

## 第貳章 文獻探討

### 第一節 運動學及另有概念

物理學的發展，一般常以 1900 年為劃分點，在此之前稱為古典物理，之後的稱為近代物理。古典物理的時空背景是以巨觀體系的物理現象為探討對象，是描述具有質量的物體受力時其運動方式的變化以及相互的規則。在牛頓（Isaac Newton）之前，描述物體運動的基本觀念與數學方法皆已大致建立，其中的代表性人物是克卜勒（Johannes Kepler）與伽利略（Galileo Galilei），但最後集大成的是牛頓（唐富欽，民 92）。

在七到九年級的自然與生活科技課程當中，力學與運動學所涵蓋的概念主要有位置、位移、速度、速率、加速度、牛頓三大運動定律。學生觀察日常生活中的運動現象，由實測活動中去學習，設計實驗以歸納力（F）、質量（m）、加速度（a）三者間的關係，並藉以培養數據整理分析的能力，並從實際生活上的事例體驗牛頓三大運動定律。「力與運動」中是日常生活最常接觸的名詞，但根據研究，國中學生對於「力與運動」的基本概念是相當模糊，也會混淆位移、速度、加速度這些物理量代表的意義（鄭茹芬，民 90），而這些概念正是學習古典力學的核心。

伽利略認為物體不受外力作用時，會維持原來運動狀態的特性，即「靜則恆靜，動者恆作等速度直線運動」。伽利略先建立了物體具有「慣性」的觀念，牛頓再以力的觀點加以描述，所以稱為牛頓第一運動定律，又稱慣性定律，亦即物體不受外力或所受外力的合力為零的情況下，靜止狀態的物體永遠維持靜止，運動中的物體恆沿一直線做等速度運動。牛頓第二運動定律陳述物體受外力作用時，作用力（F）和加速度（a）成正比關係；作用力固定時，物體質量（m）和加速度（a）成反比關係。三者間的關係為  $F=ma$ 。牛頓第三運動定律指當施力在物體時，物體同時亦產生一方向相反的力作用在施力者，此力稱之為反作用力。

也就是每施一作用力於物體，物體必給與施力者一反作用力，作用力與反作用力大小相等、方向相反，且在同一直線上，二者同時發生且同時消失，又稱為作用力與反作用力定律。例如，人用力推牆壁，受力者是牆壁，牆壁亦以反作用力作用在人。人對牆壁的推力愈大，牆壁對人的反作用力愈大，二力的大小相等且方向相反，但作用的對象不同，所以二力不能抵消。學生在學習這些運動學的概念時，容易由日常生活中獲得有關物體運動想法，以對「運動」的原有概念作為理解「力學」概念的基礎，但想法往往與牛頓力學概念相互矛盾（鄭茹芬，民 90）。

學生對科學現象的想法，有許多是他們在進入學校以前就已經存在（Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985; Duit, Jung, & von Rhoneck, 1985; Helm & Novak, 1983; Jung, Pfundt, & Rhoneck, 1982; Osborne & Freyberg, 1985; West & Pines, 1985），並且其中也有許多想法與所謂科學家所承認的想法並不相同（Novak, 1997），這些想法被標以另有概念、迷思概念、另有架構、兒童科學、學生概念等名稱，而名稱是依研究者對知識本質的觀點而定（Gilbert & Watts, 1983）。另有概念的產生原因，主要是當個人企圖去解釋、合理化與瞭解世界的時候，學生會發展出未經協調或不一致的概念結構。因此，關於科學的另有概念，有些研究者通常認為是片斷的、不完整的、錯誤的（Clement, 1982），有些則認為是有組織，並且是系統化（Kaiserm, McClodkey, & Proffitt, 1986）。

1980 年代有關力學另有概念的研究漸漸為科學教育工作者注意，開始有許多研究針對此議題進行，1984 年後投身於此研究議題者更如雨後春筍（Champagne, Klopfer, & Anderson, 1980; Gilbert & Watts, 1983; Gunstone, 1987; Kruger, Palacio, & Summer, 1992; Kuiper, 1994; Palmer & Flanagan, 1996; Shymansky et al., 1997; Thijs, 1992; Watts, 1983），國內也有一些與運動、力學相關的研究報告，張川木（民 85）、陳忠志（民 76）、郭重吉（民 78）、楊其安（民 78）、全中平（民 83）、吳慧娟（民 90）、全中平（民 90）、王俊貴（民 91）、周承岡（民 91）、鍾文勳（民 91）、陳宗彥（民 91）。國內外的研究均顯示學生最普遍的迷思概念就是具有衝量理論（impetus theory）的想法，衝量理論為十四世

紀法國哲學家 Jean Buridm 所提出，衝量理論指一個運動的物體具有衝量，衝量是藉由一開始拋出的力灌輸在物體「內」，物體在流體中可以繼續前進，直到衝量因受阻力耗盡而停止。至於衝量為何會散失，部分持衝量理論看法者認為衝量的散失是自發性的性質，也有學者認為是外界的影響（如摩擦力、空氣阻力等）使衝量消散（陳忠成，民 76）。學生因具有衝量理論而對力與運動學衍生出甚多的迷思概念，綜合國內外研究力與運動相關的迷思概念，列表如下：

1 • 判斷快與慢
(1) 在前的物體較快，在後的物體較慢，並行時則一樣快 (Halloun & Hestense, 1985; Hestense, Wells, & Swackhamer, 1992b; Hokanson & Hooper, 2000)。
(2) 無法區分位置與速度 (Hestense et al., 1992b)
2 • 速度與加速度方面
(1) 加速度和速度一定同方向
(2) 速度是一種力
(3) 如果速度為零，則加速度也一定為零
(4) 無法區分速度與加速度 (Halloun & Hestense, 1985; Hestense et al., 1992b)
(5) 無法了解「等速度」的物理涵義應包括「快慢」和「方向」兩個因素 (簡順永，民 88)
3 • 判讀 x-t 圖
(1) 無法將生活中的直線運動相同參數間的關係轉呈平面圖形
(2) 用二維的時空座標關係來表示一維的運動現象 (簡順永，民 88)
4 • 判讀 v-t 圖
(1) 以 x-t 圖理解 v-t 圖 (鄭茹芬，民 90)
(2) 將 v-t 圖的縱座標認為是「速率」

<p>(3) 無法以函數表達物體運動出現反方向運動在函數上的表達有困難 (Goldberg &amp; Anderson, 1989)</p> <p>(4) 無法了解 v-t 圖 (簡順永, 民 88)</p> <p>(5) 可以正確描述物體運動的情形, 但是未必能正確畫出速度對時間的關係圖</p>
<p>5 • 與第一運動定律相關</p>
<p>(1) 運動狀態時, 存在一個與生俱有的力, 運動蘊含力, 在與其他東西相撞時顯現出來 (Thijs, 1992; Watts, 1983)</p> <p>(2) 靜止狀態時, 物體只受重力或根本沒有任何力存在 (Thijs, 1992)</p> <p>(3) 靜止的物體畢不受外力 (Hestense, Wells, &amp; Swackhamer, 1992a; Thijs, 1992)</p> <p>(4) 一物體以等速度運動時必受和運動相同方向的力, 此力壓倒阻止運動的力 (Thijs, 1992; Watts, 1983)</p> <p>(5) 力量維持物體等速運動 (Chee, 1989; Clement, David, &amp; Zietsman, 1989; Hestense et al., 1992a; McDermott, 1984; Palmer &amp; Flanagan, 1996; Watts, 1983)</p>
<p>6 • 第二運動定律相關概念</p>
<p>(1) 速度與受力成正比 (Hestense et al., 1992a)</p> <p>(2) 有加速度表示受力越來越大 (Hestense et al., 1992a; Thijs, 1992)</p> <p>(3) 較大的力決定物體的運動方式</p> <p>(4) 最後的力決定物體的運動方式 (Hestense et al., 1992a)</p> <p>(5) 合力和運動有關 (Chee, 1989; Thijs, 1992)</p> <p>(6) 方向就是受力方向 (Palmer &amp; Flanagan, 1996)</p> <p>(7) 力與動量是相同概念 (McDermott, 1984)</p> <p>(8) 受力如同被給能力, 物體帶此力前進直到耗盡 (陳忠志, 民 76)</p>

(9) 一個重物體比一個輕的物體有更大的加速度 (Trembath, 1980)

(10) 當外力移除時物體終會停止運動

(11) 慣性是一種力，能維持物體繼續運動

(12) 手推動物體，離手後，物體仍受手的推力

#### 7·關於自由落體方面

(1) 自由落體所受的力與其速度成正比 (McDermott, 1984)

(2) 重的物體掉落得快

(3) 物體的重力加速度與物體的重量有關

(4) 只有往下落的物體重力作用

(5) 所有的自由落體受有相等的重力

(6) 持續受力才會造成物體持續運動

學生的另有概念也會妨礙學習新的科學概念，因為一些另有概念是發展相當良好，明顯地受到每天生活經驗的支持，雖然是錯誤的，但是難以改變的(Kaiserm et al., 1986)。且傳統的教法對學生的概念改變助益不大。

「郭茂男(民，81)指出傳統的教材教法將學生當做一被動的知識接受者，教師的責任就是將成人的知識體系整體—自認為最正確的結構傳授給學生。其實這至少犯了兩個錯誤的假設：誤認為學生與成人具有相同的思考方式，且認為學生在教學前是一張白紙，或是既有的想法微不足道」(引自鄭茹芬，民90，第16頁)。學生進入教室之前若已經具有另有概念，而新的知識只是簡單地加到記憶裡，將無法產生有意義的學習。為了改變學生的這些另有概念，有效的教學是必要的。

皮亞傑的學習理論已被多應用於有效教學策略的設計。根據皮亞傑的理論，知識的獲得是個體利用已存在的認知結構去同化環境中的訊息，若無同化，個體就會產生不平衡的認知現象，因而導致調適，此時個體便會調整現存的認知結構

或產生新的認知結構去同化新的訊息，以達到平衡（張靜儀，民 91）。學生通常拒絕改變所擁有的概念，除非他們對他們現在所接受的概念感到不滿意。所以在促進概念改變的教學策略裡，最常使用的是反駁測驗（refutational text）（Palmer & Flanagan, 1996）、差異性事件（discrepant events）或是異例的數據（anomalous data），主要是讓學生面對與已存在概念相互衝突的現象或是概念（劉俊庚，民 90）。這即是皮亞傑所謂的不平衡或是概念衝突，並且引導學生在試著解決衝突時，他們能夠去反思已有的概念，進而改變舊有的概念或想法。許多研究指出傳統教學法不易改變學生的原有概念，新興的建構教學取向教學方式較能引發學生的認知衝突，進而改變學生的原有概念（鄭麗玉，民 87；張川木，民 84，85）。

在概念改變教學與建構教學相關文獻裡，有多種的教學策略已被其他研究證明是有效的：學習環（learning cycle）、類比教學（analogy teaching）（Clement, 1993）、概念衝突（concept conflict）、小組討論（group discussion）、電腦模擬（computer simulation）（張靜儀，民 91）。

## 一、學習環

學習環教學模式包括三個階段，其階段名稱定位為「探索」—「語詞引入」—「概念應用」。

### （一）探索

此為學習環的第一階段。藉由活動提供學生對現象的直接經驗（Abraham & Renner, 1986; Zollman, 1990），學生反應探索而得到新知識，當新現象無法用既有的概念或理解來解釋，於是產生新問題；「探索」提供學生面對衝突的機會、激勵學生的討論、分析彼此想法、引導學生辨明現象背後的規則。在此階段可要求學生思考或紀錄預期的探索結果，若預期的結果與事實不符合而造成認知上的不平衡，也驅使學生檢視其原有的原有概念進而促進新的概念與心智結構發展（Dykstra, 1982; Scharmann, 1991），同時教師也要給予學生機會為其想法進行辯論或分析（Lawson, 1988）

## (二) 語詞引入

詞彙介紹往往緊接在探索之後；在揭示答案之前，要盡量讓鼓勵學生去探索新現象，但期望學生發現所有的複雜現象則是不切實際的。教師蒐集學生在探索過程中得到的資訊，用來引入主要概念及相關語彙（Allard & Barman, 1994; Lawson, 1988）。教師以簡單明白直接的方式提供名詞定義，進而介紹與概念相關的專有名詞（Barman, Benz, Haywood, & Houk, 1992; Renner, Abraham, & Birnie, 1985）。

## (三) 概念應用

學習環最後階段是讓學生將所學的語詞、推理模式應用在其他情境上（Lawson, 1988）。教師應提供新的作業讓學生能利用在先前一、二階段所建立的基礎來解決新的問題（Allard & Barman, 1994; Barman et al., 1992）。

「探索」提供學生發現並辨識型態（pattern）的機會；「詞彙介紹」提供學生連結心中型態（pattern）與對應辭彙（term）以獲得完整概念；「概念應用」則提供學生重複辨識這些型態以及應用新概念至新情境中的機會。以上是一般學習環實施的三個階段，在教學過程中可以重複使用，但不能改變其順序或刪除任一階段，否則就不是學習環了（Lawson, Abraham, & Renner, 1989）。學習環的教學步驟提供學生發生認知衝突，檢視、反思已有的概念，進而改變舊有的概念或想法。楊勝安（民 91）研究指出學習環教學模式對於實驗組學生溶液相關迷思概念的學習具有效益。

此外，Bryant & Marek（1987）認為使用學習環教學，學生有較多參與學習的機會、對概念有更完整的理解、更能思考，認為上課更有趣，且能對自己的學習負責。Unruh, Countryman, & Cooney（1992）指出學習環教學模式讓學生表現出對科學有較正向的態度，能將科學與生活經驗相連，較能獨立思考、展現較佳的科學過程技能，師生與同儕間互動亦顯著增加。黃慧琳（民 84）也發現使用學習環的教學，學生在高層次認知能力、學習成就及喜愛科學的態度上皆有較優

異的表現。

## 二、類比教學

概念的類比是一種科學教師常用的教學方法。近年來多數概念改變的教學研究均指出使用類比的益處 (Brown, 1992; Clement, 1993; Johsua & Dupin, 1987)。有意義的學習是基於學習者在新舊概念之間的連接，當類比物可以完全被理解及有效率的使用，則所建立起來的關係將有助於學生的學習 (劉俊庚，民 90)，因此在許多類比的討論裡指出類比可以幫助學生建構抽象概念的表徵。以下是不同學者提出的類比教學法：

### (一) 類比橋 (Bridging Analogies model)

Brown & Clement (1989) 提出此模型。當學生無法直接察覺類比物與目標物之間的相似對應時，在兩者之間需要一個連結的中介，使用“橋”這個比喻說明連結兩領域之間的概念，慢慢讓學生由類比物遷移過渡到目標物中。Clement (1993) 提出類比橋的教學模式步驟有：呈現錨類比 (anchoring analogy)、呈現目標物並與錨類比物比較、提供類比橋、提供解釋現象的解釋模式 (劉俊庚，民 90)。

### (二) TWA (Teaching with Analogies Model)

Glynn, Britton, Semrud-Clikeman, & Muth (1989) 提出以類比模式進行教學，步驟分別為：目標物概念的介紹、類比物的回憶、尋找目標物與類比物之間的相似特性、標示出兩領域間的相似特性、比較後得到相關結論、找出類比物與目標物不同之相似特質處。

### (三) 多重類比模式 (Multiple analogies)

Spiro, Feltovich, Coulson, & Anderson (1989) 考慮傳統的單一類比可能將複雜的概念過於簡單化，因而導致學生另有概念的產生或無法得到全面的知識，所以呼籲以多重類比可以促進學生的學習，但並未真的提出多重類比教學模式。多重類比是替欲學習之領域尋找多個類比物，類比物之間是環環相



扣，因為下個類比物可以補足或修正前一個類比物的不足之處，在這樣的過程中，學生除了可以學習到自研究者修正的機制，同時也可以避免產生迷思概念（陳盈吉，民 92）。

然而，對於類比的成效卻常因不同的研究者或方法使用的不同而有相反或保留的態度（Dupin & Johsua, 1987），可能的原因是類比目標物的使用或是學生不熟悉類比的對應關係。因此，類比在概念改變教學的成效上，實待更多的討論（劉俊庚，民 90）

### 三、利用小組討論來促進概念改變

Brown（1989）主張以小組討論的方式來促進概念改變，小組之間的成員會給予每位學習者支持與衝突，而這些支持與衝突被認為是概念改變學習的重要因素之一（劉俊庚，民 90）。小組的成員可以相互地分享他們的思考方式，提供某些部分的專業意見，這就是小組運作的原理。Hynd, McWhorter, Phares, & Suttles（1994）對於小組合作學習後設分析的結果顯示小組合作學習在學生一般的學習成就上比競爭或個人式學習更有益處。Hynd, Alvermann, & Qian（1997）研究結果顯示，在合作學習的討論過程中，透過協商提供學生去精緻他們的思考，對於概念改變的學習是有益的。同儕的討論能夠提供學生知識的建構，讓學生的想法能夠更為明確，並反思與檢驗。此外，學生能有更多機會去聆聽其他人的對話（劉俊庚，民 90）。

### 四、電腦模擬在概念改變的效益

已經有許多研究指出利用電腦模擬來促進概念改變是相當有益的（Gorsky & Finegold, 1994; Hameed et al., 1993; Lewis & Linn, 1994; Reif, 1987; White, 1984; Zietsman & Hewson, 1986a），電腦模擬藉由參數的改變和立即結果顯現，使學生能夠自由地去經驗、探索和操作微觀的世界（Bliss, Ogborn, & Whitelock, 1989），並增加學習動機。White（1984）利用電腦遊戲來幫助學生學習牛頓力學，發現

利用電腦可以增進學生的物理解釋能力。模擬也可以鼓勵學生在物理知識與日常生活現象之間做聯結（劉俊庚，民 90）。

Zietsman & Hewson (1986b) 利用電腦模擬教學策略來探討對於擁有速度另有概念的學生之效益，電腦模擬是根據概念改變的模式來診斷學生的程度，並修正學生在速度方面的另有概念。研究結果顯示電腦模擬對擁有另有概念的學生產生明顯地概念改變。Hameed et al. (1993) 利用電腦 CAI 的教學策略來促進學生在化學平衡的概念改變，結果發現利用此教學模式，有超過一半的學生改變了 62.5% 的迷思概念。此外，在 30 天之後的延宕測驗中，學生依然保持持續的改變。在楊純珠（民 88）的研究結果發現，利用多媒體 CAL (computer-assisted learning) 在學生「溶液」的概念教學上，的確可以讓學生在前後測成績的表現上具有相當程度的提升，此外對於學生迷思概念的改變也有相當程度的效益。

基於本研究目的在於了解資訊融入方式與學生概念學習的關係，所以針對以上四種促進概念改變的教學策略，本研究採用電腦模擬教學的方式，下一節將更深入探究「資訊融入教學」對學生「力與運動」單元概念學習效益之研究。

## 第二節 資訊融入教學在力與運動學上的研究

「Edward (1993) 指出電腦可以快速而精確擷取真實世界的資料並呈現出來，這會有助於學生將真實世界的實際物質與物理世界抽象表示相連結。電腦還可以進行複雜的動態模擬，藉由電腦所呈現的視覺畫面可以有效地協助學生對抽象的現象建立正確的心智模型」(引自鄭秀芬，民91，第2-7頁)。因此，電腦在儲存、提取、處理資料與資訊及幫助科學教學與學習上都扮演重要角色 (Chang, 2003)。AAAS (1993) 指出科學素養應包括謹慎、有信心地使用電子工具，學生應該開始使用計算機與電腦，且盡可能在許多不同的情境下使用。美國的科學教育標準宣稱教學科技就是可以提供學生與教師教學的工具，就像電腦，可以引導探究與了解科學 (NRC, 1996)。台灣在九年一貫課程標準也強調在中等學校的科學教室使用電腦為資料輸入、訊息處理工具來幫助學生處理日常生活的問題，使用電腦來收集、分析、展示資料也是標準之一。基於此，許多科學教師、教育學者、研究者建議使用電腦輔助教學 (CAI) 增進科學學習 (Chang, 2001b)。

已有許多文獻針對於資訊融入「力與運動學」上進行研究。國內的文獻研究主題囊括了速度、牛頓力學等方面的研究，但是大多是關於力與運動迷思概念的檢測與發展評量工具 (鄭茹芬，民90；鐘文勳，民91；王俊貴，民91；陳美月，民91；余秀麗，民92；林楷植，民91)，少部分研究是針對力與運動的概念，比較資訊科技融入教學與傳統板書教學對學生的學習效益 (曾靜華，民92；劉蓓蓓，民91；陳智源，民91)。

劉蓓蓓 (民91) 使用電腦輔助軟體 interactive physics 應用在國民中學理化課程中力學概念之教學。研究對象是國二學生，分為實驗組 (37人) 接受以 interactive physics 為基礎之電腦輔助教材教學，以及控制組 (39人) 接受沒有以 interactive physics 為基礎之傳統教材教學，研究結果發現實驗組的後測成績高於控制組，但實驗與控制組並無顯著差異，推測可能原因是時間太短、測驗太簡單、內容太少。

曾靖華（民92）也使用電腦輔助教學軟體interactive physics，利用概念改變教學方式，促進科學概念的學習。研究結果發現學生經過電腦輔助教學後，其迷思概念有明顯改善；男、女學生，經教學後其概念迷思程度有明顯不同；女學生的學習效果有顯著優於男學生。

國外資訊融入教學研究早期多數也是比較傳統教學與資訊融入教學的差異，Fletcherflinn & Gravatt（1995）以後設分析方式研究 1987-1992 文獻，指出 CAI 的學習效益是具有 0.24 的中等效益。Christmann, Badgett, & Lucking（1997）研究橫跨八個教學地區的六年級到十二年級學生的學習成就，同樣以後設分析方式，比較傳統教學與以 CAI 輔以傳統教學的方法，同樣再證明以 CAI 輔以傳統教學方式具有 0.29 的中等效益。但也有研究指出有無使用 CAI 是無太大差異的，Morrell（1992）研究高中生以 CAI 輔助學習生物的學習效益，實驗組使用 CAI 軟體七堂課，對照組以講述討論教學法，實驗結果指出 CAI 的使用對學生學業成就沒有較多的效益。上述所得到的實驗結果，大部分是使用電腦科技後學生的學習成就具有顯著的差異，且學生多數肯定動畫多媒體較具有吸引力、比較有興趣學習。但這些研究當中缺乏對於使用科技時學生概念學習過程描述以及科技是如何被使用的，太多研究與分析聚焦在比較電腦輔助教學（CAI）與傳統教學的效益，且所使用的電腦軟體為 CAI，而非擬真的模型、具有高互動性的電腦模擬（詳見附錄 A）。

極少有研究探討電腦模擬的不同使用方式會怎樣影響學生學習結果。

（Chang, 2003）在必修地球科學課程中，比較教師引導 CAI 與學生控制 CAI 的不同教學方式下學生的學習結果。CAI 包括七個學習部分：圖表、新聞報導、報紙、書架、電腦、視覺旅行、評量。資料收集工具包括地球科學成就測驗與對地球科學的態度。在成就測驗中與態度問卷結果，教師引導 CAI 的學生表現得分明顯高於學生自控 CAI 的學生。但若改用使用者自主性較高的電腦模擬軟體是否仍有會相同的實驗結果嗎？這是本研究欲探究的問題。

本研究所使用的電腦模擬是 Wolfgang Christian and Mario Belloni 在 2004 年

共同設計完成的 Physlet Physics 軟體。“Physics applets”是一系列以 Java 程式顯示物理實驗結果的模擬，是互動電腦模擬結合教育學的設計，其目的在於提供使用科技教學的資源，增進學生投入學習與互動的方法（Anne, Mario, Melissa, & Wolfgang, 2003; Anne & Melissa, 2003）。當 Physlet Physics 軟體發展漸完備時，研究者也開始將其使用在教學中，並持續研究其具有的價值。Anne & Melissa（2003）指出 Physlets 模擬可以將抽象概念視覺化；傾向解決真實世界的問題；具有互動性，學生可以輸入參數，觀看模擬；可模擬非現實/物理的情境，且具有多重表徵。大部分許多教育科技的發展是源於科技軟體，沒有教育意涵，但 physlet 是源自概念而發展；physlet 可視教學者需求而改編，相當具有彈性，因此本研究利用 physlet 將內容改編成適合九年級學生學習的概念；Physlet 軟體可以幫助學生將抽象事物視覺化，連結具體與抽象理論，並發展問題解決的概念模式（Anne et al., 2003）。綜合以上觀點，Physlet 軟體的設計具有電腦模擬「學習者為中心」的理念，故本研究採用 Physlet 為教學的教材。

國內外關於力與運動學的文獻數量相當多，但由附錄 A 可知，有十四篇研究未詳細敘述是「誰」在使用，有七篇是教師在教室以單槍播放動畫或是簡報，有十篇是學生自行使用電腦（以國外研究居多），所以實務的研究似乎尚未跟隨上資訊融入核心理念「以學習者為中心」的腳步。將科技「直接」放在教室裡，學生就能獲得學習成效嗎？究竟科技要如何使用才能真正增進學生的概念理解？不同的使用方式是否會造成不同的效益？但綜觀目前資訊融入教學的研究，大部分的研究還是流於比較「使用科技」與「不使用科技」的差別，甚少有研究探討「如何使用」的問題，即使是比較使用與不使用科技的研究，也往往忽略描述研究者是「如何使用」才能達到這樣的研究結果？這是下一節欲探究的問題。

### 第三節 資訊融入課程的教學模式

Clark (1983) 綜合許多關於媒體是否影響學習的後設分析與研究推論，媒體不會直接影響學習，媒體只是教學的載具，可以被取代。Kozma (1994) 回顧大量的文獻後認為媒體具有獨特的功能，與人互動並影響心智模式與認知過程。Clark (1994) 進一步回應，媒體與其屬性只會影響學習的花費與速度，只有合適的教學方法才能影響學習。Kozma (1994) 批判 Clark 的教學模式停留在行為主義，它忽視了學習過程的認知、情意、社會面向，教學媒體與教學方法之間具有交互作用。這樣的對話部分反映了早期 1990 年代教育學者對學習觀點的改變，Clark 代表行為學習理論，認為教學法與教學媒體釋可以分離的，而 Kozma 代表建構學習理論，將教學媒體與教學法視為一個整體，在研究上不能將其抽離。當教育學者採取越來越多社會學、人類學的觀點時，Clark 的「載具模型」已漸漸無法解釋教學之間的互動關係，Kozma 的理論也漸成主流。所以有必要了解結合資訊和教學模式的情況下是如何影響學生學習。

國內資訊融入教學的研究少有合併教學模式的研究，國外研究中 Barbara Y. White 在 1989~1998 年間利用電腦遊戲 (thinkertools) 來幫助學生學習牛頓力學，這一系列長時間的研究過程一方面發展 thinkertools 軟體功能，另一方面也發展了四面向的教學環。這一系列的研究目的大概可分成三個進程：改善概念、增進探究能力、學習模型與建模的本質。thinkertools 早期研究是聚焦在學生的概念改變，因此 White 的研究群發展了「中介的因果模型 (intermediate causal models)」，其模型使用大量的表徵來描述連續的抽象行為。以中介的因果模型取代代數抽象或真實實驗教學，即使是國小高年級學生皆可理解這樣的模型，因為這些模型與真實現象之間差距不大，這樣的模型是真實現象與數學形式之間的橋樑。傳統的教學法是由上而下 (top to down)，由抽象到具體，thinkertools 是由中間而外延 (middle-out)，從建立在因果直覺想法上到抽象、複雜的理論。White (1993)

使用 thinkertools 時同時發展四個面向的教學環：動機、概念發展、公式化、轉移。

(一) 動機面向 (motivation phase)：

在簡單真實情境下讓學生想像預測會發生什麼事情？目的在讓學生都可以表達自己的意見。

(二) 概念發展面向 (model evolution phase)：

學生合作解決問題，透過結合漸增複雜的微觀世界與問題解決過程，學生可以獲得預得的概念模型。目的在讓學生發現因果原則與理解微觀世界中的概念。

(三) 公式化面向 (formalization phase)：

由問題與實驗學習到的內容來建構定律，將會得到好的與不好的定律，學生必須評論，分類，挑選，或證明內容為誤)。

(四) 轉移面向 (transfer phase)：

學生選出最好的定律該如何應用在真實世界。

接續的實證研究發現，thinkertools 的模型設計讓學生缺乏探究能力(White et al., 1998)。學生可能從模擬發現某個現象卻沒有進一步探索其蘊含意義。學生認為使用 thinkertools 是在玩有趣的遊戲，非做實驗。因此研究群進入第二研究階段，繼續改良 thinkertools，讓學生可自行設計動畫、改變參數，增進學生的探究能力，學生可以創作在現實世界難以實驗的情境，譬如可以選擇是否要有物體運動的環境是否要有摩擦力、重力。正因研究目的不同，White 也修正了學習環如圖 1-3-1。探究環在 thinkertools 使用的課程中重複出現。科技與學習環的搭配之下，學生的學習才能有顯著成效 (White, 1993)。

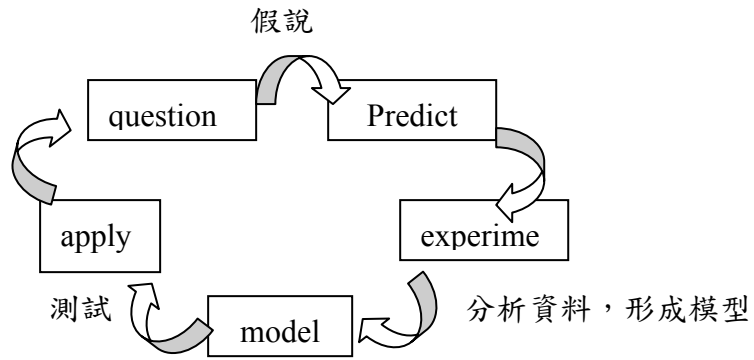


圖 1-3-1 探究環

由 White 一系列的研究中可知，資訊如何融入課程當中也是影響學生概念學習的因素，而但國內資訊融入教學研究甚少考慮這個面向。本研究將 White 的探究環改編成適合 physlet 軟體使用的五步驟教學環，分別是問題、預測、模擬，結論、應用，將以電腦模擬搭配教學環使用。



## 第四節 投入 (engagement)

除了教學模式可能影響資訊融入教學的學習效益，學生與教師實際的互動行為也可能對概念學習產生影響。透過學生在課堂的投入 (engagement) 情形是了解學生概念學習的指標之一，也是本研究的重點。Hoffman, Wu, Krajcik, & Soloway (2003) 欲研究六年級學生使用線上資源—Artemis 其所使用的探究策略與概念學習的關係。研究者為了區分學生使用策略時所投入 (engagement) 的程度，將每個策略分成高、中、低三個層次，以搜尋策略為例，高層次的搜尋策略即是學生發展一系列特定關於核心問題的主題，仔細選定搜尋關鍵字，並深入地理解主題；低層次的搜尋策略即是學生甚少思考、計畫研究主題，常重複無效的搜尋步驟，浪費大量的時間而不是瀏覽知識內容。單是「搜尋」策略，學生展現出的深度便有差別，所以學生在課堂上的投入 (engagement) 是有程度上的區分，不能光靠行為上的觀察而確定學生投入的程度，學生「真正」投入時應會有什麼樣的表現？然而學生的投入應要如何觀察得知呢？是否有投入程度的差別？

即使學生的行為受到教師或課程緊密的控制或引導，學生總是可以自我控制注意力與努力 (Anderson, Lee, & Kappan, 1997)。雖然概念改變的研究可以讓更多學生理解概念，但是無法投入的學生是不能從有意義的學習機會中獲益的 (Newmann, Wehlage, & Lamborn, 1992)，即使是設計良好的科學課程也無法成功。

哪些學生可以在科學課程中獲得知識的理解？在有意義的學習機會下，非投入的學生是如何反應？變得更有興趣或是只是假裝投入？概念改變的研究並無法回答這樣的問題。Anderson et al. (1997) 分別在兩個學校的六年級科學教室中使用「物質與分子」的單元來誘使學生發生概念改變，課程與教學的目的是學生能以科學概念來描述、解釋、預測科學現象。研究結果將學生分成四種類型：內在動機學習科學型、普通動機學習科學型、任務逃避型與抵抗任務型。研究結果

得知，課程與教學只是對有意願理解科學的學生有效益，不論其內在動機是想獲得知識或是想取悅師長，且影響內在動機的因素包括認知、社會、文化與性別的面向。如果學習者預期或期望要做的事（personal agenda）和教師或課程所預期的不同，那麼學生對該課程內容或活動就不可能會有責任心（commitment）。即使教師謹慎規劃課程與教學內容，對學生學習的影響也就不大。

Nystrand & Gamoran（1991）將學生投入行為區分為兩種：程序投入（procedural engagement）與實質投入（substantive engagement）。大部分學生都能投入學校任務的程序，譬如，學生大部分時會專心上課、遵守教室的規則，及時完成作業，通常提問該做什麼的問題，譬如，要寫幾頁？我們是否要學所有章节？學生可以完全經歷在學校的活動，但只有少數學生會投入學術問題。在 Bloom and Argumedo 的術語中，這樣的投入是程序表現（procedural display）的一種，所以 Nystrand & Gamoran（1991）將其稱之程序的投入（procedural engagement）。但是，學校的成就不只是完成學校的程序，它需要持續投入學術的內容，這不同於程序的投入，稱為實質投入（substantive engagement）。

基於上述的定義，Fredricks et al.（2004）將「投入」延伸分成三種，分別是行為投入（behavioral engagement）、情感投入（emotional engagement）與認知投入（cognitive engagement）。行為的投入通常有三個定義。第一，必須有正面的行為，像遵守規則與班規，且沒有破壞性行為，如故意缺席與惹麻煩。第二，行為與學習的任務相關，包括努力、堅持、專心、問問題與對教室討論有貢獻。第三，與學校相關活動的參與度，包括體育課或學校管理。Fredricks et al.（2004）的行為投入與 Nystrand & Gamoran（1991）所稱的程序投入（procedural engagement）定義是相同的。第二種是情感投入，指的是學生在教室裡的情感反應，包括有興趣、態度、動機等。第三種是認知投入，認知投入的定義來自兩個不同的文獻，第一個是 Newmann et al.（1992）的定義，為學生對學習的努力，理解與精通知識或技能的心理投入。認知投入的另一定義重視認知與策略學習，學生使用後設認知策略來計畫、修正、且在完成任務時評估認知。學生使用深度

的策略是屬於較多的認知投入、較多的心理投入、概念之間可以創造較多的連結、對概念也獲得較多理解。認知投入與 Nystrand & Gamoran (1991) 所的實質投入 (substantive engagement) 定義是相同的。本研究採用 Fredricks et al. (2004) 所以定義的三種投入類型。

行為、情感、認知投入分別與成就之間的關聯為何？許多研究已證實，國小、中、高中學生的行為投入與成就相關的結果有正向的關聯性。Finn & Rock (1997) 將小四學生分成具破壞性、怠慢、孤立與對照組學生，他們發現具破壞性、怠慢組的學生在成就測驗表現出較低的分數。然而行為投入並不需要深度的投入，因為行為投入是以努力程度（完成工作、專心）當指標給分，所以不宜在成績上做過度推論與關聯。少數研究是關注在情感投入與成就之間的關聯，有部分研究顯示結合情感與行為的投入是與成就測驗有關聯，但這並不能推論是單由情感投入造成，因為問卷裡結合了多種的投入。Voelkl (1997) 藉由評估學校價值與學校氣氛，指出在四年級與八年級的白人學生其學校認同感與成就有高度關聯。從眾多教室言談的研究中證實認知投入對成就是有效益的 (Nystrand & Gamoran, 1991)。而三種投入當中，認知投入與概念的學習相關性最大 (Fredricks et al., 2004)。

Tao, Richard, & Gunstone (1999) 研究發展合適的電腦模擬程式來解決十年級學生在力學上的另有概念，並研究以電腦合作學習的方式是否會促成概念改變？若會，是如何改變？Tao et al. (1999) 紀錄了學生的言談，並以三個指標來分析言談內容：與任務相關的投入 (joint on-task engagement)、投入的平等性 (equality of engagement) 與投入的相互性 (mutuality of engagement)。投入的平等性與投入的相互性是描述同儕學習互動的兩個指標：投入的平等性是關於任務貢獻的程度，高度平等是每個學生差不多相等的貢獻，低度平等是貢獻的不平均。相互性是觀察投入時的言談，高相互性指高度關聯、廣泛的討論，低相互性是限制的、無關的言談，學生之間未分享想法 (Damon & Phelps, 1989)。Tao et al. (1999) 以學生完成任務的百分比（共有三個情境，48 個任務）紀錄任務相關

的投入，超過 80% 就是高度投入，60-80% 是中度，低於 60% 就是低投入；用對話互動性來推論投入平等性與相互性的高低程度。研究結果指出，一個有高度任務相關、高度平等性與相互性投入的學生不一定有概念改變，學生必須反思與再建構他們的概念。所以一個高度任務相關、平等、相互性投入的合作學習方式能幫助概念改變，但並非必然引起概念改變。為了獲得改變，學生必須反思與再建構知識。這樣的結果是可以預期的，因為根據 Fredricks et al. (2004) 對於投入的分類，完成任務是屬於行為的投入，不一定代表有認知的投入，所以一個高度任務相關的投入不一定能造成概念改變。

行為投入與認知投入的差別幫助我們觀察學生的投入時，不只仰賴於學生的課堂作業，也包括投入的品質。如果學生只是完成選擇題、背誦、未深入思考內容，這樣的投入只能屬於行為投入。作業與教室活動能促進學生有認知投入，當然這些活動的要求不能只是精熟步驟 (Martin Nystrand, 1991)。學生的投入要如何辨識出？有認知投入的學生看起來如何？在實證上如何區分行為投入與認知投入？這不是個容易回答的問題 (Nystrand & Gamoran, 1991)。非投入的學生出現較多逃避任務的情形，認知投入的學生會比其他學生問較多的問題，特別是關於學習的內容，不只是關乎於要寫多少字或是能否以鉛筆取代筆之類的問題。但是要清楚將行為量化當是學生投入的評量是不完整、不恰當的，因為有時候是無法區分的 (Nystrand & Gamoran, 1991)。

Nystrand & Gamoran (1991) 選擇以教室的言談作為學生投入的資料來源。Mehan (1979) 指出覆誦有三個部分：教師提問 (initiation)、學生回答 (response)、教師對學生的答案做評估 (evaluation)。這三部分是教室覆誦的步驟，學生依此順序與教師互動稱為行為投入。此時教師的評論通常只是“正確”或“錯誤”或“好”，或只是點頭，或沒有表示。在覆誦中，教師會問一系列預先設計好的問題來測試學生的知識。教師完全主導主題，甚少與學生的答案有所互動。這就是為什麼參與覆誦的學生其投入只屬於行為投入，而非認知投入。

在覆誦步驟 (i-r-e) 的變異，言談類型中教師會回應更多，例如，教師可能

說“好主意”，接著問下一個問題。這些答案將會以某一種方式修正主題或影響教室言談，Nystrand & Gamoran (1991) 稱此為高度評估 (high-level evaluation)。高度評估是屬於認知投入，因為教師的評估是建立在學生的回答內容 (Nystrand & Gamoran, 1991)。此外，教師提問開放性問題或是問學生不知道答案的問題，能促使學生有認知投入，Nystrand & Gamoran (1991) 稱之為真實性的問題 (authentic question)，用以區分測驗問題 (test / inauthentic question)。

另一個讓教師認知投入學生答案的方法，就是合併學生所回答的內容於接下的問題中，這樣的過程 Cazden 等人 (Cazden, 1988; Collins, 1982, 1986) 稱為領會 (uptake)。舉例來說：

- 
- 1 教師：在 v-t 圖中，這樣的曲線代表...
  - 2 某生：越來越快
  - 3 教師：為什麼越來越快？
- 

上述例子中，教師提問學生回答後，教師合併學生的回答內容 (第 3 行)，進一步要求學生解釋，這就是領會。

認知投入的教學是透過師生的協商過程產生的 (Nystrand & Gamoran, 1988)。但是教學不應是吵雜的，而是有實質投入。所以認知投入通常在小組活動與討論時比較活躍，在講述教學時較少，當問題是真實性、高度教師評估與領會 (uptake) 時，認知投入就容易存在於教室問答中。

所以，行為投入可由學生的個人行為觀察出來，他們完成作業且不搗亂。但是認知投入是更複雜的，通常不能藉由個人行為來確認，認知投入通常是由師生與同儕互動中觀察，教師將學生回答的內容延續。認知投入的對話是需要高層次的相互性。此部分為本研究的焦點之一。

因此綜合上述投入的定義，將其整理如表 2-4-1：

表 2-4-1 投入的定義

	行為投入（程序投入）	情感投入	認知投入（實質投入）
定義	正面且沒有破壞性的行為，從事與學習相關的任務	學生在教室裡的情感反應	學生的心理投入，對學習的努力，理解與精通知識或技能，重視認知與策略學習
現象描述	遵守規則與班規、完成作業、努力、堅持、專心、問問題	包括，興趣、快樂、悲傷、焦慮。	學生使用學習策略並牢記、組織、了解內容
研究法	(1) 問卷（努力度、注意力） (2) 非投入行為（disengagement） (3) 觀察者（行為、毅力、參與度）	(1) 態度問卷 (2) 反思報告（關於學校、學校功課、學校的人的感覺問卷）	(1) 少數以問卷方式（是關於問題解決的靈活度、對困難的喜愛、獨立的工作形式、面對失敗的方式） (2) 教室言談 (3) 反思報告（後設認知、意志、控制成果與認知策略的使用） (4) 觀察者（自我監控、概念交換、給予引導、確認答案）