他們思考重或輕是不是鞦韆擺盪的原因。結果發現，經此聚焦性提問，有40% 的孩子認為它是重要的因素。其中，有4% 認為「是重讓鞦韆盪來盪去」，然而，卻有36% 的孩子堅持的認定「是輕讓鞦韆盪來盪去！」。換言之，有別於落體現象的歸因（重讓物體掉落），在本向度中，孩子們產生了反向思維。研究者推測，基於幼兒對鞦韆擺盪的外力歸因傾向，他們似乎結合了此因素作互補性的考量。若以力的推動而言，物體愈重愈不易推動，因此引導他們認定「輕才會盪」。反之，在落體中，孩子則以「支撐的有無」作為主要的考量依據，物體愈重愈易突破支撐而掉落，因此認為「是重讓物體掉落」。換言之，在不同的情境脈絡中，基於主要歸因取向的不同（支撐 vs.外力），孩子們對重量因素的判斷，產生不同的變異。

幼兒對單擺現象的推理脈絡，可整理如圖7所示，其中略存有簡易的推理結構，並以「外力」與「支撐」二因素為核心。在「外力」因素中，由於未知地球引力的存在，轉

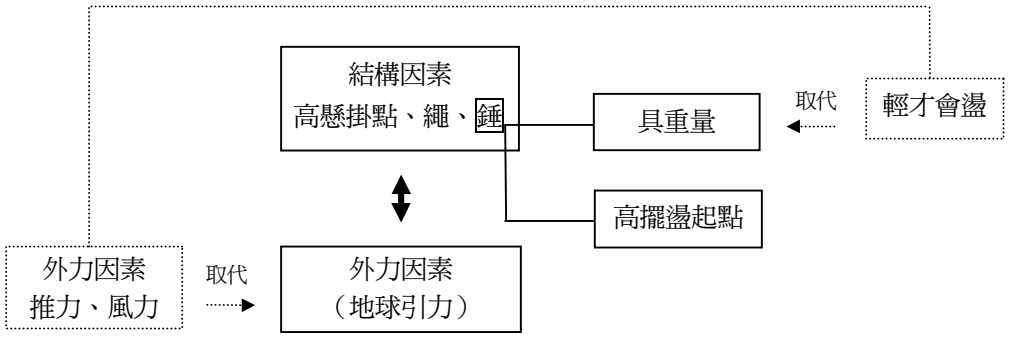

圖 7：3~6 歲幼兒對「單擺（鞦韆）現象」概略的思維
註：實線方框為正確概念，其中某些部分幼兒尚未萌發，而以虛線方框取代

以具象的推力及風力來取代；而在「支撐」因素中，則出現物件結構的概念，訴求高懸掛點（懸掛高處）與高擺盪起點（拉高再放手）。

(二)軌跡（振幅）

在單擺運動軌跡的探測上，幼兒反應如表6所示。

從表6可知，幼兒對單擺的運動軌跡已初具概念。在「基本題」中，有73% 孩子已知悉單擺振幅的對稱性。原始資料中，3~6歲各年齡層在該題的答對率依序為50%、58%、83%、100%。然而，當呈現不同的變項誘因時，幼兒的答對率略有變動。其中，在遠擺盪與短繩中，答對率看似提昇，然而其提昇的部分，可能是負負得正的結果，例如：幼兒可能在基本題中錯誤的認為它會擺得較遠（3格距離），又錯誤的認為短繩會比基本題擺得近些，於是選擇了2格距離，而此正確選答其實是誤選的結果。換言之，此提昇率應不具太大的意義，暫可忽略。而較明確的是，在「大重量」變項中，孩子們強烈受此變項誘導，不少已具振幅對稱概念的幼兒，產生偏誤的選答，認為重量會影響此對稱性。使它擺得較近些或較遠些。有關3~6歲幼兒在各變項的偏誤情形如圖8所示，說明如下。

表 6：48 名 3~6 歲幼兒對「單擺運動軌跡（振幅對稱性）」各項選答之人數摘要表

題型（擺盪距離）	與右側振幅的比較		
	較近	一樣	較遠
基本題（2 格距離）	2（4%）	**35（73%）**	11（23%）
遠擺盪（3 格距離）	6（13%）	**38（79%）**	4（8%）
短繩（2 格距離）	8（17%）	**40（83%）**	0（0%）
大重量（2 格距離）	6（13%）	**15（31%）**	27（56%）

註：1.擺盪距離應以擺角或弧線距離計算，為配合幼兒的認知能力，以較簡化的方式實施，每一測試畫面均以「把球拉開了 2（或 3）格」的方式告知。
2.粗體字為正確選答；（ ）內數值為該選答占全體人數（48 人）的百分比。

1.振幅恒定的偏差思維

從圖8可知，在「擺盪起點」變項上，孩子們的偏誤情形在6歲時仍未完全改善（偏誤率17%）。其中，存在一種有趣的思維，部分孩子持守「振幅恒定」的概念。他們認為振幅的大小是一定的，因此若擺錘從右側較遠的地方出發，那麼它擺盪至左側就會較近，反之，若從較近的地方出發，則會擺盪至較遠的地方。此類偏誤主要發生在3歲階段，這些年幼的孩子，其推理雖然偏差，但相較於「認為擺錘擺動與人的施力有關」而隨機選答的幼兒，仍略勝一籌。已能感知擺錘繩索的局限性，知悉它會在固定範圍內擺動，只是他們忽略了不同擺盪點在高度上可能產生的動力效果，在思慮上顧此而失彼，

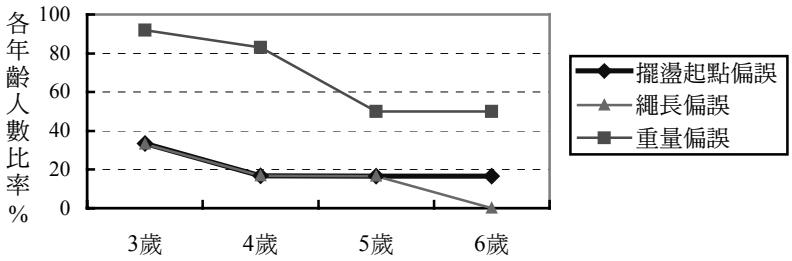

圖 8：3~6 歲幼兒對「單擺運動軌跡（振幅對稱性）」之認知偏誤情形

未能周密。

2.鞭長莫及的質樸推理

在「繩長」變項上，孩子們的偏誤情形在3歲時較明顯，並隨年齡逐漸修正，及至6歲時大致成熟。而偏誤者的想法主要在於認定「繩子長就盪得遠，短就盪得近」，此類推理其實並非全然不合理。事實上，繩子的長短的確影響擺動的範圍（扇形面積大小），但不影響擺動的角度。只是這些孩子無法區辨此二者的差異，於是在「短繩」中，一旦看到繩子變短了，直覺上就認定它會擺得更近些，「因為那麼短的繩子，沒辦法到呀（2格距離），只能近近的！」，儼然有鞭長莫及之慨！然而，他們卻忽略擺錘在右側起點時可拉開2格距離的事實（鞭長仍可及），僅聚焦於單向度考量，呈現極質樸的判斷思維。

3.重量動力的錯誤考量

在「重量」變項上，幼兒的偏誤情形尤為普遍，至6歲時偏誤率仍高達50% 以上。孩子們對重量影響力的過度推論，在落體運動中亦發生類似的情形。他們偏向於認定「重可跑得遠些」，無形中視重量為一種力量，付予一種動力的聯想：「因為重比較有力，所以會盪得遠」。由於尚未知悉地球引力的存在，孩子們對因應重量所產生的運動現象，極易歸因是重量本身具有動力，而這種重量與力量二概念的混淆，在 Carvalho（2004）的較大孩子身上亦可發現。換言之，此類迷思在生命早期已有根源，並具固著性。

三、斜面運動

(一)起因

幼兒如何推測斜面運動的發生原因？茲將幼兒對此運動所提出的理由，以及提及該理由的人數整理如表7所示。晤談紀錄舉隅請參閱附錄三。

從表7可知，孩子們對於斜面運動的發生原因，其概念尚在萌發中。相較於落體現象，本向度亦有較高比例的孩子無法具體提出理由（占4~8%）。隨著情境脈絡的不同，其理由說明有逐漸減縮並聚焦的趨勢，並有不同的詮釋焦點。從孩子的反應中，大致可發現下列取向。

1.外力因素的移轉

相較於單擺現象，在斜面運動中，孩子們不再認為外力（含動物使力及風力）是個重要因素，提及此線索的孩子僅占8%（單擺運動則高達82%）。即使研究者聚焦提問：「會不會是動物用力了？會不會是有風吹？」孩子們拒絕這樣的答案。對於外力的思考，他們作了一個移轉，很經驗式的認定「斜面體」就是一個原因。對照落體的「支撐」、單擺的「外力」、斜面運動的「斜度」，再再顯示幼兒因果思維的具象性，亦即他們習慣引用具體可見的線索，來推敲事理。至於「為什麼斜斜的，就會動呢？」，其中的抽象因果，孩

表 7：48 名 3~6 歲幼兒說明「斜面運動現象」所提出的理由及人數摘要表

	外來因素				自然因素		未回答
	斜面質地	斜度	動物使力	風力	結構	重量	
情境式：雪地山坡（運動）	31（65%）	27（56%）	2（4%）	2（4%）	4（8%）		4（8%）
操作式：硬紙山坡（運動）	16（8%）	36（75%）			23（48%）	2（4%）	2（4%）
碎石山坡（不動）	48（100%）						
	開放性回答後，針對「重量」因素進行提問。						
	認為重或輕是造成下滑的因素的有 8 人（17%）						
	其中認為「是重讓它下滑」8 人（17%）、「是輕讓它下滑」0 人（0%）						

註：1. 每一幼兒在每一試題所提出的理由，可能不只一個。因此每一試題各因素人數總和 > 48

2.（ ）內數值，為提出該因素的人數占全體人數（48 人）的百分比

子們無力於解答。有趣的是，基於孩子直覺信念（運動必然包含力）的固著性，少數人對於斜面體亦隱約付予一個力的假想，例如：「山坡斜斜的就有力推它（南瓜車），就會滑下來！」，易言之，斜面體似為力的表徵，孩子們在此建構概念的基礎。

2.支撐形式的類化

斜面運動的另一種強勢思維，是著重「斜面質地的粗滑度」，100% 的孩子都曾提這個因素。例如：「是雪很滑，所以它（南瓜）才往下跑」、「下雪時，下面可能有水，很滑，所以它（南瓜）才會動」，或是「因為很多小石頭聚集，就會變成一個很大的凹凸，所以車子就滑不下去了」。相較於落體現象所提出的原因，我們亦不難發現其中可對應的思維模式。落體的產生在於「支撐物的褪離」，而在斜面運動中，亦隱約再現此形式，因為接觸面的粗糙與光滑，即形同此阻擋型態的有無。換言之，孩子們對於各類運動的起因說明，存有一個共通的思維架構，此架構會因應情境的變異，而有不同的細部延展。在落體中強調較鉅觀的阻擋物（支撐的有無），而在斜面中則強調較微觀的阻擋物（斜面的粗滑），孩子們的思維雖然尚未精緻，但有歷歷可循的理路。

3.內在因素的考量

去除外在環境因素，孩子們對物體內在因素也略能涉及，只是這方面的考量，係以「結構」因素為主（占8~48%），例如：他們會強調是南瓜構造圓圓的、皮滑滑的，或是物體有輪子，讓它容易滑下來。幾乎所有孩子，都不關懷「重量」這個因素，因為在他們的經驗中（溜滑梯即提供此經驗），不管輕或重都會滑下來，於是僅4% 孩子主動提及。在絕大多數孩子的觀念中，斜面造成運動是自然而然的，別無他理，物體內在重量顯得並不重要。此類認知包含正確與錯誤的成分。因為若重量是零，此運動亦不可能發生。重量的不存在，這是一個涉及物質本質的認知，當然亦涉及地球引力問題。限於它的不可見性，孩子們未能有效考量，此亦呈現其具象思維的侷限性。

茲將幼兒對斜面運動的推理脈絡，整理如圖9所示。其中略存有簡易的推理結構，並以「外力」與「支撐」二因素為核心。在「外力」因素中，由於未知地球引力的存在，轉以具象的推力及風力來取代，並付予斜面體一個假想的力；而在「支撐」因素中，則著眼於微觀阻擋物的褪離（光滑的斜面、易滾動的結構）。

(二)軌跡

在斜面運動軌跡的探測上，幼兒反應如表8所示。

從表8可知，幼兒對斜面運動的軌跡已初具概念。在 A、B 情境的「基本題」中，分別有79%、50% 的孩子知悉斜面運動「移動的等高性與球掉落的曲弧性」。然而，當呈現不同的變項誘因時，幼兒的答對率略有變動而下降，其中尤以「重量」因素為然，幼兒明顯受此變項的誘導，產生偏誤的選答，此變項相關試題的答對率均在33% 以下，甚至低至4%，認為重量會使球移過得較近些或較遠些。而此過度推論重量效果的迷思，在前述向度中亦一再出現。整體而言，3~6歲幼兒對於斜面運動軌跡的推理，主要有三類偏誤（見圖10），並說明如下。

1.下移與上移的類化推理

對於不同傾斜度二對峙山坡的位移推理，幼兒的偏誤情形頗為明顯（偏誤率達46%）。有40% 的孩子認定「左側山坡愈陡，

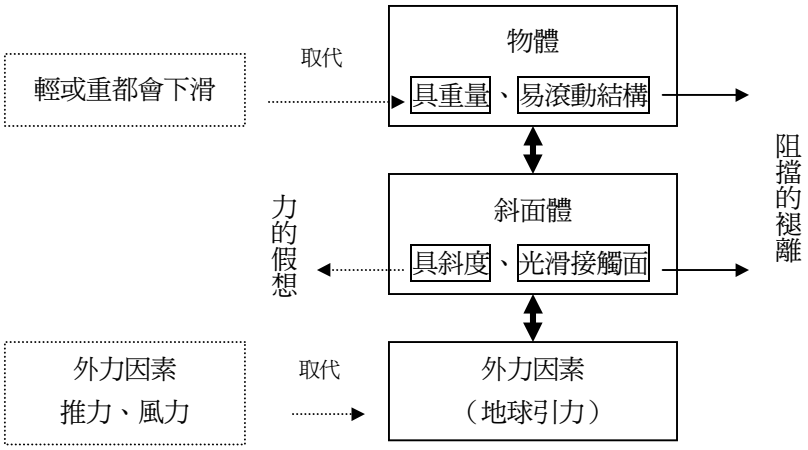

圖 9：3~6 歲幼兒對「斜面運動」概略的思維

註：實線方框為正確概念，其中某些部分幼兒尚未萌發，而以虛線方框取代

表 8：48 名 3~6 歲幼兒對「斜面運動軌跡」各項選答之人數摘要表

A 情境	移動高度（與球的起點高度比較）		
	較低	一樣	較高
1.基本題	4（8%）	**38（79%）**	6（13%）
2.低起點	3（6%）	**38（79%）**	7（15%）
3.左側傾斜度大	3（6%）	**26（54%）**	19（40%）
4.大重量	21（44%）	**16（33%）**	11（23%）

B 情境	移動路徑			移動距離（與基本題比較）		
	直落	弧線	斜角	較近	一樣	較遠
1.基本題	7（15%）	**24（50%）**	17（35%）			
2.高起點	4（8%）	**18（38%）**	26（54%）	11（23%）	8（17%）	**29（60%）**
3.大傾斜度	4（8%）	**18（38%）**	26（54%）	13（27%）	6（13%）	**29（60%）**
4.大重量	19（40%）	**14（29%）**	15（31%）	29（60%）	**2（4%）**	17（35%）

註：1.粗體字為正確選答；（ ）內數值，為該選答占全體人數（48 人）的百分比。

2.移動距離的計算可參閱 van de Berg 和 Burbank（2002）。

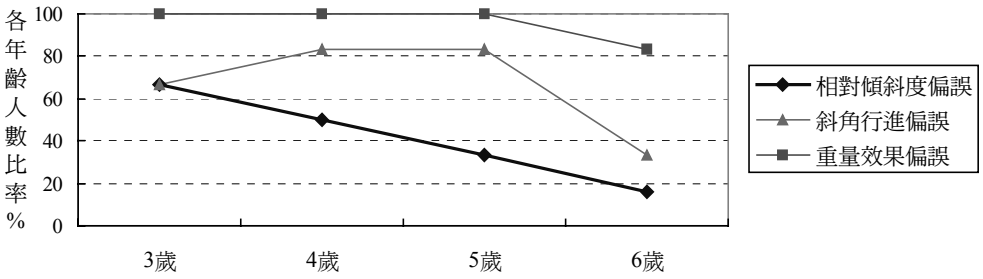

圖 10：3~6 歲幼兒對「斜面運動軌跡」推理之認知偏誤情形
註：偏誤比率係以最高比率計算，只要幼兒在系列試題中曾出現偏誤，即予以列計

球會移動至該山坡愈高的地方」，其中23% 甚至強烈的指認球應該到達雞的位置（請參閱圖3之軌跡變化題），此偏誤情形在3歲時尤為明顯，至6歲時仍未完全改善。研究者發現，出現此迷思的孩子，其關鍵乃在於類化了物體上移與下移的運動情況。一般而言，「山坡愈陡物體愈易下滑」是幼兒極為熟悉的法則，然而對於相反的上移情況，他們卻未能加以分辨。據研究者事後訪談得知，這些孩子並非不知「山陡不易爬高」的道理，然而，當面對複雜多元的情境時，他們往往無法有效結合各種法則進行研判。年幼兒在相對思考（relative thinking）上的侷限，在此可略見一斑。

2.斜進路線的強勢思維

對於斜面運動後的墜落軌跡，斜角行進路線是一項強勢的選答，尤其是球的運動速度快時，此推理傾向尤為明顯（見表8）。圖10顯示，此偏誤情形在3~5歲時起伏不定，至6歲時略為改善。針對孩子的偏誤，有二點值得一提：(1)即使偏誤，幼兒已略知運動速度對路徑曲弧度的影響，進而認定「速度愈快，球跑的路徑會愈直」，此類推理仍略具合理性。(2)幼兒對於墜落路徑的評估，較缺乏連續性的概念。即使知道球會呈弧線掉落（即前進力與墜落力的交互作用），然而一旦球速快，部分幼兒就會完全忽略墜落力，認定球會斜角行進，在等級的區分上偏向間斷量尺而非連續量尺。此思維特質顯現出幼兒對現象推理的侷限。

3.重量效果的判斷理路

在斜面運動的軌跡推理中，以重量變項最具迷思，此偏誤情形極為普遍，尤其3~5歲時，每位幼兒都曾對此因素作偏誤的推論。在此偏誤中，孩子的想法雖然歧異，但較偏向「重的物體爬不高」（占44%）、「重的物體跑不遠」（占60%），似賦予重物較少的動力。而在落體與單擺中，孩子的思維則剛好相反，偏向於認定「重的物體跑得遠」、「盪得遠」，視重為動力的表徵。其間差異頗值得深思。而此看似矛盾的推理，即使更換時點再作測試，其反應還是類似。對照落體、單擺與斜面運動三者，研究者發現，孩子們對重量動力的推理，似與物體的主要位移型式有關。若主要位移型式為橫向，他們易認定重的物體具有高動力，會跑得遠，例如在落體中，球未墜落前有明顯的水平位移，又如在單擺中，球有大幅的橫向位移，因此認定重的球跑得遠。反之，若主要位移型式為縱向，則認定重會阻礙移動的距離，若向上，重的球不易爬高，若向下，重會強化下移的路線，因而跑不遠。由於在斜面中，球傾斜向下形成了強烈的意象，孩子們著眼於它的縱向位移：「往下跑！」（許多孩子在陳述這

種運動時均用了這個描述語），於是有如是推理。研究者相信，孩子們對主要位移型式的感知，只是一種直覺的概判，而非精敏的分析，這種概判使他們忽略各運動間的相似性（斜向運動仍有水平位移），致生推理的矛盾與偏差。

綜合討論

一、推理潛能的展望

在歷經多向度的對照檢視下，研究者發現3~6歲幼兒在物理運動的推理上，的確出現與年長者（小學至成人）相似的推理侷限，並隨不同的情境脈絡，採用不同的推理法則。此脈絡依賴的思維傾向，在以往不同主題的概念診斷研究中，亦多所呼應，如 Potari 和 Spiliotopolou（1996）的體積概念、Galili 和 Bar（1997）的重量概念、Watson, Prieto 和 Dillon（1997）的燃燒概念、Nobes, Moore, Martin, Clifford, Butterworth, Panagiotaki 和 Siegal（2003）的地球概念等，針對這種現象，diSessa（1988）即指出：「直覺物理包含許多片斷零碎的知識，而非少數的整合性理論」。

然而，本研究也發現，雖然孩子們會隨著情境脈絡，更迭選答，但他們的思維並非是隨機、無法則依據的。眾多資料顯示，這些年幼的孩子對物理運動現象的思考仍有脈絡，並具若干的合理性。透過多向度的對照分析與為期近2個月的診斷追縱，我們發現了孩子的思維與其中的結構性。例如，在自由落體的起因中，幼兒隨著一系列的正例與反例而有不同的理由說明時，若細加追蹤，其中隱含「若－則（if-then）」的系列性判斷法則（參閱圖4），而採用「若－則」條件邏輯的思維傾向在 Palmer（2001）針對12~16歲學生的地球引力研究中，也有類似的發現。基此，研究者認為，孩子的推理應如 Blown 和 Bryce（2006）所言，並非那麼的片斷，而是含有某種程度的連貫理論（coherent theories）。

而即使未呈現系列性的條件邏輯，幼兒的判斷仍有隱微的結構，例如，在單擺與斜面運動的起因中，他們的說明，呈現出兩項重要的判斷條件，即「有外力嗎？」、「有支撐物（或阻擋物嗎）？」，此類判斷法則，以不同型式轉化的出現，呈現出思維的條理性。而孩子們的天真物理學知識，在基礎結構上，與科學原理結構仍有相融相合之處（見圖7及9），只是尚待更精緻的琢磨。此發現，與晚近發展心理學家在「生物因果」研究中，指稱極年幼幼兒似乎隱含對事物推理的抽象架構（abstract framework）（Gelman, 2004; Simon & Keil, 1995），頗有相符相應之處。易言之，對於3~6歲的「物理因果」思維，我們在其脈絡依賴的多重反應中，找到較結構性的理路，也看到他們侷限下的潛能。研究者近年來對幼兒概念發展的研究上，亦再再呼應此發現，顯示出幼兒思維的條理與結構性（莊麗娟, 2004, 2006, 2007, 2008a, 2008b）。

二、力的假想

孩子們對力有什麼想法？誠如 Clement（1982）、Levin, Siegler 和 Druyan（1990）、Palmer 和 Flanagan（1996）、全中平（1994）、簡順永（2000）的論述，本研究發現「運動必然包含力」的思維，在3~6歲時已有根源。於是在自由落體、單擺與斜面運動中，仍有幼兒極力尋找「外力」線索（如人或動物的推力），作為運動的起因，甚至賦予斜面體一個假想的力，認為「山坡斜斜的就有力推它（南瓜車），就會滑下來！」。然而，本研究更發現，相較於較年長者（小學至成人），幼兒對於「運動必然包含力」的想法，其實有

若干轉變。

首先，這種力的歸因，主要還是應用在「非向下運動」。由於經驗使然，許多孩子對於向下的物體掉落（自由落體）或滑落（斜面運動），認為理所當然，於是對該運動的起因，轉而訴求於「支撐或阻擋物的有無」，形成了強烈的支撐限制（support constraint），據此取代地球引力，說明運動的起因。而對於水平或向上運動，孩子們對力的聯想，就顯得活絡。他們會想盡辦法，找到力的線索，從具象（如人施力）到半具象（如風力），甚至虛構出一種隱形的作用力（如天空的吸力）。

其次，這種力的介入，在「重量」因素上，顯得有較多的變異。相較於 Carvalho（2004）7-10歲的思維（偏向於認為「重就是力」，賦予重一個動力的角色，於是跑得遠），本研究發現，愈年幼的孩子愈易以施力的觀點來看待重量，認為「重不易被推動」，於是跑不遠。這種思維傾向，在3~6歲階段呈現極敏感的變動，易隨情境的不同，如運動物體的性質（是動物或物體？）或運動的方向（是橫向或縱向？），而有變異。然而，不難發現孩子們逐步脫離有形的施力（重被推動），逐步進入假想的虛構力（重具動力），而一旦將「重」視為力，就較易以「重」作為自由落體的起因，此二者環環相扣，呈現孩子的思維理路。

三、直覺信念的轉變

在「重量主導」直覺信念上，誠如自由落體（Champagne, Klopfer & Anderson, 1980; Halloun & Hestenes, 1985; Sequira & Leite, 1991）、單擺（杜鴻模和郭文鋼, 2000; Linn, 1977; Manabu, 2004）、斜面運動（Carvalho, 2004; Maloney, 1985）等研究，在3~6歲幼身上，亦明顯的呈現「重量主導」的推理傾向。孩子們偏誤的認為「重量與運動軌跡有關」。年幼兒在重量效應上與年長者有反向的推理傾向，在前一文段中已概略說明，此現象頗呼應 Bar 等人（1994）與 Piaget（1972）的發現。其中，若細部追蹤「重量推理」的年齡發展情形，則大致可發現，5或6歲為轉變期（參閱圖5、8之重量變項），此階段概念有較明顯的移轉。

在「直落」信念上，有別於 Eckstein 和 Shemesh（1993）、Millar 和 Kragh（1994）的評估，本研究發現幼兒對具有水平速度的落體軌跡，有較佳的推測力。由於以程式動畫呈現（有別於紙筆題），孩子們親眼目睹球的移動性，由慢而快，甚至超快，此具真實感的體驗，無形中引導他們產生較敏銳的判斷，進而排除直落的可能性。換言之，個體的直落信念並不如 Eckstein 評估的普遍，絕大多數幼兒在3歲時，已能考量物體先前的運動狀態（是靜止或水平運動），預測出它的落體軌跡（是直落或弧線）。相應於 Kaiser, Proffitt, Whelan 和 Hecht（1992）的論點，本研究的確發現，以動畫展示較能誘發個體的內隱知識，呈現出幼兒的推理潛能。

而在「坡度－速度」信念上（Rohrer, 2002, 2003），本文並未涉及速度向度的探測（此部分將於另一研究中討論），然在斜面運動的軌跡檢視中，仍隱約可見幼兒對傾斜度的敏感性，似為「坡度－速度」直覺信念的根源。對於陡的山坡，多數幼兒已能感知運動物體下移的速度感（因此推測它會跑得較遠，見表8之 B 情境），此等直覺性思維在3歲時已然萌發！

結　論

本研究目的，主要在探測三~六歲幼兒的天真動力學，為瞭解較原發性的抽象思

維，探析其間的互動脈絡，研究者以型式關聯的三類「純重力」運動（自由落體、單擺與斜面運動）為主題，同步探測幼兒對運動起因與軌跡的相關推理，以鑑知其中的思維。研究結果發現：在運動起因上，「力」與「支撐」為幼兒的二大判斷法則，並以不同的型式轉化出現，呈現出思維的條理性。在運動軌跡上，幼兒雖存有「重量主導」、「直落」、「坡度－速度」的直覺信念，然而，其思維與年長者有別，易隨情境的不同，如運動物體的性質（是動物或物體？）或運動的方向（是橫向或縱向？）而變異。然此類思維並非隨機，其中仍隱含系列性法則與隱微結構，呈現幼兒的思維潛力。唯此研究結果僅為概念發展的初探，仍需後續檢證。

其次，運動概念的探討向度，仍有開展的空間。配合晚近發展心理學家創意的實驗技術，與獨特的研究啟示。研究者認為，對於運動概念的探測，除了物理性的機械法則外，可進一步結合生物概念，更細步追蹤幼兒如何辨識各類運動中的生命跡象？分辨生物與非生物運動的動力機制（動力來源是內發的或外力的干預）、運動組型（內部節點的移動組型是機械性移動或彈性律動？）、位移軌跡（運動路徑是目標導向或非目標導向？）；並進而探測「物理因果」與「生物因果」之間的互動性。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。

最後，基於幼兒在物理運動思維上的特質與可能潛力，未來科學教育上可著力於二方面：1.幼兒的結構性思維既已萌發，並有隱微的「若－則」條件式邏輯，呼應此現象，學習內容應可系列性設計多種認知衝突情境的探索活動，以開發其概念體系。地球引力雖為抽象概念，但若能以型式關聯的運動，作對照性的呈現，並作層次性的擴展，將有助於開發幼兒的抽象推理能力，形成連貫的概念結構。2.物理現象的直覺信念在幼兒期已有根源，基於幼兒明顯受視覺主導、呈現具象思維的傾向，欲調整迷思，在學習引導上，需提供多種感官訊息（觸覺、聽覺、動覺等），以協助幼兒辨識真實現象。而對於隱微的或變化極速的視覺訊息，可透過科技媒體強化視覺感受、減緩變化速度，以協助幼兒覺察狀況，作有效的推理。此外，基於幼兒在系列診斷中呈現明顯的認知類推能力，若能誘導幼兒以圖示方式，紀錄各類科學現象，作較明確的對照分析，應有助於開展其反省性思考，進而調整迷思。

誌　　謝

本研究感謝國科會的經費支助（NSC 95-2511-S-153-012-MY2）；國立高雄師範大學科學教育研究所、特殊教育學系、國立屏東教育大學數理教育研究所、幼兒教育學系教授的指導。

參考文獻

1. 王秋蓉譯（1996）：**田鼠之歌**。台北市：及幼文化。
2. 全中平（1994）：師範學院學生對學習物理力學概念之分析研究。**臺北師院學報**，**7,** 481-506。
3. 杜鴻模和郭文鋼（2000）：**國中學生單擺運動之學習狀況分析研究**。2007 年 3 月 10 日。取自 http://www.nknu.edu.tw/~gise/17years/D53.doc
4. 邱維宣（2002）：**高中學生參與拋體運動專題實驗之研究**。彰化市：國立彰化師範大學物理學系碩士論文（未出版）。
5. 周承岡（2002）：**發展紙筆測驗以探究高中**

生對牛頓運動定律的迷思概念。彰化市：國立彰化師範大學物理學系碩士論文（未出版）。

6. 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。
7. 莊麗娟（2006）：幼兒「重量概念」多元智能取向科學學習系統之建構。**教育研究集刊**, **52**(1), 59-91。
8. 莊麗娟（2007）：三~六歲幼兒對重量概念的認知：基礎認知與現象推理。**科學教育學刊**, **15**(1), 73-97。
9. 莊麗娟（2008a）：三~六歲幼兒對「物、洞、影」實存性辨識。**科學教育學刊**, **16**(1), 1-23。
10. 莊麗娟（2008b）：幼兒「重量概念」多元智能取向科學學習系統之成效分析。**教育與心理研究**, **31**(1), 97-131。
11. 簡順永（2000）：**高二學生力學概念的應用調查分析**。台北市：國立台灣師範大學物理學系碩士論文（未出版）。
12. Art, A. (2006). Experiments in free fall. *Physics Education, 41*(5), 380-385.
13. Baillargeon, R. (1986). Representing the existence and the location of hidden objects: Object permanence in 6- and 8-month-old infants. *Cognition, 23*, 21-41.
14. Bar, V., Zinn, B., & Goldmunts, R. (1994). Children's concepts about weight and free fall. *Science Education, 78*(2), 149-169.
15. Blown, E. J., & Bryce, T. G. K. (2006). Knowledge restructuring in the development of children's cosmologies. *International Journal of Science Education, 28*(12), 1411-1462.
16. Carvalho, A. M. (2004). Building up explanations in physics teaching. *International Journal of Science Education, 26*(2), 225-237.
17. Champagne, A., Klopfer, L., & Anderson, J. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics, *American Journal of Physics*, *48*(12), 1074.
18. Claxton, G. (1984). Teaching and acquiring scientific knowledge. In T. Keen and M. Pope. (Eds.), *Kelly in the classroom: Educational applications of personal construct psychology* (pp. 193-201). Montreal: Cybersystem.
19. Claxton, G. (1996). Minitheories: a preliminary model for learning science. In P. J. Black & A. M. Lucas (Eds.), *Children's informal ideas in science* (pp. 45-61). London: Routledge.
20. Clement, J. (1982). Student preconceptions in introductory mechanics. *The American Journal of Physics, 50*(1), 66-71.
21. diSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Pufall (Eds.), *Constructivism in the computer age* (pp. 49-70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
22. Eckstein, S., & Shemesh, M. (1993). Development of children's ideas on motion: Impetus, the straight-down belief and the law of support. *School Science & Mathematics, 93*(6), 299.
23. Galili, I., & Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education, 19*, 317-340.
24. Gelman, R. (1990). First principles organize attention to and learning about relevant data: Number and animate-inanimate distinction as examples. *Cognitive Science, 14*, 79-106.
25. Gelman, S. A. (2004). Psychological essentialism in children. *Trend in Cognitive Science, 8*(9), 404-409.
26. Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics, 53*, 1056-1065.
27. Heine, H. (1993). *König Hupf der I.* Gossau,

Zürich: Neugebauer.

28. Kaiser, M. K., Proffitt, D. R., Whelan, S. M., & Hecht, H. (1992). The influence of animation on dynamical judgments. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 18*, 669-690.
29. Levin, I., Siegler, R. S., & Druyan, S. (1990). Misconceptions about motion: Development and training effects. *Child Development, 61*, 1544-1557.
30. Linn, M. C. (1977). Scientific reasoning: Influences on task performance and response categorization. *Science Education, 61*(3), 357-365.
31. Maloney, D. P. (1985). Rule-governed approaches to physics: Conservation of mechanical energy. *Journal of Research in Science Teaching, 22*(3), 261-278.
32. Manabu, S. (2004). The reproduction of scientific understanding about pendulum motion in the Public. *Science & Education, 13*, 473-492.
33. Millar, R., & Kragh, W. (1994). Alternative frameworks or context-specific reasoning? Children's ideas about the motion of projectiles. *School Science Review, 75*, 27-34.
34. Moser, E. (1989). *Sultan Mudschi,Gute-Nacht-Geschichten.* Weinheim: Beltz Verlag.
35. National Aeronautics and Space Administration (2002). *Measurement, ratios, and graphing: Who added the "micro" to gravity?* (ERIC Document Reproduction Service No. ED 472 181).
36. Nobes, G., Moore, D., Martin, A., Clifford, B., Butterworth, G., Panagiotaki, G., & Siegal, M. (2003). Children's understanding of the earth in a multicultural community: Mental models or fragments of knowledge? *Developmental Science, 6*(1), 72-85.
37. Palmer, D. H., & Flanagan, R. (1996, July). *Readiness to change the conception that "motion-implies-force": A comparison of 12-year-old and 16-year-old students*. Paper presented at the 27th Conference of the Australasian Science Education Research Association. (Canberra).
38. Palmer, D. (2001). Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education, 23*, 691-706.
39. Piaget, J. (1969). *The child's conception of the world*. Littlefield, NJ: Adams & CO.
40. Piaget, J. (1972). *The child's conception of physical causality*. London : Routledge and Kegan.
41. Potari, D., & Spiliotopoulou, V. (1996). Children's approaches to the concept of volume. *Science Education, 80*(3), 341-360.
42. Rakison, D. (2005). Developing knowledge of objects' motion properties in infancy. *Cognition, 96*, 183-214.
43. Rohrer, D. (2002). Misconceptions about incline speed for nonlinear slopes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance, 28*, 963-973.
44. Rohrer, D. (2003). The natural appearance of unnatural incline speed. *Memory & Cognition, 31*(5), 816-826.
45. Sequeira, M., & Leite, L. (1991). Alternative conceptions and history of science in physics teacher education. *Science Education, 75*(1), 45.
46. Simon, D. J., & Keil, F. C. (1995). An abstract to concrete shift in the development of biological thought: the insides story. *Cognition, 56*, 129-163.
47. Spelke, E. S., Phillips, A. T., & Woodward, A. L. (1995). Infants' knowledge of object motion and human action. In A. J. Premack, D. Premack, & D. Sperber (Eds.) *Causal cognition: A*

multidisciplinary debate (pp. 44-77). New York, NY: Oxford University Press.

48. Spelke, E. S, & van de Walle, G. (1993). Perceiving and reasoning about objects: Insights from infants. In N. Eilan, R. McCarthy, & W. Brewer (Eds), *Spatial representation* (pp. 132-161). Oxford, England: Basil Blackwell.
49. Talanquer, V. (2008). Students' predictions about the sensory properties of chemical compounds: Additive versus emergent frameworks. *Science Education, 92*(1), 96-114.
50. van den Berg, W. H., & Burbank, A. R. (2002). Sliding off a roof: How does the landing point depend on the steepness? *The Physics Teacher*, *40*, 84-85.
51. Watson, J. R., Prieto, T., & Dillon, J. S. (1997). Consistency of students' explanations about combustion. *Science Education, 81*, 425-443.

附錄一　自由落體運動起因（個案編號 3，6 歲）

施測情境與系列問語	幼兒的回答	概念分析
[動作展示：石頭掉落]		
為什麼石頭，會掉下來？	因為手沒有扶好。	以「支撐」概念來說明
...		
[動畫展示：人用力往上跳，還是掉下來]		
為什麼跳跳國王跳上去，還是會掉下來？	因為他很重！	涉及「重量」因素
...		
[動畫展示：巨大的熱汽球載有動物飄在空中]		
大汽球重嗎？	應該重吧。	對於重物的不落，以「風力」來解釋
那為什麼大汽球不會掉下來呢？	因為有風在吹。	
...		
[動畫展示：飛機在天上飛行]		
飛機能在天上飛，也是風吹的關係嗎？	不是，沒風它也會飛，因為它有引擎也有翅膀。	若無風，以「引擎動力」及「翅膀」來說明
...		
[動畫展示：太陽、月亮在天上]		
為什麼太陽、月亮不會掉下來呢？	是因為天空吸力把它吸住了！	對於天體，另以「天空引力」來說明
如果天空有吸力，為什麼跳跳國王跳上去後，不會被天空的吸力吸住，而會掉下來呢？	因為有地心引力，它會吸住地上的東西！	想像出二種對峙的力：天空引力與地球引力
...		
[動畫展示：雲在天上飄行]		
雲為什麼不會掉下來？	因為它很輕很軟，裡面有空氣。	涉及「重量」、「質地」及「內容物」
[動畫展示：下雨]		
那麼為什麼雨滴就會掉下來呢？	因為它重呀，它裡面裝水，打雷刮風就把它打下來了。	涉及「重量」、「內容物」及「風力」
...		
[總結詢問]		
如果東西沒被撐住，它就一定會掉下來嗎？	不一定，如果很輕就不會。	隱約呈現若－則條件法則
如果重呢，就一定會掉下來嗎？	比較會，可是如果它有引擎或翅膀就可以飛。	
還有嗎？	還有如果是天上的東西，天空的吸力會吸住它。	（註：上述概念分析所列舉的因素，依題序畫記，p.522 表 3 的統計數值乃 48 名幼兒的統計結果。）

綜合評論：該幼兒在判斷物體落與不落時，係以「支撐的有無」作為判斷的起點，而後配合「重量」、「外力」（風力、引擎動力、地球引力等）、「結構」（翅膀、質地、內容物等）作彈性的考量，隱約呈現若－則的條件法則。過程中雖一度提及地心引力，但此概念並非判斷的主體，認知尚未成熟。經事後訪談得知，該概念是來自幼兒父親的告知。

附錄二　單擺運動起因（個案編號 30，4 歲）

施測情境與系列問語	幼兒的回答	概念分析
[動畫展示：動物悠閒的坐在鞦韆上，並有來回自然擺盪的現象]		
為什麼鞦韆會盪來盪去？	是小老鼠用力盪。	以「動物使力」來說明
你再仔細看看，小老鼠有用力盪嗎？	沒有。我知道了，是風的關係，鞦韆才會動來動去。	改以「風力」來解釋 上述二者，呈現明顯的外力歸因
還有其他原因嗎？	沒有了。	
...		
[操作展示：情境中，沒有風，鞦韆上坐著玩具熊（未使力），施測者將鞦韆拉高後放手（未施力），造成鞦韆的擺盪。]		
為什麼鞦韆會盪來盪去？	因為拉很高嘛，又放掉，像石頭一樣從很高的地方掉下來。	詮釋焦點開始轉移，涉及「擺盪起點」
還有其他原因嗎？	還有一條繩子，掛很高。	另涉及「結構組件」及「懸掛點」
...		
為了確知幼兒對「重量」因素的想法，另焦點追問：		
你覺得鞦韆會盪來盪去因為它「重」嗎？	不是。	結合外力因素作思考，基於「重物不易被推動」的想法，因而認定輕才是盪的原因。
那麼是因為它「輕」嗎？	對。	
為什麼是輕呢？	因為輕才推得動。	
		（註：上述概念分析所列舉的因素，依題序畫記，p.526 表 5 的統計數值乃 48 名幼兒的統計結果。）

綜合評論：該幼兒在判斷單擺運動的起因時，以「外力」與「支撐」二因素為核心。在「外力」因素中，由於未知地球引力的存在，以動物使力及風力來取代；而在「支撐」因素中，則出現物件結構的概念，訴求高懸掛點（懸掛高處）與高擺盪起點（拉高再放手）。此外，經聚焦性提問，幼兒認為「重量」是物體擺盪的原因，並認為輕才會盪。

附錄三　斜面運動起因（個案編號 16，5 歲）

施測情境與系列問語	幼兒的回答	概念分析
[動畫展示：動物坐在南瓜中，從雪地山坡往下滑動]		
為什麼南瓜會往下滑，是不是小老鼠用力了？	不是。	排除「動物使力」、「風力」二因素。
還是風吹才會往下滑？	不是。	
那是什麼原因呢？	因為它（山坡）斜斜的。	涉及「斜度」
為什麼斜斜的就會往下滑？	因為山坡斜斜的就有力推它（南瓜），就會滑下來。	賦予斜面體一個假想的力
還有其他的原因嗎？	還有雪很滑，所以它（南瓜）才會往下跑	涉及「斜面質地」
...		
[操作展示：將車子（內置一玩具動物）放在光滑面的模型山坡上，產生滑動現象]		
為什麼車子會往下滑呢？	因為山坡斜斜的。	涉及「斜度」
還有嗎？	還有輪子，輪子很圓很滑，就會咻~很快的滑下來。	涉及滑動物體本身的「結構」
...		
[操作展示：將上述車子改放在碎石面模型山坡上，產生不動的現象]		
為什麼車子放在這個山坡上，就不會往下滑呢？山坡還是斜斜的呀，車子也有輪子呀！	因為很多小石頭，就會變得粗粗的，有許多洞（意指斜面凹陷）輪子就會被卡住。	涉及「斜面質地」。（此形同微觀的阻擋物，是「支撐」概念的類化）
...		
為了確知幼兒對「重量」因素的想法，另焦點追問：		
你覺得是因為東西「重」，才會滑下來的嗎？	不是。	排除「重量」因素
還是因為「輕」才會滑下來？	也不是。輕和重都沒關係，如果斜斜的（山坡），就會滑下去。	（註：上述概念分析所列舉的因素，依題序畫記，p.529 表 7 的統計數值乃 48 名幼兒的統計結果。）

綜合評論：該幼兒在判斷斜面運動的起因時，以「力」與「支撐」二因素為核心。在「力」因素中，由於未知地球引力的存在，乃付予斜面體一個假想的力；而在「支撐」因素中，則著眼於微觀阻擋物的褪離（光滑的斜面、易滾動的結構）。此外，經聚焦性提問，幼兒認為物體的「重量」並非斜面運動的起因，無論輕或重，物體都會往下滑。此推理同時包含正誤成分，尚未成熟。

Young Children's Understanding of Physical Motion: Its Cause and Trajectory

Li-Chuan Chuang

Department of Early Childhood Education, National Pingtung University of Education

Abstract

Aiming at the exploration of the naive dynamics of young children, this study examines their initial thinking of motion and their interpretation of the related mechanisms. Based on the relevant forms of gravity (free fall, pendulum and slope of motion), the researcher tried to investigate young children's reasoning about the cause and the trajectory of motion, and to map out the ways in which they explain the physical causality. Results show that young children (1) attribute the motion to the rules of force and support and can use the two rules to account for the inverted form of motion; and (2) employ the intuitive approach to the trajectory of motion, such as beliefs of weight-orientation, straight-down and slope-speed. Different from the older children's notions, they employ causal reasoning depending on the contexts, such as the actor of the motion or the direction of movement. Although their reasoning is constrained by the context-dependence, they have their own plausibility and not at random. Besides, such inference implies an internal coherence and structure, which provides insights into the thinking of young children.

Key words: Free Fall, Intuitive Belief, Pendulum, Slope Motion