

第貳章 文獻探討

本章第一節闡述科學教科書對學習科學概念的影響；第二節為槓桿概念的相關研究；第三節敘述兒童的迷思概念。

第一節 科學教科書對學習科學概念的影響

學童在學習自然科學的過程中，學校往往是提供主要學習內容的場所。Osborne(1984)曾指出每個兒童對某些科學語詞，均有其獨特的使用意義，與科學家的並不一樣，是為「兒童的科學」。透過教科書所呈現出來的科學，稱為「課程的科學」，教師進行教學時與「課程的科學」之交互作用的結果，是為「教師的科學」。Gilbert, Watts 及 Osborne(1982)認為在教學活動中，「教師的科學」與「兒童的科學」交互作用的結果，便是「學生的科學」，其關係可表示如下。

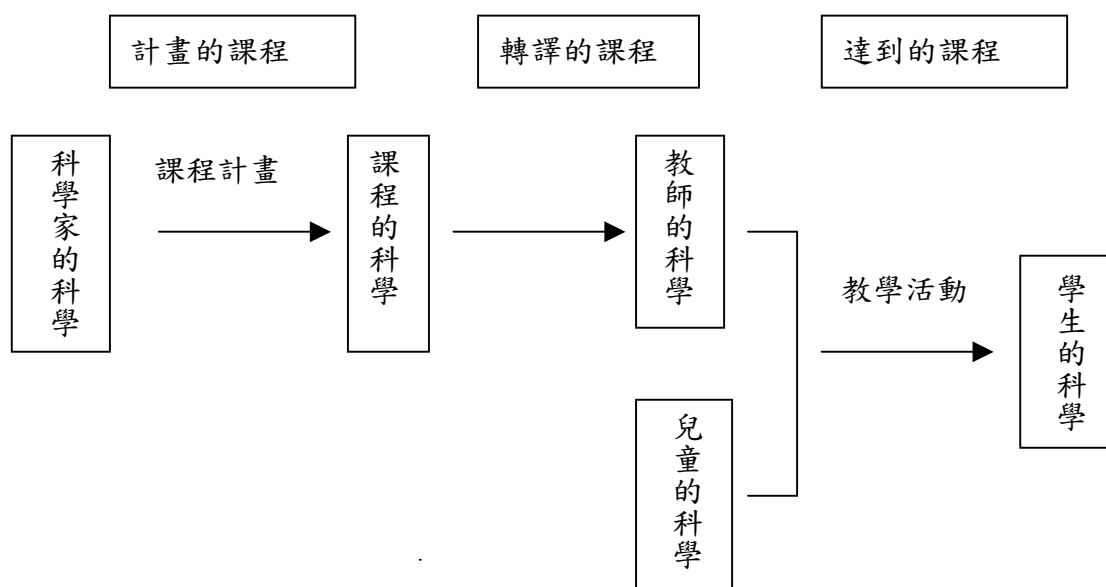


圖 1 「學生的科學」來源圖（改寫自 Gilbert, 1982; 引自李田英, 民 84, p480）

由圖 1 可知學生最後得到的科學概念，是課程、教師、與兒童原有架構，相互影響而成。在教學現場中，教師依據教材，進行教學活動，期望

對於學生的科學建構有所幫助。

然而教材的呈現方式有很多種，多數的科學教師在大部分的時間都是使用教科書教學，並且由教科書決定了學校所教授的內容，教師一般都依個人所需、學生能力選擇性使用教科書，但仍是會照本宣科的傳遞內容（Weilder, 1984; Yore & Shymansky, 1991）。

Renner 等人（1990）指出科學教學一般是教科書中心，而科學教學的主要特性之一是指定閱讀教材。大多數小學教師以教科書為科學教學的主要依據（Barman, 1992）。Alvermann（1987）研究教科書的角色，發現教科書深深地影響教師的教學決定與教材內容的選擇；同時確認三種教科書的使用方式：（1）依據課本內容有系統的使用；（2）課本是資訊的來源之一，可以延伸再使用；（3）課本是師生討論時的參考書。

Willam Whell 在西元 1823 年出版的「初級動力學」中表示可利用一、二個數學公式來表示整個自然現象，使科學教科書出現公式化的影響（Stinner, 1992）。現今教科書著重於讓學生迅速瞭解今日科學成就，企圖提供學生現代科學知識整體是由個別的實驗、觀念以及定理所堆砌而成的，教科書的寫法暗示著科學知識是屬於線性加成（Kuhn, 1962、1972；程樹德、傅大為、王道環、錢永祥譯, 1994）。這樣科學教科書的設計方式，使得科學個別的實驗、觀念及定理成為許多科學教師在教學過程中所強調的部分。而學生也只能不斷地記憶原則、定理及應用公式解決多數偏重數學公式演算的題目。標準答案往往成為教師教學的目標，而學生則以此作為判斷自己對科學概念的精熟與瞭解的規準，但卻往往失掉對自然科學本質的認知（Stinner, 1992）。

教師在使用教科書方面，有兩種不同的角色。第一為課程導引者：教師將教科書的內容完備傳遞給學習者。第二則是課程代理人：教師依據自身的專業能力及教學需要，選擇性的調整教科書內容，傳遞給學生（Masten, Stacks, Priest, Vitale & Scott, 1992）。根據研究有 95% 的科學教師在教學時有 90% 的時間使用教科書（Stake & Easley, 1978；引自許良榮，民 83），家庭作業平均也有 90% 的時間用於教科書（Armstrong & Bray, 1989）。大多數的科學教師最常用的方式還是直接用教科書教學

(Bredderman, 1983; Finley, 1991; Terry & William, 1988; Wolfinger, 1984; 引自王琬菁, 民 91), 尤其是新任科學教師, 他們常常將科學教科書當成課程的「外在表徵」、教室基本的知識來源以及課堂上講解的內容、討論的主題以及說明的範例 (Chiappetta、Sethna & Fillman, 1993)。有些學者進一步分析, 國小教師極度依賴教科書教學有以下幾點理由: (1) 教科書的內容依循著組織性漸進, 並且提供教師豐富有效的教學活動以達到教學目標; (2) 因為可以從教科書上知道要教授那些內容, 所以教科書可以給予教師安全感, 不會形成太大的壓力; (3) 藉由教科書上的教學活動安排, 可以協助教師有效的控制與組織教室內的活動; (4) 教科書提供並整合大量的教學資源, 可節省教師做教學計畫的時間 (Bean, Zigmond & Hartman, 1994; Schung, Western & Enochs, 1997; 引自洪若烈, 民 92)。

國內學者亦發現教師授課內容和教科書形影不離的情形 (劉昭宏、郭重吉, 民 86)。柯華葳、周祝瑛 (民 84) 的研究亦指出無論國民小學或中學, 教室活動中絕大部分的活動仍是和教科書相關的講述、考試、問答、和作業。周珮儀 (民 91) 觀察小學教師解讀教科書的方式後, 指出優勢霸權的文本權威深深滲入整個教學過程, 整個教學流程大都在逐頁「涵蓋」課本內容, 而在實際教學中缺乏明確的課程意識與目的, 都是跟著各科教科書走。因為教師依賴教科書決定教學內容的影響, 大多數教師採取保守的(defensive)教學, 教學方式以教師為中心, 過於注重講述、問答、背誦...等可以完整呈現教科書內容的方法, 而學生的批判思考與應用卻鮮少有機會可以發揮 (洪若烈, 民 92)。

教科書對於教學影響如此廣泛, 但正在學校任職中的各科教師對於教科書的評價都不好, 333 位小學教師認為學生對物理學基本科學概念的理解不當, 可能是教師不瞭解基本的物理概念所致 (Ball, Feiman & Nemser, 1988)。而生物教科書在陳述重要生物概念時有的是錯誤的, 有的則是含有迷思概念, 都會對學生的迷思概念產生影響 (Storey, 1991; 引自謝秀月, 民 82)。Eaton、Anderson 和 Smith (1984) 探討小學五年級學生在學習光學概念方面所具有的迷思概念時, 提出教科書內容不當與教師概念有偏差時, 皆會加強學生所擁有的迷思概念。Blosser (1987b; 引自謝秀月, 民 82) 認為教科書通常是科學訊息的主要來源, 也可能是迷思概

念的來源，文中指出 Cho Hee-Hyung 等人在研究 BSCS 的三套生物教科書後，確立出教科書可能會引起學習者產生迷思概念與學習問題的來源有：概念的組織（尤其是主題的次序）；概念間的關係；使用的術語；數學符號等等。學生先前的經驗和教師教學都會影響到學生學習科學概念，教科書及教學指引的教材、習作、測驗卷內容有一部份與學生所擁有的迷思概念相同或相似，足以顯示教材不適當是形成學生迷思概念的來源之一（Helm & Hall, 1985）。研究發現當教科書對於熱的定義不明確清楚時，本身就具有迷思概念（Mak & Young, 1987）。這些不同的定義對學生形成困惑，使學生擁有不同熱的概念，進而有了許多迷思概念（Summers, 1983）。

謝秀月(民 82)探討我國國小學童在地球科學方面的科學概念：日夜的形成、四季的形成、風與雨、山和河、月亮的圓缺等科學概念所具有的另有想法，其中分析了我國國小自然教科書中地球科學相關單元內容時發現在國小四年級「美麗的山川」、五年級「星球的運動」、「太陽和季節」等單元，教科書所編寫的內容，容易引起學生對山的形成與四季之形成原因產生迷思概念。Digisi 和 Willett (1995) 研究亦提出科學教科書最常出現的問題有：科學概念的不當解釋；陳列太多表面的、未深入處理的科學概念；內容偏向事實與細節的描述，而非培養可信的學習態度與行為；所包含的訊息可能很快便會過時等。而在 79 學年度版的國中地球科學教科書中，便曾出現「人靜止躺在死海湖水中能浮出水面而無沈沒之虞，乃因獲得較多浮力」之錯誤的說法。並有研究指出在遇到需要翻譯的詞類時，有時翻譯的中文不同，也會造成學生學習困難（李春生，民 90）。因此教科書的編纂對學生科學概念學習必有其程度的影響以及重要性。

當學生在閱讀科學教科書時所採用的策略又是如何呢？從過去研究指出學生在個別閱讀科學教科書時，由於一般教科書的內容涵蓋了「品質甚差」、「不周全的說明」、「太多的術語」，這些問題使得學習科學更加困難，同時也阻礙了學生「概念改變」的機會(Holliday, 1991)。

Roth(1991)列舉出學生常使用的閱讀策略：

- 一、藉著自己的先備知識回應課本上的內容。譬如：學生常不多加考慮教科書所教授的內容，僅憑著先備知識回答課本上的問題，而不是有效的去運用教科書的內容。

- 二、採取見樹不見林策略。有些學生在閱讀科學教科書時只將注意力集中在一些詞彙上，這些顯要字(big words)常使學生擁有的只是支離破碎片段知識，而不知這些概念之間的相關性，因此迷思概念依舊存在，且學校知識(school knowledge)與真實生活仍是脫節的。
- 三、無法有效的連結概念與概念間的關係。學生相信「記憶或背誦事實」才是學校教育的目的。科學學習是將自然現象中的許多事實堆砌而成，因此視每一個事實陳述都很重要，但終究不理解其相關性及實用性。
- 四、利用先備知識瞭解教科書中的解釋。採此項策略者較傾向將教科書的知識與學習者本身的先備知識連結在一起，但礙於個人所持有的概念與文中相衝突，因此學習者往往扭曲或忽略文中知識。一般而言，學習者是期望透過教科書來確認他們原有的知識。閱讀並非改變他們的已知；閱讀只是用以填補一些他們未知的細節使自身知識更加豐富。
- 五、充分利用概念改變策略來閱讀課文：此法與前述四者大異其趣。利用此法閱讀的學習者將文中的知識用以整合自己已具有但相互衝突的知識。然而學習者本身在此時則扮演著相當重要的角色，就是在面對這樣的衝突時，他們能正視癥結之所在，直到問題解決為止，最後將科學知識融入到自己的知識結構中。
- 六、上述前四種為無效的閱讀方式，嚴重的影響學生對科學的認知。由於教科書偏重科學術語的介紹與解釋，忽略了將學生既有的知識與科學知識相連結在一起，故學生一般只注意黑體字的定義，或只會從課文中尋找黑體字來解答課本每章節後面的問題，而學生也無法有效的將新學會的知識應用到日常生活中，造成學生常在學校學習到的知識與實際生活是脫節的(Holliday, 1991; Meyer, 1991; 引自邱美虹, 民 82)。

Roth(1991)根據一般教科書的問題與其造成學習上的問題提出下表。

表 1 科學教科書與學習上的問題（引自邱美虹，民 82, p5）

一般科學教科書的問題	造成學習上的問題
內容太廣且太膚淺。內容呈現許多概念，但僅限於表面而無深層的介紹。	鼓勵學生記憶一連串不相關的事實陳述與詞彙
教材的編寫以科學家的角度來寫，而忽略了學生的既有知識與思考方式	由於學生無法洞悉自我想法與教科書中有何相關，造成他們必須扭曲教科書的意思以配合他們的先備知識，因而造成他們無法改變其想法。
教師手冊著重於給予正確的答案而不討論與考慮學生的其他反應。	學生會發展出不適當的策略來獲得答案並繼續持有其嚴重的迷思概念。且認為科學學習的本質只為了獲得正確的答案（即使正確答案對他們而言並不具任何意義）。
對概念的解釋僅提供一種方式說明，同時對概念的解釋也常一筆帶過課程中的活動/實驗與教科書中的概念並未環環相扣。	學生是教科書的解釋是用以記憶，與他們對物理世界的理解無關。 「做」(doing)與「閱讀(reading)和思考」(thinking)」科學概念是不太相關的。 科學活動只是好玩、有趣罷了，並不能幫助他們對科學概念發展出較好的理解。
教科書中所提的問題常是以事實導向為主，很少要求學生提出解釋與說明	學生認為由於他們可以回答「事實」型態的問題就代表他們理解科學。然而他們可能仍擁有一些未經考驗而嚴重錯誤的迷思概念。

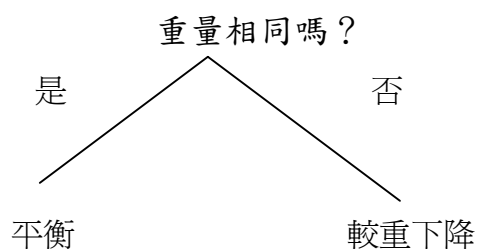
由此可知，教科書的內容對於會造成學生在學習概念上的困頓。值得我們在設計教學內容以及安排教學活動時多加注意，以免間接構成學生的迷思概念。

第二節 槓桿概念的相關研究

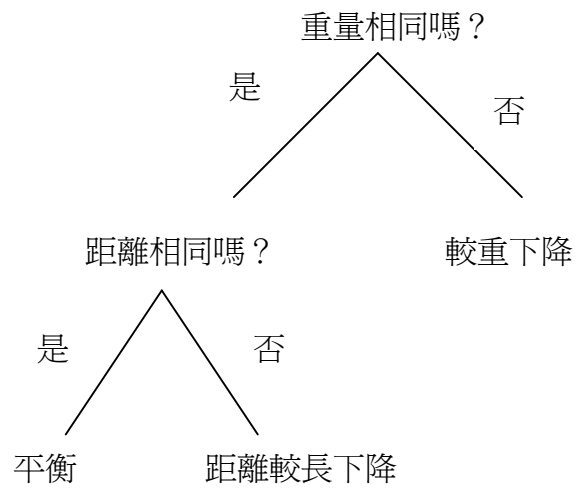
槓桿概念發展最高階層的使用規則，是使用重量與從支點到兩端距離的交乘積以決定槓桿是否平衡、右邊向下傾斜或左邊向下傾斜，這個規則被稱為力矩乘積 (the product-moment rule)。而其認為對學童槓桿平衡問題的概念發展有兩個基本假設：第一，孩童在推理能力的本質上是可以發展的，具有規則性，且逐步增進所使用的規則之精確度；第二，規則可以由一系列問題正確與錯誤答案具體的型式被描述。根據此假設，Siegler(1983)提出了個體解決槓桿平衡問題時所使用的層次規則(a hierarchical set of rules)。

Siegler 運用六種槓桿類型以便分析出學生判斷槓桿平衡問題的規則，使用的六種槓桿類型分別為：1. 簡單平衡題—槓桿兩邊重量和距離相等；2. 簡單重量題—槓桿兩邊距離相等，但重量不相等；3. 簡單距離題—槓桿兩邊重量相等，但距離不相等；4. 衝突重量題—槓桿一邊重量較重、距離較短，另一邊重量較輕、距離較長；重而短的一邊會下垂；5. 衝突距離題—槓桿一邊重量較重、距離較短，另一邊重量較輕、距離較長；輕而長的一邊會下垂；6. 衝突平衡題—槓桿一邊重量較重、距離較短，另一邊重量較輕、距離較長，兩邊會平衡。而其分析出的四種判斷規則如下：

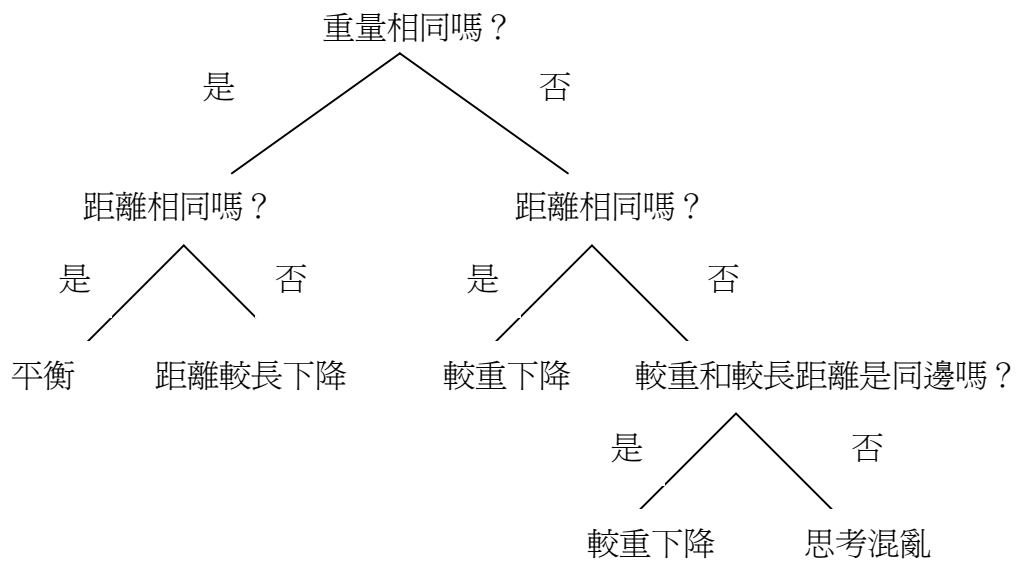
規則一



規則二



規則三



規則四

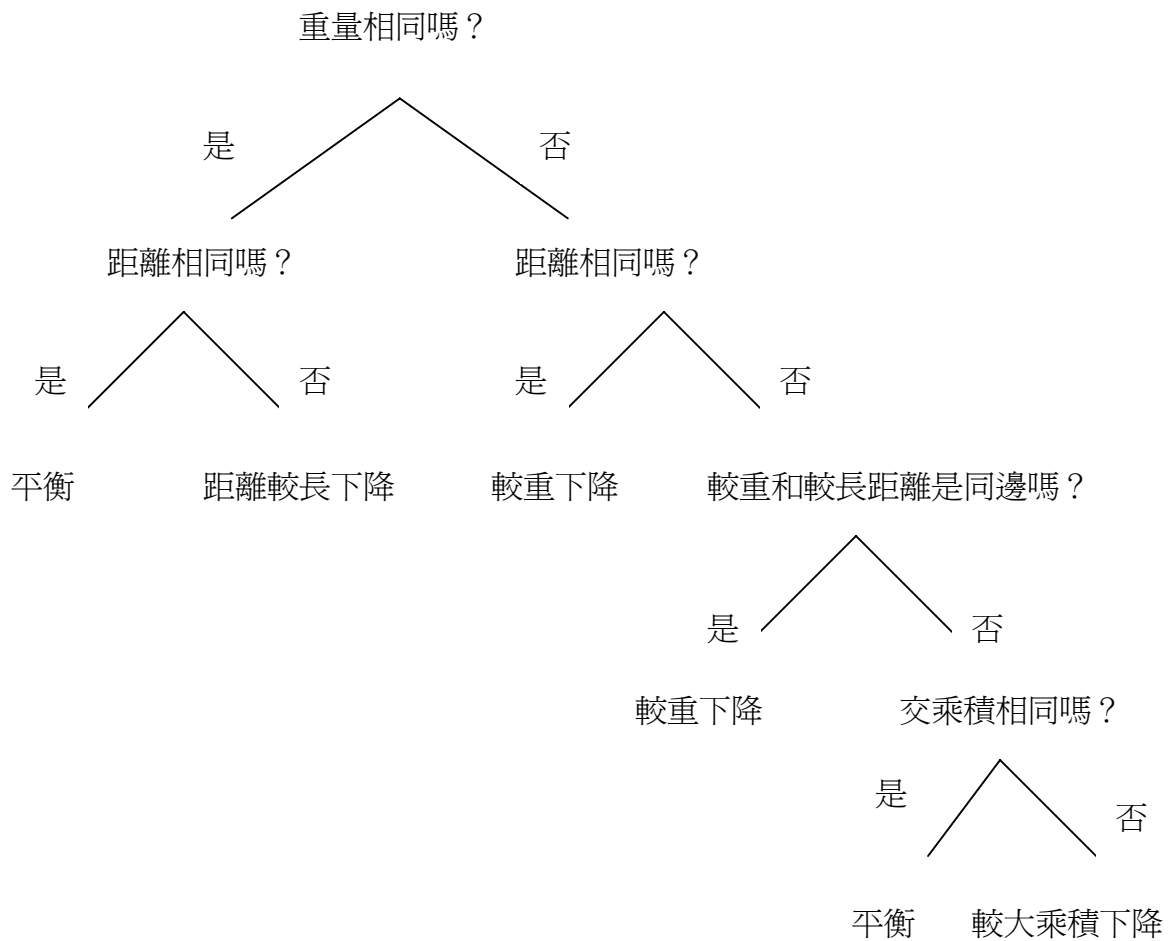
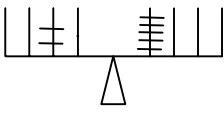
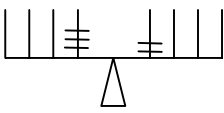
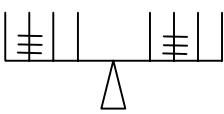
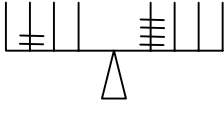


圖 2 解槓桿問題四個規則的流程圖 (Siegler, 1983, p633)

Siegler(1983)發現四、五歲的兒童使用規則一，八至十歲的兒童傾向使用規則二，十三歲的兒童會應用規則三，而受了訓練後的成人則會使用規則四。類似的研究成果也由Chletsos和Lisi在1989年的研究中得到印證，並且由研究中發現成人使用規則三以及規則四居多，但也有部分成人歸類於規則一及規則二，可見槓桿概念的迷思分佈在許多年齡層，並不容易予以更改。

林清山 (民 85) 翻譯 Siegler 於 1983 年分析出習得年齡的分佈與解決槓桿問題的四個規則關係表可以發現學童及成人對於槓桿問題解決策略的發展層次，以表 2 示之。

表 2 習得年齡與解決槓桿問題的四個法則關係表(Siegler, 1983;引自林清山, 民 85, p145)

發展層次	學得年齡	通過問題類型	策略
1	4-5	 (100% 正確)	規則 1：選砝碼較多的一邊，如兩邊砝碼一樣多，則選答「平衡」。
2	8-10	 (100% 正確)	規則 2：同規則 1，但兩邊砝碼一樣多時，會選擇距離較長那一邊。
3	13	 (33% 正確)	規則 3：同規則 2，但若一邊砝碼較多，又另一邊距離較遠，就猜測答案。
4	經訓練之成人	 (100% 正確)	規則 4：同規則 3，但是如一邊砝碼較多，又一邊距離較遠，就算重量與距離的乘積。

國內研究中發現四年級50%的學生會以重量作為解題參考，32%的學生在重量相等時，才會考慮距離，約12%的學生注意到重量和距離都會影響，但不知道如何影響（江文慈，民82）。樊雪春（民89）針對國小學童研究其解決槓桿問題能力表現時發現：不同科學能力的學生在使用解槓桿問題的四個法則上並沒有顯著差異，而將規則一、規則二、規則三視為迷思法則，規則四視為正確法則，高能力學生傾向使用正確法則解題，中能力學生會傾向使用迷思法則解題。而使用建構取向教學法對於學生學習槓桿概念並沒有顯著效果。

Spada (1976; 引自俞筱鈞, 民71) 提出另一種模式, 假定八個在解決槓桿平衡問題上的認知操作。

表3 解決槓桿平衡問題的八個認知操作之假定(Spada, 1976; 引自俞筱鈞, 民71, p34)

認知操作	認知操作方式
1	注意且能對砝碼數目的扣除
2	注意且能對力臂長度的扣除
3	由於一邊的改變, 以相同形式對另一邊砝碼或力臂長度的補償
4	由於一邊的改變, 以不同形式對另一邊長度的補償
5	由於一邊的改變, 以不同形式對同一邊的補償
6	額外的考慮使槓桿平衡需要的改變因素之補償
7	對槓桿原理槓桿兩邊重量與力臂的交乘積必須相等的額外推演
8	以另一種方式對同一邊對等的不平衡的補償

可知個體在面對槓桿平衡的問題, 並不只有一個解決方式。依據概念的發展程度不同, 會逐步的考量影響槓桿平衡的因素, 例如: 砝碼重量、力臂長度。

Piaget (1958; 引自俞筱鈞, 民71) 對解平衡桿解題行為的研究, 是在一個天平上, 沿著橫桿上不同位置, 放置各種不同的砝碼。首先在天平的兩臂, 分別放上等重的砝碼; 但砝碼是使天平失去平衡。然後要求受試者調整兩臂的砝碼使成平衡。其研究結果發現

- 一、 年幼的兒童會把其中一臂壓下去，以用力強調他們自己的感覺動作經驗。如果要求一位四歲半兒童不經由手的協助，保持天平的平衡時，他回答「不可能」。另一位兒童則把兩個砝碼，放在某一邊的臂上，但另一邊臂上未放置任何砝碼，並且對天平不能平衡，感到奇怪。
- 二、 五、六歲兒童開始在兩臂上添加砝碼，進行試驗，但是他們未具備用減去重量來維持平衡的可逆性觀念。
- 三、 七歲的兒童開始具備可逆性的觀念，以減去重量來維持平衡。
- 四、 較年長兒童（約為七歲以上具體運思期兒童），在未真正瞭解的情況下，以嘗試錯誤方式進行探索。
- 五、 青年期前期的年輕人，能建立「越重的，要放在越接近中間」的觀念。

Piaget (1958) 以「四組」(INRC-group) 思考結構來描述形式運思期富有彈性的思考。四組意指四種轉換的組，分別為同一性(Identity)、相逆性(Negation)、相互性(Reciprocal)和相關性(Correlation)。Piaget 並進行解題行為的研究來闡明這四組的思考結構。

表 4 解平衡桿行為之思考結構(Piaget, 1958；引自俞筱鈞，民 71，p168)

情境	在天平某臂上加上一個砝碼，因而破壞天平的平衡，要使天平恢復到原來的平衡狀態，
思考結構	行為
同一性(Identity)	把全部的砝碼都移走
相逆性(Negation)	把加上的砝碼取走

相互性(Reciprocal)	在另一臂上相同距離添加一個等重的砝碼。
相關性(Correlation)	將較重的砝碼的距離給予增加，使它更接近中心點，或將較輕的砝碼離中心點遠一些。

歐陽鍾仁(民76)在探討形式操作期學童的比例推理能力時，發現要判斷學生能否運用方程式，表示一物體到支點之間的距離乘上該物體的重量等於另一物體到支點之間的距離乘以該物體的重量時，可以利用一個槓桿平衡器，將兩個砝碼分別掛在槓桿的兩邊，先移去一邊的砝碼，詢問學生的解決之道。再將砝碼全部取下，研究學生平衡槓桿的解決策略。其結果發現：具體操作期的兒童雖然知道用砝碼來使槓桿平衡，但不如形式操作期的兒童能指出重量與長度兩者影響平衡的比例關係。

研究顯示學童對於槓桿平衡有著許多迷思概念(游光純，民89; 張志銘，民93; 賴明照，民93; Halford & Dalton, 1995)。例如：在判斷槓桿平衡時會有誤用槓桿原理、以力臂長作為考量點、將力矩與重量混淆…等情形。在國內的研究裡，游光純(民89)透過臨床晤談; 張志銘(民93)以二階層試題診斷1049位國小六年級學童; 賴明照(民93)利用晤談及二階層試題問卷調查五年級426人，六年級444人，共870名學生的槓桿迷思概念。綜合以上質與量的研究，可以發現高年級學童對於槓桿有著以下的另有概念：

- 一、 只要砝碼數越多的一邊，重量越重，則槓桿會向重量重的一邊傾斜向下(游光純，民89)。此點與 Hardiman 等人在1984年的研究相同。
- 二、 只要兩邊的距離一樣多，槓桿就會平衡(賴明照，民93)。
- 三、 只要兩邊的重量一樣，槓桿就會平衡(賴明照，民93)。此點與陳義勳(民80)的研究結果相同。
- 四、 當兩邊砝碼一樣多時，認為比較靠近支點的那一邊就會向下傾斜(張志銘，民93)。

- 五、 將力臂與重量混淆，當遇到一邊砝碼較多，另一邊力臂長時，則判斷依據出現不一致的情形(游光純，民 89)。Halford 和 Dalton(1995)的研究中發現通常學童會判斷比較重的那一邊傾斜。
- 六、 抱持力臂與重量是互補的想法，他們會以一格力臂補一格砝碼的想法去判斷槓桿平衡的情形。學童會把兩邊的砝碼數與到支點的距離分別相加來做比較，藉此作為槓桿平衡與否的判斷方式(游光純，民 89)。
- 七、 認為位置高低影響槓桿平衡，物體越低重量越重，也有部分學童持相反意見(游光純，民 89；張志銘，民 93)。
- 八、 學生認為懸掛方式會影響槓桿的平衡，壓在桿子上的物體比較重使得槓桿往比較重的方向傾斜(張志銘，民 93)。
- 九、 認為線的長短會影響槓桿的平衡，掛物體的線越長，物體會越重。或是認為線是屬於力臂的一部份，或是力臂的延伸，因此力臂較長的一邊較重(游光純，民 89)。
- 十、 以直觀體積大小來判斷槓桿是否平衡，換言之會認為物體體積愈大會愈重(張志銘，民 93)。
- 十一、 會以物體表面數量來判斷槓桿是否平衡，換言之會認為物體表面數量愈多會愈重(張志銘，民 93)。
- 十二、 會有重量與力矩相混淆的想法(游光純，民 89；賴明照，民 93)。高年級學童對日常生活工具易有以下的迷思概念(張志銘，民 93)：
 - 一、 因為螺絲起子的支點在中間且施力臂的長度小於抗力臂的長度，所以是費力工具。
 - 二、 因為開瓶器、榨汁器、取碳夾和裁紙刀的支點在中間，且施力臂的長度大於抗力臂的長度，所以都是省力的工具；另部分學童認為榨汁器施力臂的長度小於抗力臂的長度，所以是費力工具。
 - 三、 鑷子、麵包夾支點位於施力點與抗力點之間，施力臂的長度小於抗力臂的長度，所以是費力工具；亦有部分學童認為施力臂的長度大於抗力臂的長度，所以判斷其為省力工具。

四、 運用老虎鉗、螺絲起子、拔釘器時，皆感到需要用很大的力氣才能完成，所以認為使用這三種工具是屬於費力的工具。

五、 學童的性別差異對於槓桿迷思概念及運用槓桿原理於生活中的簡單機械工具之迷思概念，其測驗總分上的表現並無顯著差異的存在。

賴明照（民93）研究國小五六年級的學童對於槓桿迷思概念的差異性發現迷思概念普存於高年級學童，而五年級學童對於槓桿概念的迷思概念比六年級學童來的多。大部份的學生似乎在使用力距乘積規則前會發展與使用比率規則解決槓桿平衡問題，但卻無法適當的對距離編碼，並且會解決先前問題的經驗之相關訊息以解決問題（Hardiman, 1984）。

Tourniere和Pulos（1985；引自賴明照，民93）在研究相關文獻後表示隨著年齡的增長，青年人在解決槓桿問題的成功率戲劇化地達到50%，這種增加與短期記憶資源的增加平行，早期結果發現只有少部份受測者會使用力矩乘積的規則解決平衡槓桿的問題。Juraschek以及Grady（1981）研究發現11年級的學生會做38%的標準槓桿問題；然而在沒有回饋的條件下，只有23%的大學生解決槓桿問題；相似地，一項試驗性的研究中，在沒有回饋提供時，43位學生中沒有一個解決問題。然而，受試者可以被容許在用手操作或其他的回饋中互相作用時，他們時常引發適當的策略以解決這些問題（Hardiman, Pollatsek & Well, 1986; Juraschek & Grady, 1981; Siegler & Klahr, 1982；引自賴明照，民93）。

在滑輪方面，學童的迷思概念則有以下幾項：

一、左右邊掛的東西一高一低時，學生會預測接近地面的物體比較重（董正玲，民79；彭泰源，民88；McDermott, 1984）。

二、懸掛於滑輪兩邊同重的物體會靜止於相同的高度（White & Gunstone, 1992；引自游光純，民89）。

三、懸掛於滑輪上，較高的物體會比較低的物體有比較大的力（Watts & Zylbersztajn, 1981）。

四、輪軸方面，學生認為輪軸直徑大者，欲使其轉動所需力量較大，且需較多時間（陳義勳，民80）。

第三節 兒童的迷思概念

一、概念的定義與發展

對科學教育工作者來說，學生能建構適宜的科學概念是科學教育重要的目標之一。當一個符號代表一組具有共同特性的事物時，我們說它指示一個概念，概念是依使用者背景來表達實體，每個人都在建構自己的實體，因此對「概念」的認知、瞭解及詮釋會有差異（熊召弟，民 84）。有些學者認為概念是一種態度、想法、心智活動（黃台珠，民 73; Hunt, 1975; 引自劉俊庚，民 90），一部份學者認為概念是一種符號、事件（Novak, 1984; Duit & Treagust, 1992; 引自張春興，民 87）。

Pella (1966) 主張「概念是科學過程 (scientific processes) 的產物，可作為進一步研究科學的基礎，有時又可作為技學工作者應用的知識」。概念其實是網織科學知識的經緯，可以統整新舊科學的訊息，幫助學習者發展相關的科學新知，成為有系統的概念綱領 (conceptual schemes)，要對概念作一簡明的定義將有著掛一漏萬的風險。因此 Pella (1966)，列舉出了下列的概念特徵：

- (一) 一種象徵 (symbolism)，同時也是個人或社群所抱持的觀念；
- (二) 由任何一物件、現象、過程，從簡單到複雜構成一連續體 (continuum)；
- (三) 是多個事實、物件、現象的經驗，概化 (generalization) 而形成；
- (四) 透過經驗，所得到的抽象想法；
- (五) 能把事實或假設的事實相互連結在一起；
- (六) 不一定是實際的親身體驗 (physical encounter)；
- (七) 不是自然或實體的本質；
- (八) 不是實體的圖像 (photographic image)；

- (九) 只有適宜或不適宜的爭論，並無真偽之別；
- (十) 有五種基本關係：和人、事、其他概念、概念系統、及過程的關係；
- (十一) 可以拿來應用預測及詮釋；
- (十二) 感覺經驗的次序 (sequence) 來決定；
- (十三) 由形成時的文化型態來決定；當文化改變時，概念的意義及價值觀也隨著改變；
- (十四) 由引導它形成的步驟來決定其本質；
- (十五) 可能因新知識的考驗而不適宜，所以必須經歷不斷地修正；

由 Pella (1966) 所陳述的概念特徵來看，科學概念由科學家心智創造的產物，它可能因新事實、物件、現象的出現而加以改變、修飾、放棄了原有就詮釋出的概念，成為一種對一群科學事實、物件、現象抽象概化的想法。

概念只有適宜及不適宜，而且也受到形成時的文化情境所左右。因此在科學教學時，科學教師不僅要知悉科學知識的獲得，是學習者主動建構而來，並要提供學生進行概念成長及改變的學習情境。在學習的過程裡，學習者是主角，教師只扮演著引導者、諮詢者的角色，學習者經由同化 (assimilation) 及調適 (accommodation) 的心智操作 (mental operation) 建構了自我的概念系統。

Klausmeir (1974) 曾提出「概念學習與發展理論」(Concept Learning and Development; CLD) 加以運用於教學的一種概念理論。這理論可將概念的發展由淺至深，循序漸進共可分為四個層次：

- (一) 具體層次 (concrete level)：學生可以認出他曾經接觸過的事物如先前看到的個體，後來當個體在相同地方和位置看到它時，有再認的能力。
- (二) 識別層次 (identity level)：不僅能從不同的物體區分出相同物體不同的形式，能一般化 (generalizing) 特定物體的形式為相同的東西。

- (三) 分類層次 (classification level): 分類層次是指對於相同的事物的兩個以上不同的例子能夠歸納為相同種類的東西。
- (四) 形式層次 (formal level): 清楚了解一概念的意義、獨特的屬性和能夠分辨出相似的概念的差異處。

依據CLD，概念的發展是依循以下原則：

- (一) CLD表示同一概念可以四個不同層次順序逐漸發展。但並不表示四個不同的概念。
- (二) 不是每一個概念都一定是四個階層，有的只有兩個或三個階層，可是其發展的順序不變。
- (三) 同一個層次不同內容的概念發展，由於概念內容難易度、抽象程度不同，因此是屬於同一層次的概念，其學習難易、發展先後仍有很大的不同。
- (四) 相同概念持續不斷發展逐漸的進步，連續層次概念的發展也可能同時並排進行，由一個概念到下一概念的達成是連續的，而非間斷。
- (五) 概念學習的效果，與學習者本身、學習環境、學習條件有關。例如：學習者本身的動機、認知發展的層次、學習能力的不同抑或者社會文化環境的不同都可能影響學習的效果。
- (六) 概念發展的差異與學習者年齡有關。Klausmeier(1974)曾應用CLD研究不同年齡學生概念的發展，結果顯示：隨著年齡的增加，概念發展到達高層次的比率也逐漸增加。由因素分析的結果推論，從大約十二歲時開始，個體所精熟的概念程度依科目的內容(如：英文、數學、科學…等)，差異日趨擴大。

林生傳(民86)研究亦發現我國從小二到高一不同學習階段的學生之概念發展，小學四年級至小學六年級在具體層次的概念方面進步很快；而小學六年級是分類層次的概念和形式層次的概念發展最快速的年段，六年級以下的年級發展比較緩慢。

二、迷思概念的特性

大多數學生所抱持的看法、原則或信念，會與課本或專家的看法、原則和信念有所不同，便可稱為迷思概念 (Gilbert & Watts, 1983)。迷思概念兼具發展和學習的性質，因為它具有發展性質，所以學生的迷思概念不易被改變；因為它有學習性質，學生形成世界觀時，才有逐漸導向專家、正統的可能的可能 (裘維鈺，民84)。同樣的，迷思概念也會阻礙了學生對科學的學習 (Wandersee, Mintze & Novak, 1994)。

Fisher(1985)主張迷思概念來自於一些強而有力的措詞間之關聯混淆、衝突或缺乏了解。導致我們多多少少都持有一些錯誤的想法，符合Fisher的另有概念定義為迷思概念或一些錯誤的想法，通常都具有下列的特性 (Blosser, 1987)：

- (一) 持有的概念與專家們所持有的概念有不一致的差異。
- (二) 個別的迷思概念或少數迷思概念具有普遍性 (許多個體幾乎都存有)。
- (三) 大多數的迷思概念都很難去改變或修正，尤其是在使用傳統的教學策略之下。
- (四) 迷思概念包括由邏輯的命題聯結而產生的另有信念，而這些信念是由學生用自己常用的方式產生。
- (五) 某些迷思概念的歷史有其發展歷程，換言之，現在學生所持有的迷思概念可能是早期研究者所接受的想法。

Driver等人(1985)在「兒童對科學的概念」一書中，則以邏輯思維的角度，剖析兒童的想法具有下列一般特色：

- (一) 感覺主導的思維(Perceptually dominated thinking)：兒童面對問題情境時，常用所觀察到的現象作推理。例如：學生看到一支直的筷子插入玻璃杯的水中後，從外表看起來是彎曲的，當教師尋問時，大多數的學生都認為筷子在水中就會變成彎曲狀態。

- (二) 以絕對的性質作解釋(Interpretations in terms of absolute properties)：兒童對於「相對的運動」及「互補色」的想法，均難以明白，解釋時無法以「反運算」(the Operation of reciprocity) 予以思考。
- (三) 只注意到現象的變化(Focus on changes)：兒童觀察物理現象時，對穩定狀態則不加以解釋，只注意到具有變化的現象。例如：一本書靜置於桌上，問學童有什麼力作用在書上，許多學童只答地心引力，也有學生認為沒有任何作用力；但若問學生，掉落中的物體受什麼力作用，大部分均回答地心引力。
- (四) 概念未經分化以達精緻的地步(Undifferentiated Concepts)：對於相近的物理現象，學童往往把好幾種科學概念混用來加以說明。例如：對熱、溫度與能量的概念十分模糊，混淆不清，在解釋相關的現象時，常誤用以上名詞，甚至將其交互使用；甚至於常使用科學名詞，但是卻無法對該名詞下完整的定義。
- (五) 使用單純的「線性因果」做推理(Linear casual reasoning)：只能以十分簡化而單純的「線性因果」來解釋所觀察到的物理現象，例如：將玻璃珠排成一列，用一顆快速運動的玻璃珠撞擊此列玻璃珠的第一顆，將使最後一顆玻璃珠彈開而運動。不少兒童認為當其用手彈出玻璃珠時，手臂肌肉的運動導致玻璃珠彈射，接著手的運動引發了一連串的運動，每一顆玻璃珠都往前移動一點，最後一顆累積了所有的移動，所以彈的最遠。

從許多研究如(Gunstone, 1987; Halloun & Hestenes, 1985; Linder, 1993; Lewis & Linn, 1994; Millar & Kragh, 1994; Palmer, 2001; Tytler, 2000; Watson, Pioto, Dillon, 1997; White, 1984)發現學生具有許多其他概念的特殊知識，而來支持他們的想法，其中這些概念是具有組織性，與情境具有相關性存在的，學生會用不同的解釋方式來詮釋相同現象的不同例子。例如：Bar和Galili(1994；引自劉俊庚，民91)的研究發現學生面對衣服會乾與小碟子上水的蒸發兩種現象時，學生的想法會依情境不同而有所改變。學生的概念或想法是具有組織性的，只是組織的方式跟架構與科學知識不太相同。學生會混合組織他們的概念架構，依照

情境的不同有所更動，而提出不同的解釋。Minstrell(1982)認為應將學生的概念可稱為”面向(facets)”，那是屬於片段知識(pieces of knowledge)，是與問題情境相互連結的，當某一個特別的問題情境時，則會活化某一個特定的面向，而且每一個面向是與許多不同的情境相關的，因此情境決定了學生的解釋型態。

學童常以直覺的想法去解釋真實生活世界中的問題(Thijs, 1987; Clement, 1982; 引自蘇育任, 民82)，而且缺乏一致性的概念基模(Consistent conceptual scheme)(McDermott, 1984)。小朋友的知識通常是不調和與相互衝突的，而且他們也不認為一致性是必須的(Driver, Guesne & Tiberghien, 1985)。所以這常是在探討學童迷思概念時遇到的困難之一，學生無法有效的陳述其概念，缺乏一致性的表達，常隨著情境不同而有不同的回應。教師也無法有效的診斷學童的迷思概念，導致教學上的困難以及學習上的盲點。

三、迷思概念的來源

學生因為過去的生活經驗或學校的學習，對於某些自然科學的現象有其獨特的想法或解釋，而不同於一般所公認的科學知識，此時其想法或解釋稱為「迷思概念」(楊純珠, 民88)。當個人企圖去解釋、合理化所得的新資訊時，學生會發展出不一致的概念結構，這些通常是片段的、不完整的和錯誤的。尤其是當學生在學校活動中或日常生活裡接觸科學理論或模式之後，他們會結合某些不正確的訊息到他們的概念結構中，進而發展出不正確的想法(Driver & Easley, 1978)。而根據研究顯示學童可能因記憶公式而通過考試，但對於科學的瞭解卻是膚淺的，並夾帶著許多的迷思概念(熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫譯, 民86)。迷思概念的來源可歸納於下列幾點：

(一) 日常生活經驗

迷思概念可能起因於學生企圖去瞭解每天生活中的經驗(Bendall, Goldberg & Ggalili, 1993; Garnett & Hackling, 1995)，在理解的過程中，學生會有自發的概念，其中也會包括某些迷思概念。例如有研究指出指出學童根據其生活經驗認為太陽是會移動的，並且是繞著地球移動。到了晚

上，看不見太陽，所以晚上太陽是不會移動的（Brewer, Hendrich, & Vosniadou, 1987, Vosniadou, 1987, 1988, 1989a; Vosniadou & Brewer, 1990; 引自熊召弟等譯，民 86）。當學童在學習過程中發現到人們所認可的訊息和他們的經驗信念相衝突時，他們並不願意承認他們的經驗信念是錯誤的。他們解決這衝突的方式是發展另一迷思概念，以便能有效的協調兩者間的差異。例如學童透過生活經驗易建立「地是平坦，以方便人類居住。」的概念。但在學習過程中，卻被成人世界告知地球是圓形的概念。學生並不一定會察覺到其中的矛盾。因為學童可能發展出雙元地球的迷思（亦即，有兩個地球：一個平坦的是人居住，一個圓的是天空），使許多兒童解決球體/平坦的矛盾，依據不同的情境、選擇不同的概念，卻不必改變他們任何的經驗信念。

（二）文化語言因素

除了與物理環境接觸外，學生也可能會從他們生活的社會環境中獲得一些迷思概念。因為他們所使用的語言、文化的信念與他人的互動，也是迷思概念的主要來源（洪瑞英，民 87; 謝秀月，民 84; Fisher, 1985; Osborne, Bell & Gillbert, 1983）。

Solomon（1983）的研究中指出學生的先備概念會受到其根深蒂固的文化所影響，這種文化及語言的效應是無法有效被消滅的。Lewis 和 Linn（1994; 引自熊召弟等譯，民 86）認為每天所使用的語言是導致直覺概念的來源，他們能夠使用許多語言與字彙，卻有很少的理解，會造成如此的因素是每天使用的語言並未明確的被使用。例如一位媽媽可能會對小朋友說：「要記得給植物水喝，它們才會長的快。」。這使得小朋友易產生「植物以水為食物」或是「葉子會喝水」的迷思概念。而 Schmidt(1991)的研究也指出學生容易誤認酸鹼「中」和後一定為「中性」。因此在平常的教學過程中，教師應特別地強調每天日常用語和科學語言之間的相異處，藉以修正學生的迷思概念。

（三）社會因素

在與社會互動的過程中，學生也容易產生迷思概念（Duit, 1996；

Fisher, 1985 ; Jones & Lynch, 1989 ; Osborne, Bell & Gillbert, 1983) 。學生在日常生活中，廣泛的接收各方資訊，從報章雜誌、電視媒體、人際互動擷取部分或零星的科學知識，在在都可能成為迷思概念的來源。例如：學生可能透過電視媒體知道企鵝的身體構造、生活型態、活動方式..等，卻容易認為企鵝是哺乳類，因為在介紹中企鵝的身體矮矮的，常蹲著，不能飛，會餵食小企鵝。學生藉由舊經驗知道哺乳類動物會分泌乳汁撫育下一代，所以學生容易有著「會哺育幼兒就一定是哺乳類動物」、「企鵝會養育、照顧小企鵝，所以企鵝等同於哺乳類動物」的迷思概念，這種連結上的錯誤就會使學童有迷思概念的產生。

Galili 和 Lavrik (1998) 認為這些社會互動和天真想法廣泛的被使用（通常以”常識”的形式），將豐富學生的自發想法，並且減低了正常化教學的效益。

（四）教師與教科書因素

研究指出教師是迷思概念的來源（熊召弟，民 84；Banerjee, 1991；Bar & Travis, 1991；McClelland, 1984；Osborne & Cosgrove, 1983；Quilez & Solaz, 1995）。老師有可能在教學過程中對教材內容產生錯誤的詮釋（Trembath, 1980）、企圖簡化概念（Bonder, 1991）或者用講述式教學來避免學生發問（Grossman & Wilson, 1989），如此都可能使學生產生迷思概念。教師和學生的各方經驗都不盡相同，所以學生建構出的概念和老師也一定有所不同（Roth, 1995）。因此教師必須時時檢視學生所建構出的知識內容，是否有不適之處，進而提供修正的機會，以減少學生迷思概念的產生。

教科書亦是迷思概念的來源之一（Andersson, 1986；Jones & Lynch, 1989；Stavridou & Solomonidou, 1998；王美芬，民 80）。教科書不僅是教師課堂教學的依據，也是學生獲得知識的主要來源之一，但由於教科書不當的編排、文字敘述、或是不適當的圖、表，這些往往是造成學生迷思概念產生的來源。例如：Joseph Stepan (1991；引自熊召弟等譯，民 86) 分析某本二年級的自然課本為呈現「蒸發」的概念，畫了兩張圖。

圖一是有個孩子在泥坑裡放了一隻船。圖二則是隔天孩子返回原地，發現泥坑不見了。教師希望藉此給予小朋友「水蒸發到空氣裡」的觀念，但孩子卻回答「水到裂縫裡了，因為第一張圖沒有裂縫。」；常見的人體器官圖，有時為了說明方便將動脈和靜脈用不同顏色繪製(如藍色及紅色)，而使得學生有著「血液在動脈是紅色，到了靜脈就變成了藍色」的迷思概念(許健將，民89; Anderson, 1986)。由此可見教科書上的圖片以及說明對每位學生都有可能有著不同的代表意義。

教師與教科書設計者應多用心研究教科書內容以及學生的反應，時時檢討教學過程的表達方式或內容是否亦造成學生混淆？如此才能避免學生迷思概念的產生。

四、診斷迷思概念的方法

研究迷思概念的目的是瞭解受試者的迷思概念有哪些，以便設計適當的方法，進而幫助學生，研究迷思概念常用的研究方法如下：

(一) 晤談

晤談是透過訪談的過程，了解受訪者所擁有的概念與生活世界的事件之間的關係，並確定此一個體在特定的事件中所擁有的知識本質。晤談是一種特定目的與專業的對談，具有直接收集資料的能力，並融和了語文表達與實際操作資料收集的優點，是探究學生認知結構一個非常有用的方法(郭重吉，民89; Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982)。透過晤談法可進一步了解兒童在解題過後其思考的歷程(蘇幼良，民91)。而且臨床晤談法比紙筆法更能了解學童對於自然現象解釋的理由，進而了解學童的思考模式(王美芬，民80)。

(二) 紙筆測驗

紙筆測驗又可以分開放式的問答題測驗、封閉式的選擇題測驗以及二段式測驗，開放性的紙筆測驗，因兒童不易或不願透過書寫的方式表達出

自己的看法，造成提供的資料過於簡略，容易使分析結果不易及不客觀，而封閉性的紙筆測驗大多為選擇題，雖然花費時間較少，也可以使用大樣本，但兒童的想法容易侷限於題目的限制，無法充分的表達出自己的看法，而在答題過程中容易有猜題的疑慮使研究者不容易分析出兒童的概念架構。而二段式選擇題則是可針對學生的作答作更深入探究的一種診斷迷思概念的方式 (Duit, Treagust & Mansfield, 1996)。

Treagust (1995；引自張志銘，民93)引用Duit等學者解釋二階段選擇題的意義。題目的第一部分是與內容有關，第二部分則屬於推理或作答的理由。首先先界定概念的內涵，以命題陳述(pro-positional knowledge)的方式來界定學生需要理解的概念，然後設計選項，選項的來源則是來自於較知名文獻的研究和學生對於開放式題目及訪談時的作答情形，然後將學生可能的推理放入選項並進行試測，找出具代表性的選項，編列問卷。

Griffard和Wandersee (2001) 針對有關光合作用及呼吸作用的二段式診斷工具研究發現，學生第一段選擇的正確百分率高於第二段理由的選擇，及錯誤選項常讓學生在第一時間內作為選擇的參考策略，而不是從現有知識中所引發出來的迷思概念等發現，而這樣的發現讓我們對現有診斷迷思概念的工具，產生了更多注意力。