科學教育學刊
2005, 第十三卷第四期, 413-439

Chinese Journal of Science Education
2005, 13(4), 413-439

國三學生的重力初始概念

余秀麗　譚克平
國立台灣師範大學 科學教育研究所

（投稿日期：民國 92 年 12 月 29 日，修訂日期：93 年 11 月 24 日，接受日期：94 年 1 月 25 日）

摘要：國三學生雖然已學過基礎的力學課程，並持有部分力的初始概念。由於他們尚未正式學習過重力概念的課程，但這並不妨礙他們所持有重力初始概念的認知，然而力與重力的初始概念卻可能會影響未來高中階段的學習效果。本研究是藉由調查和晤談的方式，以實證性研究探究國中三年級學生對於重力概念的初始認知情況。研究目的為國三學生對於物體發生「力」作用時，物體是否需要接觸或是需要介質傳遞的概念會不會影響其詮釋重力的現象。同時瞭解學生在學習「力」概念時，對於「力與接觸作用」及「力與介質傳遞」學習成就的優劣與他們能否正確的詮釋重力現象是否相關。本研究對象為台北縣市七所公立國中總計 337 位國三學生，晤談對象是取其中 15 位學生，並以量化及質性研究的方式分別進行資料分析。研究結果發現多數學生對於重力現象持有不同的初始概念，他們依據自己日常生活經驗和直覺做為詮釋力與重力現象的認知架構。同時亦發現，對於「力與接觸作用」及「力與介質傳遞」概念學得較好的學生也較具有正確的重力概念。為銜接高中階段的課程，及減少學生在重力概念課程中產生學習上的困難，高國中的科學教師在實施「力」概念的教學活動時，應加強「力與接觸作用」及「力與介質傳遞」的相關概念。

關鍵詞：另有概念、初始概念、重力、迷思概念、超距力

壹、緒論

學生在學習過程中主動學習、積極建構的知識並不是反應外在的具體世界，而是反應個人所處外在世界之情境（趙金祁、許榮富和黃芳裕, 1994），因此學生在學習新的科學知識之前，由於日常生活的經驗，對於自然界的現象，可能已有自己的觀察與解釋。研究者在國中多年的教學經驗中發現，有些學生在學習一項新的科學概念時，學生會基於自己的觀察與解釋，發展出有他們特色的概念詮釋架構，然後利用這些架構當作解釋自然現象的基礎。例如，學生在不同思考的模式下，對於在地球及月球上是否具有引力的現象，

會有不同的想法，有些學生直覺的認為因蘋果與地球接觸，故蘋果會受到重力作用，而月球上沒有空氣，所以沒有引力的作用。或者月球在地球的大氣層外，因此不受地球引力的影響（余秀麗, 2003）。

本研究之受測學生在國小學習階段的自然課程相關單元，其內容與「力」有關的主題中，已將「**物體受力後會產生形狀或運動速度的改變**」納入第九冊第五章的單元教材中，在國中二年級理化必修的課程中亦將「**力能改變物體的形狀或運動狀態**」納入第一冊第六章的單元教材中（國立編譯館, 2002）。由於學生在國中前二年學習階段，已初步瞭解力可區分為接觸力和超距力兩種。物體受到接觸力作用，所產生的變化甚為明顯，學生由物體形狀改變，即可明瞭物體受到力的作用。然而，超距力與接觸力不同，兩個物體之間如沒有「場」做媒介，學生很難瞭解蘋果與地球、月球與地球甚至地球與太陽之間，它們是如何超越空間而產生交互作用。

在國中階段，力學概念是從兩物體接觸與否開始，十六至十八世紀從萬有引力定律發展的科學史顯示，月球繞地球運轉的向心力，與在地球上的物體自由落下的重力，是屬於同一來源（姚珩, 1998）。十九世紀初期，物理學家認為「場」是不存在的，只有物質和它的變化才是實在的（郭沂譯, 1991）。然而，在二十世紀初期，廣義相對論分析了引力問題，建立了引力場的新結構定律，若將自然定律應用到任一坐標系統中，則必須加入引力場來描述這一切現象。牛頓的萬有引力定律則只有在慣性坐標系統中，才是有效的。而場的概念，在高中物理教科書將會做有系統的介紹。

學生概念改變的歷程類似於孔恩（Kuhn）所提出科學革命激進的概念改變或類似於科學知識的發現歷程，在某些概念上與科學史上的概念進展相平行（邱美虹, 2000）。學生在詮釋落體現象時，存在著「質點之間有簡單的力在作用」的假說來解釋一切現象。因此，學生會從心智中存有的「力」概念來詮釋物體為何落下的原因。

國三學生經過不同階段的課程學習後，仍未能說出看到物體運動狀態的改變即能判斷物體受到力作用（余秀麗, 2003）。顯然學生在學習不完全之下，未能將力對物體產生的影響之概念同化至重力相關的概念中，以至於不能解釋蘋果會掉到地面上，是因為受到力作用的現象。多數同學可以說出形狀改變是受到力的作用，但是對於較抽象的運動狀態的改變，便無法與力的作用聯結。對於超距力是否需要接觸的概念中，在認知上較能從日常生活經驗中取得驗證，例如，兩磁鐵不需接觸即可產生相吸或排斥的現象、摩擦過的塑膠尺不需接觸即可吸引小紙片等。Pella（1966）提出「力是一種推或拉，這種推或拉會改變物體運動狀態」，物體需要接觸才會發生推或拉的現象，因此認為接觸才會產生力作用，這是學生最先形成力概念的原型之一。對於產生超距力作用是否需要媒介物，在其自我建構的知識基模裡，學生誤解媒介物的意義，他們誤以為受到力作用的物體就是媒介物（余秀麗, 2003）。另外，國中學生在日常生活中可能尚沒有真空的經驗，在沒有空氣的情境之下，學生會利用假設、臆測或創思的自我建構方式來解釋現象，認為如果沒有空氣，在地球上的超距力現象就不會發生。

學生是否瞭解超距力不需要接觸且不需要靠介質傳遞即能發生力的作用？對於超距力概念有什麼樣的指標可以掌握，使

得學生在詮釋物體下落時，能了解是受到重力的作用？研究者認為學生若能瞭解發生力作用時，力**是否需要介質傳遞**及**是否需要接觸**這兩個概念，將可以減少學生在詮釋重力概念時產生另有概念。從相關主題的研究中發現，以研究對象的年齡層來說，甚少是直接針對國中學生對重力概念的詮釋架構進行研究。因此，本研究以國三學生為研究對象，在他們已略具有力學基礎概念下，瞭解他們對尚未正式學習過的重力概念其詮釋為何，略為填補這方面資料之不足。研究者在教學過程中，發現部分學生會以「直覺」來回應自然現象的成因，這顯示學生不瞭解自己真正的意見為何，或許學生具有初始的概念且有某些看法，約略有些理由，但是並不清楚那些是什麼，故學生在學習之始並非是白紙，他們對於很多概念是具有初步的詮釋。因此，國三學生雖然尚未正式學習過重力概念的課程，但這並不妨礙他們所持有重力的初始概念。

基於以上的論述，本研究的目的有三：第一，欲瞭解國中學生如何詮釋重力概念，首先，必須先知道學生對於力概念的瞭解情況為何？其中包括：力是否為物質？力是否看得見？發生力作用是否需要靠媒介物？力對物體產生的影響是否看得見？等四個問題，這些可以讓我們知道學生具有力概念的先備知識。第二，國中學生在詮釋超距力作用時，首先，學生必須瞭解兩物體雖有空間距離，然而，物體之間沒有介質存在，仍可產生交互作用。因此，本研究就由日常生活中接觸到的靜電力現象、磁力現象及人站立在地球上等生活經驗，來瞭解學生詮釋超距力作用時，物體是否需要介質傳遞？或是兩物體是否需要接觸？以上兩種概念在詮釋超距力作用時，何者表現良好？第三個目的，就是瞭解學生如何詮釋重力概念？

本研究從不同情境來設計重力現象的相關問題，其情境涵蓋著在地球上、地球以外及天體運行等。雖然國中學生在教室內並未正式學習到重力的概念，但是由於資訊發達，多元化的管道來源，使得學生在心智中對於重力所存有的另有概念，會以自己的方式來解釋所看到的現象。對於實體現象的觀察，會侷限於顯著特徵的部分做思考。雖然在高中的力學教材是以重力場的概念為架構來詮釋落體運動，然而，國中小的基礎力學教材則是以力的作用來詮釋物體運動現象。學生在學習時，概念的建構是循序漸進的，因此，在國小及國中學習階段中，若「產生力作用是否需要接觸」及「產生力作用是否需要介質傳遞」這兩個概念學的不好，學生在瞭解重力概念前的先備概念會顯得較為薄弱，如果有迷思概念，則對將來學習正確的重力概念或許會有影響。故本研究以這兩個向度來探討學生對於重力的初始概念為何。

貳、文獻探討

一、「萬有引力定律」的科學發展簡史

以下參考：林多樑和錢相譯（1979）、王石安（1982）、林多樑譯（1985）、王克迪譯(1992)、姚珩(1998)、洪振方(2000)、彭萬華譯（2001）、蔡坤憲譯（2001）等著書及文獻，就「萬有引力定律」發現的科學史，歸納整理如下：

十六世紀波蘭天文學家哥白尼（N. Copernicus, 1473~1543）提出「日心說」的假設，主張將太陽視為宇宙的中心，而其他行星則以完美的圓形軌道，依不同距離繞太陽運行，並按照它們速度及

軌道大小的數學上之和諧關係所決定，而德國天文數學家刻卜勒（Johann Kepler, 1571~1630）說哥白尼認為宇宙的星體是分別嵌鑲在一個套著一個的透明圓殼上旋轉著。1577 年，第谷（Tycho Brahe, 1546~1601）和一些學者追蹤觀察一顆彗星時，指出天空中並沒有什麼透明圓殼，這種說法實際上只是人們用來解釋天文現象中，天體運行的一種設想而已。1600 年英國物理學家吉伯特（William Gilbert, 1540~1603）指出所有太陽系中星球的運行，皆由本身的磁性而相互影響著。他認為自然界中不論什麼東西，凡是會自然運行的，都是由它自己的力量及別種物體的影響所推動，又證明兩物體間的磁力隨其距離而改變。刻卜勒繼續倡導吉伯特的磁性理論，認為行星是被太陽所放出的磁力推動而環繞軌道運行的，而且還能使軌道成橢圓形。義大利天文物理學家伽利略（Galileo Galilei, 1564~1642）則指出「自然運動都是均勻且成正圓形的」，並認為行星運動是自然的，也是自己產生的，以均勻的速度繞圓形軌道而行，並提出：靜者恆靜，動者恆動的觀念。下面是伽利略在《兩門新科學的對話》中的敘述：

若某物體沿水平面上運動，而運動中又沒有遇到任何阻止，那麼，…該物體將做均勻等速運動，而如果平面在空間延伸至無限遠的話，這一運動將永遠延續下去（引自姚珩, 1998, p. 105）。

這就是日後牛頓所描述的慣性原理（principle of inertia）之基礎。

法國數學家笛卡兒（René Descartes, 1596~1650）同意伽利略所說的行星是以均勻的速度繞圓形軌道而行，他否定了刻卜勒所說的行星運行的橢圓形軌道。他認為行星的圓形軌道，是由於太陽四周物體所形成的漩渦吸力所致，這種吸力能使得它們原先由於慣性運動產生的直線運動轉變成圓形軌道。

英國物理學家牛頓(Isaac Newton, 1642~1772）則以他所創立的數學原理，來解釋自然界的現象。伽利略的斜面實驗結果提出後，牛頓進一步問到：假若物體原本不沿直線運動，則結果又是怎麼樣呢？牛頓自己回答說，要使速度作任何改變，一定要有力作用。故假若行星繞日運動沒有受到力作用，那麼不受外力就可使行星離開軌道，而沿著切線直線前進而無止境。但是行星並不曾沿著切線直進，它的軌道是向著太陽彎曲的，所以必須要有外力，顯然這個力是向著太陽的。1679 年虎克（Robert Hooke, 1635~1703）大膽提出：行星指向太陽的向心力是和彼此間的距離平方成反比。1685 年牛頓確認了行星以橢圓形軌道運行，而行星繞日運動時，力必須向著太陽，又從不同行星的繞日週期，及它們與太陽間的距離關係，推出了力的大小與彼此間的距離平方成反比。並更進一步證明：地球的吸引力能使月球產生一個繞著地球運行所需的向心力，而太陽的重力使得行星繞著太陽運行。牛頓並實際計算了月球因受地球的吸引力，每秒鐘月球被拉下的距離與在地表上的物體自由下落，每秒鐘落下的距離，兩者掉落的距離恰與物體與地球的距離平方成反比。由此推知，月球逐漸下降至地表時，其向心加速度等於在地球上的物體自由落下的重力加速度。即使月球運轉的向心力，與在地球上的物體自由落下的重力是屬於同一個來源。1685 年牛頓發表的《原理》一書中所述：

尋求自然事物的原因，不得超出真實和足以解釋其現象者，…因此對於相同的自然現象，必須盡可能地尋求相同的原因（牛頓著, 王

克迪譯, 1992, p. 403）。

因此，使月球維持在軌道上的向心力，與我們通常所謂的重力（gravity）實為全然相同的力。

在伽利略和刻卜勒等人所奠定的基礎上，才 23 歲的牛頓提出了太陽吸引地球(及其他行星)；地球吸引月球；成熟後的蘋果會掉落到地面上等，這些都是具有相同的引力。法國科學家拉普拉斯於 1796 年在所發表的《宇宙體系論》中，首次提到『萬有引力原理』一詞（姚珩, 1998），基本上即為牛頓所發表的《原理》一書中所述：

對於一切物體存在著一種引力，它正比於各物體所包含的物質的量……指向任意物體的各個相同粒子的引力，反比於到這些粒子距離的平方（牛頓著, 王克迪譯, 1992, p. 420）。

二、力與場論

以下參考：郭沂譯（1997）、郭奕玲和沈慧君（2001）、龔少明譯（2000）、愛因斯坦（1916）等著書，就「力與場論」發現的科學史，歸納整理如下：

物理「場」的概念，大約是在 1850 年從英國的物理學界開始建立起來的（龔少明譯, 2000）。起初「場」是以一種將物質視為連續體概念的輔助角色而出現的。基本上，沒有物質的地方就沒有場存在。但由於「場」被看作是為了能夠給予力學解釋的一種狀態，因此在一無所有的空間，也可存在著某種形式的物質，這種物質當時被稱為「以太」。英國物理學家法拉第（Michael Faraday, 1791~1867）於 1830 年左右指出，電與物質粒子緊密相關，但他將注意力只放在電作用和粒子的極化上，而不討論物質的性質。根據原子論，他認為原子彼此並不接觸，原子之間的空間，存在有一種傳遞粒子間相互作用力的效應，而有關物質的所有知識，須儘量限制在「力與動力」的概念範疇上，並認為物質不是由不可重疊的原子所組成，而是由充滿在空間的動力介質所組成。換言之，物質是由動力組成。他否定了原子的不可分割性，和不可穿透性，認為粒子間的相互作用，就是所謂的「力中心」的相互作用。法拉第並把力的傳播，描述為力線的振動，是物質通過空間的一種擴散，認為有力的地方粒子才存在。故法拉第用「力線」來描述物質的結構和物質相互作用的結果。另外，他把不同物質的相異磁性，解釋為因力線穿過不同物質的性質所造成，亦即力線在不同物質中會有不同的磁導率。他並由磁鐵周圍鐵粉排列的圖形來演示力線，指出了力與力之間的關係，只可能是力通過周圍空間的曲線與曲線之間的關係。他認為空間如果沒有物理實在的東西存在，我們便無法想像力線為何是曲線，因此力線是物理實在的最原始實體。法拉第並於 1845 年引進「磁場」這術語，提出兩種獨特的場理論：一、斷言力線為最主要的、第一性質的場，它不由任何其他性質所決定；二、介質裡的連續粒子為中間媒介的場。雖然他曾提出力的傳遞可能是以太的作用，但他反對超距作用的解釋，認為電力是借助周圍介質的粒子來傳遞的，而未對以太有進一步的討論。

接著在 19 世紀 50 年代，愛爾蘭物理學家湯姆遜（William Thomson, 1824~1907）在研究法拉第的靜電場理論時，察覺到熱學與靜電學現象之間有許多數學相似性。由於熱量可藉由一個粒子傳播到另一個粒子的物理模型來描述，所以電力也是一種「通過某種介質的連續粒子的作用」。雖然熱現象和電現象之間的數學對應性，並不能說明靜電力傳播的物理假設一定是正

確的。但數學上的對應性暗示著：在連續粒子間的傳遞作用上，可能可以建立一種合適的物理模型。湯姆遜並在 1849 年，最先用了「力場」這一敘述，說明了物質對磁力線的磁導率。他認為磁場是想像的磁性物質在空間連續分布的場。但是他並沒有將磁性物質設想成材料物質，而是與法拉第的力線理論一樣，是佈滿在空間的，並可以對力線在空間的分佈做出數學的描述。他還認為「以太」是填滿物體分子之間空隙的連續流體，而物質所表現出的分子結構，則可由連續以太的渦流運動所產生出來。場的作用是通過以太來傳播，力場的概念則用以太的運動來描述。

英國物理學家麥克斯威爾（James Maxwell, 1831~1879）修正了法拉第的物理觀念，並轉換為數學形式，有系統的形成了場的物理模型和數學模型。當湯姆遜提出以太連續體的理論，且發展成為法拉第力媒介的物理化身時，麥克斯威爾亦在研究力線的幾何意義，並用連續的以太粒子來描述場傳播的機制。麥克斯威爾吸收了法拉第的物理思想，也採納湯姆遜的分子渦旋的概念，於 1861 年借助以太模型，建立了場的力學模型，描述出電力、磁力傳播機制的理論系統；並採用了拉格郎吉（Lagrange）的分析力學方法，即不受任何力學模型限制的普遍形式來研究場。麥克斯威爾的電磁場理論產生了意外的涵義，即電磁波在以太中的傳播速度與光速相同，因而確立了光的電磁理論。在麥克斯威爾理論中，假如知道了場在某一時刻的情況，便可根據這個理論的方程式，推出整個場在空間和時間中所產生的變化。當時，麥克斯威爾就是借助了場的概念，而不是提出電磁體通過有限空間所謂直接的「超距」作用假設來建立的。1888 年赫茲（Heinrich Hertz, 1857~1894）公佈了電磁波的實驗觀測，證實麥克斯威爾電磁以太理論是正確的，並取代了 19 世紀德國物理學家們所提出的超距作用理論。

洛倫茲（Ludwig Lorenz, 1829~1891）與麥克斯威爾不同，麥克斯威爾把以太作為物質的一種狀態，洛倫茲則將兩者分別開來。洛倫茲認為以太本質上不同於普通物質，物質是由電子所組成的，以太與物質的關係，可用電磁場和電子的關係來解釋。他用粒子間所產生的力來解釋電的相互作用，而麥克斯威爾理論則強調，電的作用是以光速傳遞。洛倫茲堅信物理學概念的基礎是電磁學，而不是力學，萬有引力定律則可用電磁以太理論來解釋，力學定律被他視為是電磁學普遍定律的一種特例。他否定質量是不變的恆定量，並建立了相當準確的有關收縮假設之數學公式。他還認為電磁場就是無力學性質的以太，而不是非得從力學自然觀的觀點出發討論，場論是可以根據電磁學自身的本體觀來加以推廣。但要到 1900 年以太和場論的發展，才能對力學自然觀提出真正的挑戰。

蘋果為何會掉落到地面上？一般的回答是：因蘋果受到地球的吸引力。然而現代物理學所要表述的則不太一樣。對電磁現象更仔細的研究後，發現如果沒有某種中間媒介在其間起作用，超距作用的過程是不可能發生的。例如，磁石吸鐵，依法拉第的說法，磁石在其周圍空間，產生某種具有物理實在性的東西，稱之為「磁場」。而這磁場又作用於鐵塊上。若將這理論類比於地心引力的效應上，我們將認為：地球對蘋果的作用不是直接的，而是地球先在其周圍產生一引力場，引力場作用於蘋果，最終引起蘋果的下落運動。而

引力作用如何隨著物體與受作用物體的距離增加而減小，此時，我們開始會轉向考慮，或許支配空間中引力場性質的定律，是一個完全可確定的定律。

這個想法在二十世紀由德國物理學家愛因斯坦（Albert Einstein, 1879~1955）於 1905 年所發表的特殊相對論，開啟了第一扇門。他揭示了一切慣性系統的等效性，也證明了關於靜止以太的假設不能成立，因此必須放棄將電磁場看做是物質連續體的一種狀態之觀點。如此，場就成為物理概念中，不能再加以分解的基本概念。然而，在特殊相對論中，當運動質點速度接近光速時，牛頓所建立的慣性定律就失效了。愛因斯坦因此又於 1916 年發表廣義相對論，這個理論分析了引力問題，建立了引力場的新結構定律。在他的引力場中，光線會彎曲，他並以能適用於一切坐標系統的物理學定律嘗試去解釋一切自然現象。

三、重力概念相關研究

底下，將介紹國內外有關重力的相關概念研究報告。在國外研究報告中，最早研究兒童地球引力相關概念的是 Nussbaum 和 Novak（1976），研究中發現紐約二年級兒童缺乏地球引力的概念。Nussbaum（1979）發現以色列四至八年級兒童對於地球引力概念性的分佈，從自我中心觀念到更具概念性觀念會隨著年齡的增加而轉變。Mali 和 Howe（1979）研究發現尼泊爾十二歲的學生類似於美國國小二年級學生，缺乏及不了解地球引力概念。Stead 和 Osbone（1980）研究發現紐西蘭一至七年級學生，認為地球引力：是一種支持力、拉力及推力，可使鳥類飛翔，在水中是不存在的，或在大氣層頂端是最強的，或者是來自於空氣的一種吸引力，或是與地球的旋轉有關，且無法區別重量及地球引力的關係，並認為自由落體是自然現象，有些學生則認為月球是沒有吸引力等。Watts 和 Zylbersztajn（1981）研究倫敦十四歲學生，結果發現 80% 的學生認為月球因為沒有大氣或地球引力的緣故，所以沒有力存在。

Gunstone 和 White（1981）研究澳洲 Monash 大學物理系一年級學生，研究結果發現(1)學生認為重物比輕物下落得快；(2)學生知道很多物理學知識，但是無法與日常生活產生相關聯的連結；(3)學生會用數學式來解釋並預測現象，但是常在特定的情境中觀察不完全；(4)缺乏解釋預測的能力；(5)當問到他們看到什麼的時候，常會用數學式來表示而不做實際的觀察。Watts（1982）研究發現倫敦中等學校一至六年級的學生，認為地球引力需靠介質的傳遞、會隨著高度而增加、是固定不變的、是一個很大的力、作用對象是有選擇性的，及沒有空氣的地方就沒有地球引力，當物體下落時，地球引力開始作用直到物體靜止為止等。該研究並發現即使成績優異的兒童對地球引力亦可能存有另有概念。Nussbaum 和 Dagan（1983）研究結果發現以色列國小二年級學生經過錄音帶家教課程後(Audio-tutorial lessons)，約有 50% 達到概念改變，而且可達到未正式學習過地球引力課程的四年級學生程度，因此二年級學生可以進行有如天體地球的抽象概念的學習。Pulos 和 Sneider（1983）研究發現美國舊金山三至五年級的兒童，有 75% 相信空間有「絕對向下」的方向，而 25% 相信「向下」是指物體落向「地球的表面」。Piburn（1988）發現大學非理工科系的學生認為重力與溫度有關、行星所受

到的引力與太陽的距離有關、重力是由於摩擦生熱所產生的、地球重力場產生是由於地球旋轉的緣故、重力與磁力產生混淆、重力是使指南針偏向北極的物質、大氣的臭氧層與重力有關、因行星繞著太陽運行所以太陽是影響重力有無的重要因素、沒有生命的星球就沒有引力等迷思概念。Treagust 和 Smith（1989）研究發現西澳十年級學生認為行星的引力大小與太陽的距離有關、太陽的重力不但影響著四周行星的軌道而且也影響著行星的重力、行星的旋轉快慢及表面溫度會影響著行星引力的大小，而行星的旋轉快慢與密度大小與行星和太陽之間的相關位置有關等。

Graham 和 Berry（1992）研究結果發現英國六年級學生，有 40% 認為在不同星球上物體的質量會不同，而在相同高度下會同時落地。21% 認為不論在地球上或是在月球上，質量大的物體都會先落地。另外有 8% 則認為月球沒有引力，物體在月球上會飄浮著。Bar, Zinn, Goldmuntz 和 Sneider（1994）研究以色列四至十三歲兒童，大多數相信空氣為地球引力所必要的條件。Bar, Sneider 和 Martimbeau（1997）研究美國加利福尼亞州六年級學生。前測時，三分之二學生認為地球引力需要空氣才有作用。教學後，後測發現：仍有五分之一的學生認為地球引力需要空氣才有作用。Palmer（2001）研究 56 名六年級學生和 56 名十年級學生，結果發現 11% 的六年級學生和 29% 的十年級學生，認為地球引力是使物體落下的原因。89% 的六年級學生和 71% 的十年級學生，認為向上垂直運動的物體不受到地球引力作用、地球引力並不作用在靜止的物體上，也不作用在落體上、而會使向上垂直運動的物體向上運動。

國內有關地球引力相關研究報告如全中平（1992）研究國小五年級學生，15% 學生認為磁力、萬有引力才是力。姜滿和謝秀月（1994）發現一至五年級學生認為物體是絕對向下掉落，最後會落入太空、地球引力會使物體自然向地面掉落、有重量物體往下掉落，沒重量者往上飛、圓形物體才會掉落下來，其餘形狀不會掉下來、地磁或大氣層會使物體向地面掉落、地球引力會將物體吸向地球球心等。陳玉玲（2000）研究國小 156 名六年級學生，顯示具備高空間能力及低空間能力的學生各有 47.4% 及 3.9% 具有初步科學概念。吳慧娟（2001）研究發現國小二年級 9% 學生及五年級 19% 學生具有正確的地球引力概念。

綜上所述，在以七歲至十二歲年齡層的學生為研究對象的研究中，發現有以下各種對重力方面的另有概念：月球是沒有引力（Stead 等人, 1980; Watts 等人, 1981; Graham 等人, 1992）；沒有空氣的地方，就沒有地球引力（Stead 等人, 1980; Watts 等人, 1981; Watts, 1982; Bar 等人, 1994; Bar 等人, 1997）；地球引力需要靠介質傳遞（Watts, 1982）；靜止的物體不受地球引力的作用（姜滿等人, 1994; Watts, 1982; Palmer, 2001）；重量與地球引力無關（Stead 等人, 1980; Watts, 1982; Bar 等人, 1994）。

參、研究方法

一、研究對象

本研究對象為國中學過基本力學概念，但尚未學習過重力概念課程之國三學生，為了增加研究結果的可推廣性，本研究聯絡了台北縣市共七所願意參與的國中，均為常態編班之男女合班之公立學

校，學生多數來自中等社會之經濟背景。其中，除了 G 國中為資優班，F 國中的學生程度較弱之外，其餘均屬於中等程度之學生。參與研究的學生，則由這七所學校的理化教師指定一至三個班級之全班學生作為此次問卷調查的研究對象。問卷開發期間，由 A 校隨機抽取二個班級共 91 位國三學生進行預試。正式施測對象則為 340 人，扣除無效問卷 3 份，總計有效樣本人數為 337 人，其中男生 181 人，女生 156 人（參閱表 1）。晤談對象，則是從 A 國中的三個問卷施測班級及 C 國中的二個問卷施測班級中，由導師及理化科教師參考施測問卷結果並共同推薦理化科學業成就位於班級高、中、低程度，且口語表達能力較佳的學生各選取一名，總計 15 名學生進行晤談，其中包括八位男生及七位女生。

二、研究工具

本研究所使用的研究工具有半開放式紙筆問卷及半結構式晤談兩種，分述如下：

(一)半開放式紙筆問卷

該問卷可分為四部分：第一部份為學生基本資料，第二部分為**力初始概念**基本問題，為第一大題，共四小題，第三部分為**超距力**之相關基本問題，共三大題，合計十一小題，第四部分為**重力概念**之相關問題，共六大題（參閱表 2）。其中第二、三部分題目以是非題方式呈現，並要求學生在每個問題之後，寫下那些答案的理由。分為兩階段給分，第一階段是針對是非題型的答題正確與否給分，每答對一題得一分，答錯為零分。第二階段是針對理

表 1：施測研究樣本之基本資料

測試學校	班級數	男	女	合計
A 國中	3	44	36	80
B 國中	2	29	30	59
C 國中	2	33	24	57
D 國中	1	20	19	39
E 國中	1	19	22	41
F 國中	1	19	16	35
G 國中	1	17	9	26
總計	11	181	156	337

表 2：半開放紙筆問卷內容分析表

大題	概念	題數
一、	力（是非題）	4
二、	靜電力作用（是非題）	4
三、	磁力作用（是非題）	4
四、	地球引力作用（是非題）	3
五、	靜置在桌面上的書本（複選題）	4
六、	蘋果成熟後（複選題）	5
七、	高掛在天空中的月亮（複選題）	4
八、	太空人站在月球上，手中舉起石頭（複選題）	3
九、	太空人身體傾斜著單腳站立（複選題）	3
十、	為什麼地球不會離開太陽系（複選題）	3
合計題數		37

由部分，理由完全回答正確得兩分，部分正確得一分，錯誤或者未答者零分，故每個子題的得分範圍為零至三分，而第四部份為複選題。施測時間訂為 45 分鐘，由於預試時訂為 45 分鐘，故學生有足夠的時間回答。

問卷的專家效度乃建立在國內科學教育研究所及大學物理系等五位專家（一位科學教育專長及四位物理學專長），依據試題內容及問卷內容的雙向細目表進行審查。為了建立工具的效度，本研究先設計了一個雙向細目表，並分配題目，另做小規模的測試，期間陸續依預試的結果及接受不同專家的建議而作修改，前後歷經一年的時間，最後經過專家的認可而定稿。信度方面採評分者信度，研究者先將問卷理由逐題分類，再由一位國中理化科教師擔任問卷的分類者，將受測學生所填答的理由逐題檢視比對，之後研究者分別再將受測學生所填答的理由逐題檢視比對，最後統計結果，兩人歸類一致性達 89.2%。

(二)半結構式晤談

半結構式晤談的大綱是以半開放式問卷的第二、三、四部分的十大題為晤談大綱，設計四個情境共 20 個對於**超距力**的相關概念問題，其情境涵蓋著在地球上、地球以外及天體運行等問題，並輔以卡片的形式呈現（參閱圖 1）。每人晤談時間約為 30 至 40 分鐘。

肆、資料分析

一、學生對於力概念的瞭解

本研究欲探究學生對「產生力作用是否需要接觸」和「產生力作用是否需要介質傳遞」這兩個向度的答題表現與產生重力之另有概念及詮釋是否相關。而欲瞭解這些之前，必須先知道學生對於力概念瞭解的情況為何？研究者就研究中所提的問題及所收集到的資料結果進行分析。關於學生在第二部分有關力概念的四個小題，其表現整理如表 3：

(一)受測國三學生超過 90% 瞭解力不是物質（參閱表 3），但是其中認為力不是物質，而是能量，持此種想法的學生多達 32% 左右，這可能是與教師在教學過程中會提及自然界的存有是以物質及能量的兩種形式存在有關。例如，學生會說『力不是物質，算是一種能量，像是熱能』、『力是一種能量，因為力沒有質量和體積』、『力是一種能量，因為它可以讓物體變化』等。而能正確說出力不是物質且瞭解物質定義的，如類型 1 的「一般說明」所示，約有一成（11.3%）的學生（參閱表 4）。

(二)約有 60% 的受測學生知道「力是看不見的」，反之，將近四成的學生認為力是可以看得見的(參閱表 3)。晤談時，當研究者問到：『你看到力了嗎？』學生的回應：『力看得到啊，因為在未施力的情況下，它不是這個樣子，受力以後，它就整個壓扁了…』、『就是施力就會造成形變或運動狀態改變…』、『手向小皮球向下施力…』等（參閱表 5）。在物理學上，力不是物質，也看不見，我們知道物體受到力作用，是因為力會使得物體產生形狀的改變或是發生了運動狀態的改變。Chi（1992）認為對初學物理的學生來說，容易將力視為「物質」，而事實上它是「過程」屬性，此時，學生會將「過程」屬性歸類至「物質」屬性，因此有些學生會認

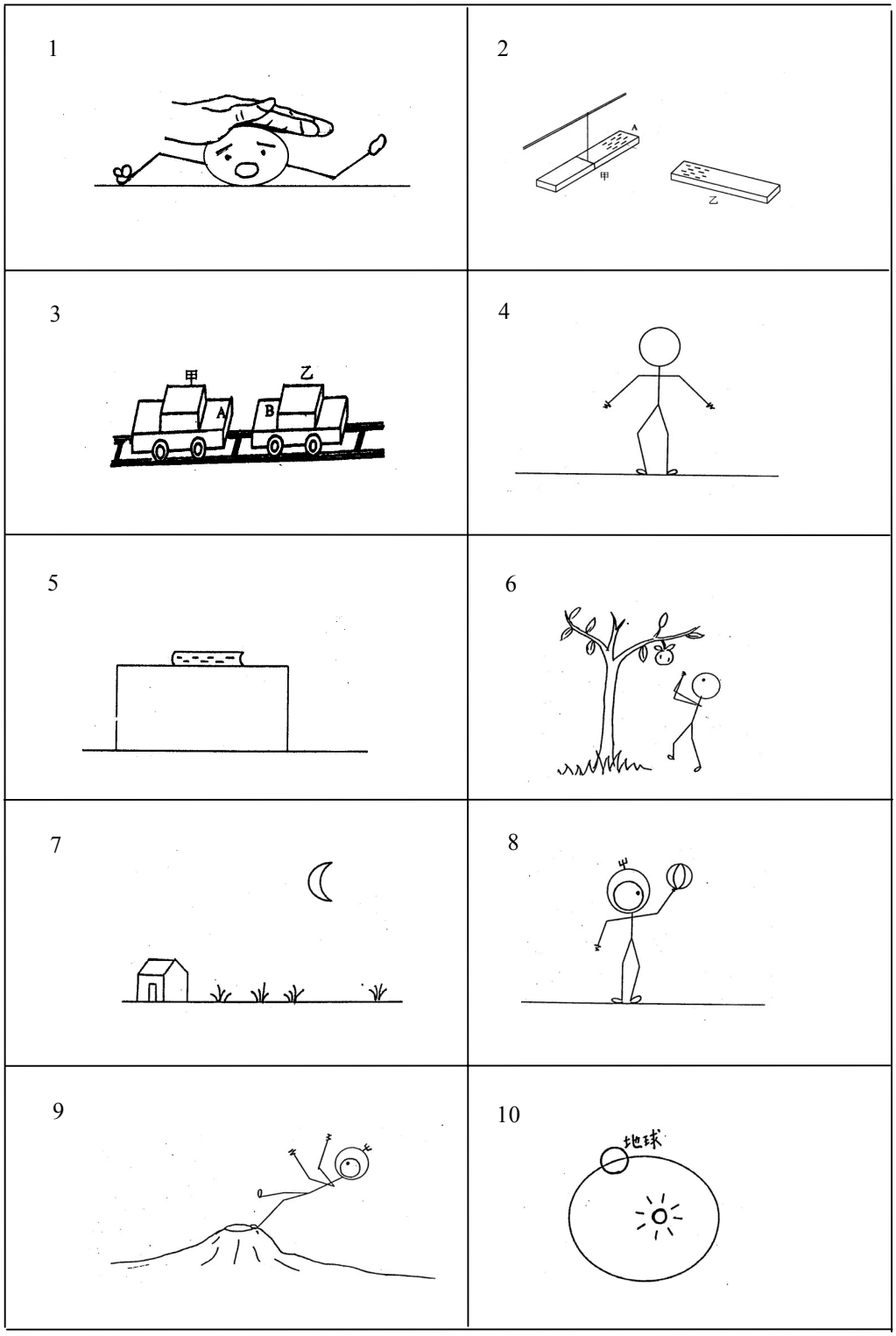


圖 1：半結構式晤談卡片呈現的順序

表 3：學生對於力的初始概念之四小題答對表現統計表（N = 337）

概念	力不是一種物質	力是看不見的	發生力作用不需介質	力對物體產生的影響看得見	完全答對
答題人數	304（90.2%）	202（59.9%）	161（47.8%）	281（83.4%）	73（21.6%）

表 4：學生對力是一種物質，它的名稱叫做力所持之理由的分類統計表（N = 337）

A、回應：（否，力不是一種物質）			B、回應：（是）	
類　型	理　由	填答人數（百分比）	理　由	填答人數（百分比）
1. 力的性質－－				
●正確物理概念	力是一種力量/是一種向量	32（9.5%）		
●一般說明	它是看不到的，摸不到的，蠻虛幻的/力是沒有形體的（是無形的東西）/因為力沒有質量、體積/不是實體/不占空間	38（11.3%）		
●模糊口語說明	力是一種能力/力是抽象的/是一種型態/	10（2.9%）		
●錯誤說明	力是一種能量	105（31.2%）		
2. 力的作用效果	力是一種動作	1（0.3%）	有質量、有大小看不見但感覺得到	1（0.3%）
3. 力的來源	由手練出來的/機器/人產生的	3（0.9%）		
4. 力的例子	力是一種重力	1（0.3%）		
5. 題意－－				
●誤解題意		6（1.8%）		
●否定題意	不是物質/非物質	91（27.0%）		
●部分否定題意	不一定是一種物質，像磁力、壓力	14（3.9%）		
6. 其他－－				
●直覺			直覺	19（5.8%）
●空白、不知道	不知道	3（0.9%）	空白	8（2.4%）
●其他			其他	5（1.5）

為力是可以看得見的。

(三)約有 47.7% 的受測學生瞭解，發生力作用時，不需要靠物體作為媒介（參閱表 3）。而將近有五成的學生認為，發生力作用時，需要靠物體作為媒介，這與國外文獻研究相似，例如 Watts（1982）發現學生認為地心引力是要靠介質傳遞的。研究者由答題學生所敘述的理由及深入晤談的結果（參閱表 6），整理出兩個主要的觀察發現：

●學生認為發生力的作用時，物體本身就是媒介物。

例如，學生的理由寫到：『力和聲波一樣都需要介質…』、『如果沒有物體作介質，只有手出力，應該沒有什麼作用吧…』、『不然怎麼會看到受力？…』等。

●條件式的詮釋：認為超距力就不需要

表 5：學生對力是否可以看得見所持之理由的分類統計表（N = 337）

A、回應：（否，力是看不見的）			B、回應：（是）	
類　型	理　由	填答人數（百分比）	理　由	填答人數（百分比）
1. 觀察到的是力的作用結果	力看不見，力的作用會改變物體形狀（形態）/力表現在物體的形體/小皮球受到施力而向下變形 /應該是用力的結果	125（37.1%）	作用結果看得到，力就看得到	36（10.7%）
2. 與物體有關－				
●與受力體特性有關	如果是硬物，形狀沒有改變，便看不見，但還是有被施力	3（0.9%）		
●與施力體特性有關	力看不見，力是附在手中的	1（0.3%）		
●要和東西有關才看得見	力是要其他東西襯托出的/必須要有東西/物體/，才能使出力/用力時，要有實體才看得到	15（4.4%）		
3. 舉例－－				
●正確例子	力看不見，例如風力、大氣壓力、超能力、重力	16（4.7%）	接觸力	1（0.3%）
●錯誤例子	小皮球被壓扁，並沒有看到一樣東西把它壓扁	2（0.6%）	能量被看到	2（0.6%）
4.題意－－				
●肯定			對，力是可以看得見的	11（3.3%）
●否定	力看不見/是無形的	54（16.0%）		
●部分否定	力不見得可以看得見	11（3.2%）		
5.錯誤的敘述和誤解－				
●錯誤的敘述	小皮球被壓扁了，並不代表是力的作用/力的本身	20（5.9%）		
●不完整的敘述	內部氣體被壓/力只是個形容詞	4（1.2%）		
●誤解答非所問		20（5.9%）		
6.其他－－				
●直覺			直覺	5（1.6%）
●沒有答理由			沒有答理由	11（3.3%）

媒介物，而接觸力則需要媒介物。

部分學生在力概念基模的原型中，將接觸的物體視為媒介物，認為物體需要接觸才會發生推或拉的現象，因此認為接觸才會產生力作用。

(四)約有 83.4% 的學生認為力對物體

表 6：學生對力的發生是否必須要靠物體做為媒介所持之理由的分類統計表（N = 337）

A、回應：（否，要發生力的作用，不需要靠物體做為媒介）			B、回應：（是）	
類　型	理　由	填答人數（百分比）	理　由	填答人數（百分比）
1. 條件				
●媒介是力作用的條件			是力的作用條件	71（21.2%）
●媒介指施力物或受力物	物體作為媒介，才能產生改變/力的存在，只是須藉物體來表達	29（8.6%）	視媒介為施力物或受力物	22（6.5%）
2. 舉例	不一定要有，像風吹、地球引力、靜電力、超距力、磁力、大氣壓力就不需要/非接觸力就不需要/用力揮拳，不需要媒介	99（29.4%）	真空中無法發生力	25（7.4%）
			浮力都要有媒介/如空氣	2（0.6%）
			壓小皮球，就須媒介	4（1.2%）
3. 否定題意	不用物體當媒介/不需要	30（8.9%）		
4. 誤解、答非所問		21（6.2%）	誤解	1（0.3%）
5. 其他－－				
●直覺			直覺	8（2.3%）
●空白	空白	20（5.9%）		
●其他			其他	5（1.5%）

產生的影響是看得見的（參閱表 3），理由的敘述也環繞著物體的形狀改變及運動狀態的改變（參閱表 7）。但是也有部分的學生，憑著眼見為實的感覺來詮釋自然界的現象，認為力對物體產生的影響不一定看得見，舉出了「看不見力對物體產生的影響」的理由，例如：『看施力的對象位置，大小，例如用力敲打岩石就看不到效果...』、『風吹，就看不到...」、「沒辦法移動椅子，是因為力不到最大靜摩擦力，看不出椅子在移動...』、『大氣壓力很大，我們卻沒有產生形變，因為身體中也有一股力和大氣壓力相抗衡...』、『推牆壁時，牆壁沒有發生什麼變化...』等。

學生對於「力對物體產生的影響是否看得見？」的概念，各有見解。正如 Laudan 的研究傳統理論，解決問題與理論的真偽無關（陳衛平譯，1997）。在學生科學學習的詮釋意涵上，學生所存的直觀概念主導了對外界自然現象的解釋，這些存在的理論架構，會不論真偽的在日常生活經驗中不斷的被用來解釋現象。

二、「介質傳遞」及「是否接觸」概念之表現

為了進一步瞭解學生在「產生力作用是否需要接觸」及「產生力作用是否需要介質傳遞」這兩個概念的表現，本研究接著探討學生在這兩個相關概念其表現之間是否具有統計上的差異。在第二、三部分的半開放式問題之是非題中，對於「是否接觸」、「介質傳遞」等二個向度的得分差

表 7：學生對於力對物體產生的影響是否看得見所持之理由的分類統計表（N = 337）

	A、回應：（是）		B、回應：（否）	
類　型	理　由	填答人數（百分比%）	理　由	填答人數（百分比%）
1. 物體				
●與施力物有關			和施力物有關	5（1.5%）
●與受力物有關	影響反應在物質（物體）上，所以看得見/因為把力的力氣用到皮球上/沒有物體，就沒有力的存在	52（15.4%）	和受力物有關	1（0.3%）
2. 反應效果	因為所施的力愈大，產生的效應愈大/愈用力它就彈得愈高	41（12.2%）	力太小就看不見了/必須大於摩擦力/只要在磁場範圍內即可/作用力要大於物體本身的重量	17（5.0%）
3. 舉例	若不施力，小皮球便不會彈跳/拍打小皮球，球會彈起/彈力/用眼睛看到/看靜電力是否是負電	69（20.5%）	舉例	7（2.1%）
4. 力的性質	力會影響受力物體的方向和運動狀態和形狀的改變	40（11.9%）		
5. 題意－－				
●肯定	是的/看得到	22（6.5%）		
●否定			否定題意	7（2.1%）
●部分否定			不一定	16（4.7%）
6. 誤解、答非所問		20（5.9%）		
7. 其他－－				
●直覺、常識	直覺或以常識判斷	5（1.5%）		
●空白、不知道	空白或不知道	32（9.5%）		
●其他			其他	3（0.9%）

異，利用 SPSS 11.0 版進行描述性統計分析、二因子變異數分析（two-way ANOVA）及相依樣本 t 考驗（2-samples-related t test）等進行量化之分析，藉以瞭解國三學生對於重力相關概念的瞭解。

由於這兩個概念之間的題數不同，並不方便比較，故將各概念答題的總得分除以題數，再對各概念的平均得分進行統計考驗。每題總分為 3 分，「是否接觸」共計三題，滿分 9 分，「介質傳遞」共計四題，滿分 12 分，各再除以題數，經此處理後，兩個次量尺的滿分皆為 3 分，最低分數為零分。

經過上述處理之後，結果發現學生在「是否接觸」次量尺的平均表現為 1.82 分，標準差為 0.67 分，而在「介質傳遞」

次量尺的平均表現為 1.48 分，標準差為 0.69 分（參閱表 8）。經配對 t 考驗（paired t test）後，得 t（336）= 8.441，$p < .001$，達統計上的顯著水準。但由於樣本數較大，從而 t 考驗的統計考驗力較大，因此本研究另外計算學生在「是否接觸」與「介質傳遞」次量尺之間的表現差距之 95% 信賴區間，得（0.26 分，0.42 分）。這反映出學生的答題表現在「是否接觸」概念平均得分較「介質傳遞」概念平均得分，最高可達 0.42 分，最低也有 0.26 分的差別，這約略可詮釋為學生在「是否接觸」的表現較在「介質傳遞」的表現優出四分之一至半題左右。綜合來說，這群學生在「是否接觸」方面的題目平均略優於在「介質傳遞」方面的題目。

另以情意方面的考量，再分析學生對理化學科的喜愛，以及對理化老師的愛戴是否會與學生的表現有關。

(一)「介質傳遞」概念之表現

從表 9 得知，有關「介質傳遞」題目方面，由二因子變異數分析（two-way ANOVA）得知，喜歡理化學科與喜歡理化老師變數之間並沒有顯著的交互作用（interaction effect）。而喜歡理化老師的主要效應（main effect）未達顯著水準，但喜歡理化學科的主要效應則達顯著水準，F（1，328）= 15.053，$p < .001$。由於是否喜歡理化學科只有兩組，若只從「介質傳遞」評量的平均得分表現來看，喜歡理化學科的學生在「介質傳遞」評量平均得分為 1.80 分，而未選擇喜歡理化學科者的平均得分為 1.40 分，顯示出喜歡理化學科的學生在「介質傳遞」評量平均得分優於未選擇喜歡理化學科的學生，惟喜歡理化學科這個因子的關聯強度 ω^2 值只有 4.27%，關聯性頗低，故這個部分的資料不宜過分詮釋。

表 8：國三學生在「介質傳遞」與「是否接觸」能力題目的平均表現

	平均值	人數	標準差
介質評量平均得分	1.482	337	0.6906
接觸評量平均得分	1.822	337	0.6701

(二)「是否接觸」概念之表現

有關「是否接觸」題目方面的表現，喜歡理化學科與喜歡理化老師變數之間，並沒有顯著的交互作用（參閱表 10）。而喜歡理化老師的主要效應也未達顯著水準，但喜歡理化學科的則達顯著水準，F（1，328）= 29.217，$p < .001$。進一步分析，從「是否接觸」評量平均得分表現來看，喜歡理化學科的學生在「是否接觸」評量平均得分為 2.22 分，而未選擇喜歡理化學科者的平均得分為 1.72 分，顯示喜歡理化學科的學生在「是否接觸」評量平均

表 9：「介質傳遞」評量平均得分中學生不同背景的二因子變異數分析（N = 337）

變異來源	SS	df	MS	F	*p* 值
喜歡理化學科	6.803	1	6.803	15.053**	0.000
喜歡理化老師	1.654	1	1.654	3.661	0.057
喜歡理化學科*喜歡理化老師	0.047	1	0.047	0.104	0.747
誤差	148.237	328	0.452		
總和	158.748	331			

** $p < .01$

表 10：「是否接觸」評量平均得分之學生不同背景的二因子變異數分析（N = 337）

Source	SS	df	MS	F	*p* 值
喜歡理化學科	11.928	1	11.928	29.217**	0.000
喜歡理化老師	0.001	1	0.001	0.003	0.057
喜歡理化學科*喜歡理化老師	0.682	1	0.682	1.671	0.747
Error	133.912	328	0.408		
Total	148.730	331			

** $p < .01$

得分顯著高於未選擇喜歡理化學科的學生。然而，喜歡理化學科這因子的關聯強度ω^2值只有 7.72%，故亦不宜過分詮釋。

綜上所述，學生在有關「是否接觸」方面題目的表現略優於在「介質傳遞」方面的題目。而學生喜歡理化學科和「介質傳遞」題目及「是否接觸」題目上均達到顯著水準。探討學生詮釋「產生力作用是否需要接觸」的概念中，其背後的原因在於較能從日常生活經驗中取得驗證，例如，兩磁鐵不需接觸即可產生相吸或相斥的現象、摩擦過的塑膠尺不需接觸即可吸引小紙片等。分析學生對於力初始概念的了解，發現學生對於「產生力是否需要介質傳遞」的詮釋中，超過五成的學生認為要發生力作用時，需要靠物體作為媒介。認為空氣是發生超距力作用的重要因素，國外文獻中亦有同樣的發現（Stead 等人, 1980; Watts 等人, 1981; Watts, 1982; Bar 等人, 1994; Bar 等人, 1997）。研究者推測國中學生在日常生活中可能尚沒有真空的經驗，因此，在沒有空氣的情境之下，學生會利用假設、臆測或創思的自我建構方式來解釋現象，認為如果沒有空氣，在地球上的超距力的現象就不會發生。

三、重力概念之表現

本研究從不同情境來設計重力的相關問題，其情境涵蓋在地球上、地球以外及天體運行等問題。在半開放式問卷裡第四部分有關重力概念的六大問題中，與「介質傳遞」相關的題目中共有四小題，與「是否接觸」相關的題目中共有六小題，其有關重力概念問卷內容分析參閱表 11。

本研究以「介質傳遞」和「是否接觸」的平均得分差異作為分組的基準，各概念評量得分之前二分之一為高分群組及後二分之一為低分群組。其高低分群組作交叉組合後，共可分為四種組合，其組合人數統計表參閱表 12。

由於以下分析的三個不同情境的六大主題均為複選題，故每大題的各選項之總人數大於受測者 337 人，其百分比率亦大於百分之百。

(一)情境一：地球上

1. 靜物受力之概念分析

本題是以日常生活經驗為事例，為瞭解學生對於物體靜置桌上不動時，對於力作用的另有概念看法。

由表 13 的結果顯示，選答（a）的全體受測學生與各組受測學生選答此題的比例，約懸殊於 23% 至 33% 之間。整體學生選答（b）概念的比例最低（9.8%），顯示出約有九成的學生，知道書本未接觸地球表面，但仍受到重力的影響。四種組合中，其中含「是否接觸」評量中的低分群組

表 11：半開放式問卷有關重力概念之內容分析表

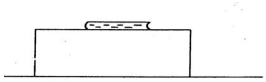
大題	概念	生活經驗判斷題數	接觸評量題數	介質評量題數	合計題數
五、	靜置在桌面上的書本（複選題）	3	1	0	4
六、	蘋果成熟後（複選題）	3	1	1	5
七、	高掛在天空中的月亮（複選題）	2	1	1	4
八、	太空人站在月球上，手中舉起石頭（複選題）	1	1	1	3
九、	太空人身體傾斜著單腳站立（複選題）	1	1	1	3
十、	為什麼地球不會離開太陽系（複選題）	2	1	0	3
合計題數		12	6	4	22

表 12：「介質傳遞」和「接觸作用」概念評量之交叉分組人數統計表（N = 337）

介質評量	高分群	高分群	低分群	低分群
接觸評量	高分群	低分群	高分群	低分群
人數	118（35.1%）	25（7.4%）	111（32.9%）	83（24.6%）

表 13：「靜置在桌面上的書本，為什麼不會掉落到地面上？」答題表現統計表

靜置在桌面上的書本，為什麼不會掉落到地面上？（可複選）



（a）因為這是地球上物體的自然現象。

（b）因為書本未接觸地球表面，所以書本不受地球引力的影響。

（c）因為桌子擋住了，所以書本沒有受到向下拉力的作用。

（d）因為桌子施予書本向上的力大於向下的拉力。

✦（e）其他。請說明理由：（桌子的支撐力等於地球引力）

組別＼選項	a	b	c	d	✦e	總人數
$+_A+_B$	39（33.1%）	4（3.4%）	16（13.6%）	28（23.7%）	67（56.8%）	118
$+_A-_B$	6（24.0%）	5（20.0%）	9（36.0%）	10（40.0%）	7（28.0%）	25
$-_A+_B$	29（26.1%）	6（5.4%）	34（30.6%）	46（41.4%）	32（28.8%）	111
$-_A-_B$	19（22.9%）	18（21.7%）	41（49.4%）	30（36.1%）	14（16.9%）	83
全　體	93（27.6%）	33（9.8%）	100（29.7%）	114（33.8%）	94（27.9%）	337

註：✦表示正確答案；$+_A$、$-_A$表示「介質傳遞」評量高分群組、低分群組
$+_B$、$-_B$表示「是否接觸」評量高分群組、低分群組

合，選答（b）的人數比率均在二成左右（即$+_A-_B$：20.0%、$-_A-_B$：21.7%）高於含「是否接觸」評量中的高分群組合（即$+_A+_B$：3.4%、$-_A+_B$：5.4%）。約有一成三高分群組合的學生選答（c），其餘各組合均超過三成以上的學生選答，這顯示較

多低分群組合學生，認為重力是可以被阻隔的。此外，有三成以上（33.8%）的受測學生選答（d）選項，這群學生基本上知道書本受有向下的拉力，只是在較高層次的靜力平衡概念中，缺乏正確的力學概念，認為靜置桌上的物體不會掉下來，是因為向上的力大於向下的力。有未及三成（27.9%）的受測學生答對此題，即桌子的支撐力等於重力。

2. 自由落體之概念分析

此題是測試學生對於物體為什麼會掉落地面看法，藉此瞭解學生對於物體受到重力作用的詮釋及另有概念。

表 14 結果顯示，整體選答（a）的比例不超過一成（8.3%），顯示大部分學生知道蘋果受到一個向上的拉力。整體選答（b）的比例約為二成（19.9%），而高分群組合（$+_A+_A$）的學生中，也約有二成（21.2%）的比率選答，顯示出高分群組合的學生對於生物的自然現象存有的另有概念與力學的科學概念是可以共存的，這類似於拉卡托斯的研究綱領，同一領域同一時期中，有許多研究綱領是具有共存性的（Lakatos, 1978）。低分群組合（$-_A-_B$）的學生選答（c）有 24.1%，為各組中比例最高。在前述分析力初始概念中，超過五成（52.2%）的學生認為發生力的作用需要靠介質傳遞，研究者推測低分群組合的學生認為發生力作用時，物體間需要接觸，而蘋果因為在地球大氣層內，故認為是與地球接觸了，因而認同有空氣存在，蘋果才會掉下來。整體選答正確答案（d）約 53.7%，超過半數以上，及（e）約 76.6%，超過四分之三的學生，而高分群組合（$+_A+_B$）有 91.5% 選答此項，答題比率最低的低分群組合（$-_A-_B$）亦有 60.2%。在交叉分組各組中選答（e）的表現百分比均高於其它的選項，這顯示出大部分的學

表 14：「為什麼蘋果成熟後會掉落到地面上，而不會往上飛到空中？」答題表現統計表

為什麼蘋果成熟後會掉落到地面上，而不會往上飛到空中？（可複選）

（a）因為蘋果靠近地球，不會有向上的力作用在蘋果上。

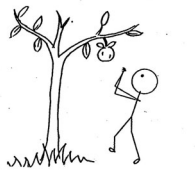
（b）因為蘋果樹要繁衍，這是生物界的自然現象。

（c）因為蘋果和地面之間有空氣存在，蘋果才能掉下來。

✦（d）樹枝對蘋果有向上的拉力，此力在蘋果成熟時小於地球吸引力。

✦（e）因為地球對蘋果施有一個向下的作用力。

（f）其他



組別＼選項	a	b	c	✦d	✦e	f
$+_A+_B$	8（6.8%）	25（21.2%）	4（3.4%）	71（60.2%）	108（91.5%）	11（9.3%）
$+_A-_B$	3（12.%）	8（32.0%）	4（16.0%）	15（60.0%）	17（68.0%）	4（16.0%）
$-_A+_B$	10（9.0%）	20（18.0%）	15（13.5%）	55（49.5%）	83（74.8%）	22（19.8%）
$-_A-_B$	7（8.4%）	14（31.5%）	24（24.1%）	48（48.2%）	50（60.2%）	10（12.0%）
全　體	8（8.3%）	68（19.9%）	43（12.8%）	181（53.7%）	258（76.6%）	47（13.9%）

註：✦表示正確答案；$+_A$、$-_A$表示「介質傳遞」評量高分群組、低分群組

$+_B$、$-_B$表示「是否接觸」評量高分群組、低分群組

生知道在地球上物體會下落是受到地球施給物體的一個向下的力。

當在地球環境下，約三成左右比例的受測學生會以現象經驗來詮釋重力的相關概念，認為靜置在桌面上的書本，會掉落到地面上，是地球上物體的自然現象。低分群組合的學生在重力相關概念，具有「認為物體可以阻隔重力」、「物體靜止不動是因向上的力大於向下的力」的另有概念比例較高。並且在生活所見的事例中，確實存在著利用接觸才會發生力的作用的概念來詮釋重力現象。將近七成的學生對於蘋果成熟後會掉落到地面上，能認同因為地球對蘋果施有一個向下的作用力，顯示出雖然學生在學校尚未正式學習萬有引力的概念，但是對於生活在地球環境下的事例，亦具備部分的科學概念。

(二)情境二：月球

3. 物體在月球上之概念分析

此題為探討學生對於在月球上的物體，是否會受到月球引力作用的看法。

表 15 結果顯示，將近一半（47.5%）的受測學生持有（c）「放手後，石頭會逐漸飄離月球」的另有概念。他們認為月球上的物體不會掉落到月球表面，而會飄浮在月球上空，或是飄離月球，顯示學生認為物體在月球上沒有受到月球引力的作用。其中在本研究中，接觸評量低分群的組別中（$+_A-_B$：68.0%、$-_A-_B$：60.2%）超過六成以上的受測學生認為，當太空人放手後，石頭會逐漸飄離月球。僅有 24.6% 的全體受測學生答對（b）選項，他們認為物體在月球上會受到月球引力作用，所以月球上的物體會掉落到月球表面上。但各組答對的比例差異頗大，高分群組合（$+_A+_B$）有 40.7% 答對，高分群組合的學生比低分群組合的學生具有較正確的科學概念。

4. 太空人在月球表面之概念分析

上題中提及手放開後物體沒有直接接

表 15：「太空人站在月球上，手中舉起一個石頭，固定在某一個位置後，然後輕輕的將石頭放開，則該石頭將會如何移動？」答題表現統計表

太空人站在月球上，手中舉起一個石頭，固定在某一個位置後，然後輕輕的將石頭放開，則該石頭將會如何移動？（可複選）

（a）放手後，石頭會在放手的位置處保持同一高度，飄浮不動。

✦（b）放手後，石頭會直接掉落到月球表面。

（c）放手後，石頭會逐漸飄離月球。

（d）其他



組別 / 選項	a	✦b	c	d	總人數
$+_A+_B$	25（21.2%）	48（40.7%）	8（32.2%）	13（11.0%）	118
$+_A-_B$	6（24.0%）	6（24.0%）	17（68.0%）	2（8.0%）	25
$-_A+_B$	36（32.4%）	18（16.2%）	55（49.5%）	18（16.0%）	111
$-_A-_B$	25（30.1%）	11（13.3%）	50（60.2%）	7（8.4%）	83
全體	2（27.3%）	83（24.6%）	160（47.5%）	40（18.9%）	337

註：✦表示正確答案；$+_A$、$-_A$表示「介質傳遞」評量高分群組、低分群組
$+_B$、$-_B$表示「是否接觸」評量高分群組、低分群組

觸月球表面，而在這一題中，則提及太空人是直接與月球接觸，藉由這兩題的比較，進一步探究受測者對於地球以外的世界是否會因物體的接觸與否所持的另有概念。並瞭解學生對於人類在月球上是否受到月球引力作用的看法。

超過七成以上的全體受測學生選答（a）（參閱表 16），認為在月球上的太空人會飄浮在月球上，其中比率最低的為高分群組合（$+_A+_B$）亦有 66.9%，對於這概念的來源，研究者推測除了認為月球沒有引力之外，另外可能的來源是從媒體的科幻影片中得到的印象。而整體答對（b）選項約三成（32.1%）。高分群組合（$+_A+_B$）選答的人數百分比（46.6%）高於低分群組合的選答人數百分比（22.9% 至 28.0%），顯示高分群組具有的正確科學概念較優於低分群組的科學概念。

由 3 及 4 的例題中，探討月球上的物體是否受到月球引力的看法，顯示出「介質傳遞」評量與「是否接觸」評量中高分群組合的學生比低分群組合的學生較具有正確的科學概念。學生在超距力基本概念中，認為力的作用需要靠介質傳遞或是發生力的作用必須接觸才有效應的另有概念，會干擾到學生對引力的詮釋。

(三)情境三：天體運行

5. 月球繞地運行之概念分析

由於學生生活在地球的環境中，對地球上發生的事情較能體會，因此設計此題，藉以瞭解學生對於地球環境以外的星體，是否受到重力的影響，其另有概念為何？

學生的答題顯示（參閱表 17），不論是全體受測學生或是在每種類型的分組中，選答（a）的選項中，都超過五成的比例，他們認為月球有固定的軌道，所以不會掉下來，這也呼應了前述所分析學生

表 16：「如果太空人身體傾斜著，單腳站立在月球表面上的隕石坑邊緣，則該太空人接下來將會有什麼遭遇？」答題表現統計表

如果太空人身體傾斜著，單腳站立在月球表面上的隕石坑邊緣，則該太空人接下來將會有什麼遭遇？（可複選）

（a）太空人將會離開隕石坑，飄浮在月球上。

✦（b）太空人將會跌落在月球的表面上。

（c）如果太空人不改變姿勢，他會自然的繼續維持原來的姿勢。



（d）其他。

組別 / 選項	a	✦b	c	d	總人數
$+_A+_B$	79（66.9%）	55（46.6%）	37（31.4%）	3（2.5%）	118
$+_A-_B$	22（88.0%）	7（28.0%）	4（16.0%）	1（4.0%）	25
$-_A+_B$	86（77.0%）	27（24.0%）	41（36.9%）	1（0.9%）	111
$-_A-_B$	69（83.0%）	19（22.9%）	24（28.9%）	5（6.0%）	83
全　體	256（75.9%）	108（32.1%）	106（31.5%）	10（2.9%）	337

註：✦表示正確答案；$+_A$、$-_A$表示「介質傳遞」評量高分群組、低分群組
$+_B$、$-_B$表示「是否接觸」評量高分群組、低分群組

表 17：「高掛在天空中的月球為什麼不會掉到地球上？」答題表現統計表

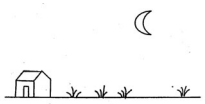
高掛在天空中的月球為什麼不會掉到地球上？（可複選）

（a）因為月球有固定的軌道，所以不會掉下來。

（b）因為月球和地球沒有接觸，所以月球不受地球引力的影響。

（c）因為月球和地球之間有一個排斥力，此力與地球引力平衡了。

（d）因為月球在地球的大氣層外，所以月球不受地球引力的影響。



✦（e）其他。請說明理由：（地球對月球的吸引力提供月球繞地球運行的向心力）

組別 / 選項	a	b	c	d	✦e	總人數
$+_A+_B$	60（50.8%）	20（16.9%）	38（32.2%）	39（33.1%）	20（16.9%）	118
$+_A-_B$	16（64.0%）	8（32.0%）	3（12.0%）	19（76.0%）	1（4.0%）	25
$-_A+_B$	58（52.3%）	24（21.6%）	18（16.2%）	62（55.9%）	13（11.7%）	111
$-_A-_B$	46（55.4%）	26（31.3%）	16（19.3%）	36（43.4%）	5（6.0%）	83
全　體	108（53.4%）	78（23.2%）	75（22.3%）	156（46.3%）	39（11.3%）	337

註：✦表示正確答案；$+_A$、$-_A$表示「介質傳遞」評量高分群組、低分群組
$+_B$、$-_B$表示「是否接觸」評量高分群組、低分群組

對於力初始概念的了解，學生會用日常經驗的直觀反應來詮釋現象。在選答（b）的學生中，接觸評量低分群組的組合中（$+_A-_B$、$-_B-_B$）選答此項各有三成多的比例（32.0%、31.3%），顯示出接觸評量的低分群組學生會持有物體必需接觸才會發生力作用現象的概念。這與「靜置在桌面上的書本，為什麼不會掉落到地面上？」的概念分析中也發現「是否接觸」評量的低分群組學生有同樣的現象。

高分群組合（$+_A+_B$）約有 32.2% 持有（c）的另有概念，為各群組中答題比例最高，研究者推測高分群組合的學生在力學概念詮釋基模中，認為月球受有重力的影響，是為吸引力，而月球高掛天空不會掉到地球上，在靜力平衡概念下，必須有一力與吸引力平衡，此力則為排斥力。另外值得注意的是約有半數（46.3%）的學生持有（d）的另有概念，認為物體在地球大氣層外，是不受地球引力的影響。另外有 11.3% 的學生選答（e）其他，在敘明理由中，具有正確概念的學生僅 5~6%，乃因本研究的測試樣本中有一個班級是資優班學生，在課業加深加廣的學習前提下，比一般常態編班的班級學生具有較多的科學概念。

6. 地球繞太陽運行之概念分析

學生在國中階段的科學課程學習中，並不了解萬有引力概念，但由於現今學生攝取知識的資訊管道來源多元化及網絡的傳輸無遠弗屆，故此題的設計是探討國中三年級的學生對於科學知識的攝取及自行建構概念，所產生對天體運行的詮釋及另有概念。

由表 18 顯示，有 32.3% 的整體受測學生持有（a）的另有概念，他們認為地球繞太陽運行是自然現象，是以經驗現象來解釋天體的運行。有 54.0% 的整體受測學生持有（b）的另有概念，顯示學生對萬有引力概念不清楚，但是知道地球繞太

表 18：地球圍繞著太陽運行，為什麼地球不會離開太陽系，而在宇宙中運行？答題表現統計表

地球圍繞著太陽運行，為什麼地球不會離開太陽系，而在宇宙中運行？

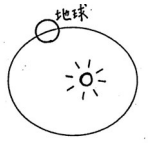
（可複選）

（a）因為地球圍繞著太陽運行，這是一個自然的現象。

（b）因為太陽周圍有固定的軌道線，地球必須在軌道上運行，不可隨意離開。

（c）因為其他星球對地球的拉力達到平衡了。

（d）其他。（✦地球與太陽之間的萬有引力提供地球繞太陽運行的向心力）



組別＼選項	a	b	c	✦d	總人數
$+_A+_B$	34（28.8%）	50（42.4%）	64（54.2%）	22（18.6%）	118
$+_A-_B$	14（56.0%）	18（72.0%）	14（56.0%）	1（4.0%）	25
$-_A+_B$	35（31.5%）	67（60.4%）	44（39.6%）	12（10.8%）	111
$-_A-_B$	26（31.3%）	47（56.6%）	41（49.4%）	5（6.0%）	83
全　體	109（32.3%）	182（54.0%）	163（48.4%）	40（11.9%）	337

註：✦表示正確答案；$+_A$、$-_A$表示「介質傳遞」評量高分群組、低分群組
$+_B$、$-_B$表示「是否接觸」評量高分群組、低分群組

陽旋轉有固定的軌道，而且不可偏離軌道。其中除了高分群組合（$+_A+_B$）答題率未達五成外，其餘各組都超過五成的答題率。另外有 48.4% 的整體受測學生持有（c）的另有概念，認為其他星球對地球所施的拉力達到平衡。在（d）選項敘明的理由中，有部分學生認為地球與太陽的吸引力和彼此間的排斥力會達到平衡的另有概念，他們認為地球繞著一定的軌道運行，必需符合力平衡的條件。因此在此題中無人答對正確答案。

有四成六的學生認為重力影響的範圍至大氣層，沒有空氣的地方就沒有重力。這與國外的文獻報告中具有同樣的結論，發現不同文化及不同年齡層的學生，亦存在著沒有空氣的地方就沒有重力的概念（Stead 等人, 1980; Watts 等人, 1981; Watts, 1982; Bar 等人, 1994; Bar 等人, 1997）。Vosniadou（1994）指出兒童對於物理現象所持有的心智模式種類，縱使文化不同的兒童也會出現類似的想法。

四、結論

在問卷中，從分析學生對力的初始概念的結果得知，學生對於「力的初始概念」是非題的選答中，有九成以上的學生知道力不是一種物質，將近六成的學生知道力是看不見，而約有一半的學生知道發生力作用不需要介質，並且有八成左右的學生知道力對物體產生的影響是看得見的。然而，四個概念完全答對的人數為 73 人，占受測人數 21.6%（參閱表 3）。顯然，學生雖然學過基礎的力學概念，但是能具備正確概念的，約二成左右。

學生對於詮釋重力概念的另有概念中，有的學生會以日常經驗的觀察為主，有的會依個人不同學習背景及自我建構產生綜合性的解釋架構，有的學生在熟悉的情境中存有正確的科學概念，但是在延伸至熟悉的生活環境以外的情境中，則會使

用已學習過的科學知識試圖解釋尚未學到的現象。尤其在超距力半開放式問卷中，發現喜歡理化學科的學生，很可能較能接受且吸收相關的科學知識。而在有關「介質傳遞」方面與「是否接觸」方面的問題中，高分群組的學生具有正確的科學概念較優於低分群組的學生。

整體來說，發現國三受測學生常出現的重力相關的另有概念可歸納如下：

1. 靜物受力之概念分析

約有 28% 認為是自然現象，30% 認為是因為桌子擋住了，所以物體不受向下的拉力作用，另外約有 34% 認為是施予物體向上的力大於向下的拉力。

2. 自由落體之概念分析：

約有 20% 認為是蘋果樹要繁衍為生物界的自然現象；另外約有 13% 認為是蘋果和地面之間有空氣存在，蘋果才能掉下來。

3. 物體在月球上之概念分析

約有 27% 認為石頭會保持在同一高度飄浮不動；另外約有 48% 認為石頭會逐漸飄離月球。

4. 太空人在月球表面之概念分析

約有 76% 認為太空人會離開隕石坑，飄浮在月球上；另外約有 30% 認為太空人會不改變姿勢，自然的繼續維持原來的姿勢。

5. 月球繞地運行之概念分析

約有 53% 認為是月球有固定的軌道；約有 23% 認為月球和地球沒有接觸，不受地球引力的影響；約有 22% 認為月球和地球之間有一排斥力，此力和地球引力平衡；而有 46% 認為月球在地球的大氣層外，不受地球引力的影響。

6. 地球繞太陽運行之概念分析

約有 32% 認為這是一個自然的現象；約有 54% 認為太陽附近有固定的軌道線，地球不可隨意離開；另外約有 48% 認為是其他星球對地球的拉力達到的平衡。

伍、討論與建議

本研究經晤談後，在「產生力作用是否需要介質傳遞」、「產生力作用是否需要接觸」的二個向度評量之下，發現學生在交叉分組的低分群組合中，多數是以直觀、經驗的信念發展出來的初始模式（initial model）為主，而且不受成人科學模式影響。高分群組合則較傾向於從觀察的經驗中，依個人文化背景及科學的解釋，所做的調和表徵而建構出的綜合性模式（synthetic model）。國三學生對於詮釋重力概念的心智模式，可分為四種類型：(1)經驗論模式；(2)大氣壓力論模式；(3)引力製造論模式；(4)準科學平衡論模式。本研究後續將繼續探究此一主題。

場的概念可以幫助學生想像地球是如何藉著「場」可施重力於蘋果。如沒有場做為媒介，學生是很難瞭解蘋果與地球、月球與地球甚至地球與太陽之間，它們是如何超越空間而產生交互作用。地球對蘋果的作用不是直接的，而是地球先在其周圍產生一引力場，引力場作用於蘋果，最終引起蘋果的下落運動。因此這部分建議未來的研究者能繼續探究高中學生，在力學的範疇下，如何用「力」及「力場」的概念來詮釋落體的現象。

誌　　謝

本論文完成承蒙台灣師範大學物理系姚珩教授、東吳大學劉源俊教授的協助指導及本學刊之審查與編輯委員精闢見解及

指正，特此誌謝。

參考文獻

1. 王克迪譯（1992）：**自然哲學之數學原理；宇宙體系**。武漢市：武漢出版社。
2. 王石安（1982）：**天文知識叢書（二）**。台北市：台灣中華書局。
3. 全中平（1993）：**國民小學五年級學生對力與運動概念之分析研究**。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
4. 吳慧娟（2001）：**利用臨床晤談法探究國小二年級及五年級兒童對地心引力之另有架構**。台北市：國立台北師範學院碩士論文（未出版）。
5. 余秀麗（2003）：**探討國三學生對於重力概念之了解及心智模式**。台北市：國立台灣師範大學碩士論文（未出版）。
6. 邱美虹（2000）：概念改變研究的省思與啟示。**科學教育學刊**, **8**(1), 1-34。
7. 林清山譯（1990）：**教育心理學—認知取向**（初版）。台北市：遠流出版事業股份有限公司。
8. 林清山（1995）：**心理與教育統計學**（初版）。台北市：台灣東華書局股份有限公司。
9. 林多樑譯（1985）：**物理定律的特性**（七版）。台北市：台灣中華書局。
10. 林多樑和錢相譯（1979）：**現代物理**（四版）。台北市：台灣中華書局。
11. 姚珩（1998）：**物理學的基礎:力學**（初版）。台北市：台灣書店。
12. 洪振方（2000）：**近代科學的發展**。台北市：台灣書店。
13. 姜滿和謝秀月（1994）：**國小學童對地球形狀及地心引力之另有概念研究**。載於中華民國第十屆科學教育學術研討會論文彙編（pp. 415-432）。台北市：國立台灣師範大學。
14. 陳衛平譯（1997）：**科學的進步與問題**。台北市：桂冠圖書股份有限公司。
15. 陳玉玲（2000）：**概念改變教學策略對地球運動概念之教學效果—以國小六年級學生為例**。台北市：國立政治大學博士論文（未出版）。
16. 郭沂譯（1997）：**物理學的進化**。台北市：水牛圖書出版事業有限公司。
17. 郭奕玲和沈慧君（2001）：**物理學史**。北京：清華大學出版社。
18. 國立編譯館（2000）：**國民中學選修理化教師手冊第四冊**。台北市：國立編譯館主編。
19. 國立編譯館（2000）：**國民中學理化教師手冊第四冊**。台北市：國立編譯館主編。
20. 國立編譯館（2002）：**國民中學選修理化教師手冊第一冊**。台北市：國立編譯館主編。
21. 國立編譯館（1991）：**高級中學物理**（第一冊）。台北市：國立編譯館主編。
22. 舒煒光（2000）：**科學哲學導論**（初版）。台北市：五南圖書出版公司。
23. 彭萬華譯（2001）：**近代科學的建構:機械論與力學**。上海市：復旦大學出版社。
24. 豪華圖書有限公司編輯部（1975）：**狹義與廣義相對論淺說**。譯自愛因斯坦（1916）著書。台北市：豪華圖書有限公司
25. 趙金祁、許榮富和黃芳裕（1994）：當今通識教育理念賦予科學教育的新功能。**科學月刊**, **171**, 2-11。
26. 蔡坤憲譯（2001）：**觀念物理**（第一版）。台北市：天下遠見出版股份有限公司。
27. 龔少明譯（2000）：**19 世紀物理學概念的發展－能量、力和物質**。上海市：復旦大學出版社。
28. Bar, V., Sneider, C., & Martimbeau, N. (1997). Is there gravity in Space? *Science*

and Children, *34*(7), 38-43.

29. Bar, V., Zinn, B., Goldmuntz, R., & Sneider, C. (1994). Children's concepts about weight and free fall. *Science Education*, *78*(2), 149-169.
30. Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categoris: Implications for learning and discovery in sciences. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science*: *Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 129-186). Minneapolis: University of Minnesota Press.
31. Graham, T., & Berry, J. (1992). Students' intuitive understanding of gravity. *Centre for Teaching Mathermatics*, 473-477.
32. Gunstone, R. F., & White, R. T. (1980). Understanding gravity. *Science Education*, *65*(3), 294-299.
33. Klein, C. A. (1982). Children's concepts of the Earth and the Sun: A Cross Cultural Study. *Science Education*, *65*(1), 95-107.
34. Lakatos, I. (1978). *The methodology of scientific research programmes*. Cambridge: Cambridge University Press.
35. Mali, G. B., & Howe, A. (1979). Development of Earth gravity concepts among Nepali children. *Science Education*, *63*(5), 685-691.
36. Nussbaum, J., & Dagan, N. S. (1983). Changes in second grade children's preconceptions about the Earth as a cosmic body resulting from a short series of audio-tutorial lessons. *Science Education*, *67*(1), 99-114.
37. Nussbaum, J. (1979). Children's conceptions of the Earth as a cosmic body; A Cross age Study. *Science Education*, *63*(1), 83-93.
38. Nussbaum, J., & Novak, J. D. (1976). An assessment of children's concepts of the utilizing structured interviews. *Science Education*, *60*(4), 535-550.
39. Palmer, D. (2001). Students' alternative conception and scientifically acceptable conceptions about gravity. *International Journal of Science Education*, *23*(7), 691-706.
40. Pella, M. O. (1966). Concept learning in science. *Science Teacher*, *33*(9), 31-34.
41. Piburn, M. D. (1988). Misconceptions about gravity held by college students. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 292616).
42. Pulos, S., & Sneider, C. (1983). Children's cosmographies: Understanding the Earth's Shape and Gravity. *Science Education*, *67*(2), 205-221.
43. Sneider, C. I., & Ohady, M. M. (1998). Unraveling students' misconceptions about the Earth's shape and gravity. *Science Education*, *82*(2), 265-284.
44. Stead, K., & Osborne, R. (1980). Gravity. Learning in science project. Working Paper No. 20. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 235028).
45. Treagust, D. F., & Smith, C. L. (1989). Secondary students' understanding of gravity and the motion of planets. *School Science and Mathematics*, *89*(5), 380-391.
46. Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change [special issue]. *Learning and Instruction, 4*, 45-49.
47. Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, *18*(1), 123-183.
48. Watts, D. M. (1982). Gravity—Don't take it for granted! *Physics Education*, *17*(4), 116-121.
49. Watts, D. M., & Zylbersztajn, A. (1981). A survey of some children's ideas about force. *Physics Education, 16*, 360-365.

Preconceptions of Gravity held by Ninth Graders in Taiwan

Hsiu-Li Yu and Hak-Ping Tam
National Taiwan Normal University Graduate Institute of Science Education

Abstract

Although the ninth graders in Taiwan have only studied a few elementary concepts about force in their eighth grade, they do have several preconceptions about the concept of force at large. Furthermore, even though the concept of gravity will not be formally taught until in senior high, this does not prevent students from having some preconceptions about gravity while they are still in junior high schools. Some of these preconceptions may even impede their future learning of the concept in high school. The purpose of this study is to explore via both survey and interviews what preconceptions ninth graders may have concerning action-at-a-distance, whether force requires a medium as well as the phenomenon of gravity in general. Furthermore, this study attempts to find out for students who have not formally studied gravity, if better understanding of the concepts of action-at-a-distance and of whether force requires a medium would be related to better performance in interpreting gravitational phenomena. The sample consisted of 337 students from seven public junior highs located in Taipei City and Taipei County. Among them, fifteen students were chosen for follow-up interviews. Both quantitative and qualitative analysis techniques were used to analyze the data. It was found that many students held various preconceptions about gravity. Many of them relied on their daily experiences and intuition as their interpretive framework for phenomena related to force and gravity. In addition, it was found that students with better understanding of the concepts of action-at-a-distance and of whether force requires a medium did demonstrate better understanding about the concept of gravity. The educational implication is that junior high physics curricula should put stronger emphasis on such foundational concepts as action-at-a-distance and whether force requires a medium so as to ease the difficulty in studying gravity in senior high schools.

Key words: Alternative Conception, Preconception, Gravity, Misconception, Action-at-Distance