

第二章 文獻探討

本章說明本研究所使用的理論基礎與架構。第一節介紹 TIMSS 2003，第二節探討影響學業成就的因素，第三節說明我國國民小學的自然課程標準，第四節為與低分題試題概念相關的迷思概念。

第一節 2003 年國際數學與科學教育成就趨勢調查

本節介紹 2003 年國際數學與科學教育成就趨勢調查的發展背景、我國參加目的、TIMSS 2003 課程模式、科學評量架構、抽樣設計、受測對象與試題分配。

一、TIMSS 2003 發展背景

國際教育成就調查委員會創立於 1959 年，原屬於聯合國教科文組織之下的研究機構。在當時的時代背景之下，IEA 的主要成立目的是進行各國教育政策、執行與教育成就的比較研究，因此 IEA 所進行的研究廣受國際注目。IEA 成立至今，曾經參與過 IEA 各項研究的國家將近有 60 國 (Robitaille et al., 1993; Wagemaker, 2001)，IEA 研究的影響力不可謂不大。近四十年來，IEA 多致力於量測各國學生在數學與科學上的學習成就，同時，IEA 還會收集相關的教育背景資訊，以幫助每個參加國家能依據所得的資訊來改善該國教學環境與內涵，促進學生的學習成效 (Mullis et al., 2001)。

IEA 的跨國學習成就調查最早可以回溯至 1964 年舉辦的第一次國際數

學研究 (The First International Mathematics Study, FIMS), 這一次的研究共有十二個國家參與, 在 FIMS 的研究科目中只列入數學領域的評量。而加入科學領域的評量則是始於 1970 年到 1971 年進行的六科研究 (The Six Subject Study), 這一次的測驗項目共包含了科學、閱讀理解、文學、英文為外語、法文為外語及公民教育六科 (Walker, 1976)。於 1980 年至 1982 年進行的第二次國際數學研究 (The Second International Mathematics Study, SIMS), IEA 再次選擇了數學為研究的內容。一直到了 1983 年至 1984 年所進行的第二次國際科學研究 (The Second International Science Study, SISS), 才又將科學納入測驗中。1990 年, IEA 在會中決議其後將每隔四年舉辦一次科學與數學的聯合測驗以瞭解學生的成就表現趨勢 (Wagemaker, 2001)。

1995 年的第三次國際數學與科學教育成就研究共有四十五個國家/地區參加 (IEA, n. d.), 不過台灣並未加入。在這次的研究中, IEA 除了進行數學與科學的成就評量外, 還增加實作評量與課程等教育情境的調查 (Martin, 1996)。繼之於 1999 年舉行的第三次國際數學與科學教育成就研究後續調查, 包含台灣共有三十八個國家/地區加入這一次的測驗 (IEA, n. d.), 而且我國在 TIMSS 1999 中的成績表現極為亮眼, 科學總平均成績排名第一, 數學總平均成績排名第三, 物理第二, 化學第一, 生命科學第一, 地球科學第三, 環境與資源議題第二, 科學探究與科學本質第四 (洪志明, 2000)。

2003 年施測的國際數學與科學教育成就趨勢調查, 有五十二個國家/地區的八年級學生和二十九個國家/地區的四年級學生參加此次研究, 總計五十三個國家/地區 (IEA, n. d.), 我國同時參加了國中二年級與國小四年級的研究。

二、TIMSS 2003 課程模式

TIMSS 2003 在測量學生學習成就時，延續 IEA 在第二次國際數學研究所發展出的架構 (Travers & Westbury, 1989)，以課程為主要中心組織概念 (Martin, 1996)，此研究設計是從三個層次的課程模式去了解教育情境中會影響學生學習的因素。這三個課程模式由廣而窄，位於較下層的課程除了本身的背景情境會影響學生的學習之外，同時其上層的課程情境也會對學生學習造成影響 (Mullis et al., 2001; Robitaille et al., 1993)，如圖 2-1：

1. 規劃的課程 (Intended Curriculum)：規劃的課程指的是由國家的教育系統所設計的數學與科學教學內容，會受到教育系統背景與國家社會的影響 (Mullis et al., 2001; Robitaille et al., 1993)。規劃的課程主要包含在教科書、課程指引、考試內容、以及教育政策、規章與官方聲明裡 (Robitaille et al., 1993)。
2. 實施的課程 (Implemented Curriculum)：實施的課程指的是任課教師將規劃的課程加以詮釋之後，轉而呈現給學生的教學內容，實施的課程可能會受到教育系統所規劃的課程影響，但是和規劃的課程並不完全相同。實施的課程是在學校中所進行的教學，主要會受到學校的性質與組織架構、教師背景與教室環境所影響 (Gonzalez & Miles, 2001; Mullis et al., 2001; Robitaille et al., 1993)。
3. 達到的課程 (Attained Curriculum)：達到的課程指的是學生經由學校學習之後的成就表現，達到的課程不僅會受到規劃的課程與實

施的課程所影響，也和學生本身的背景有關，包含了學生過去的學習成果與個人特質，例如能力、態度...等（Gonzalez & Miles, 2001；Mullis et al., 2001；Robitaille et al., 1993）。

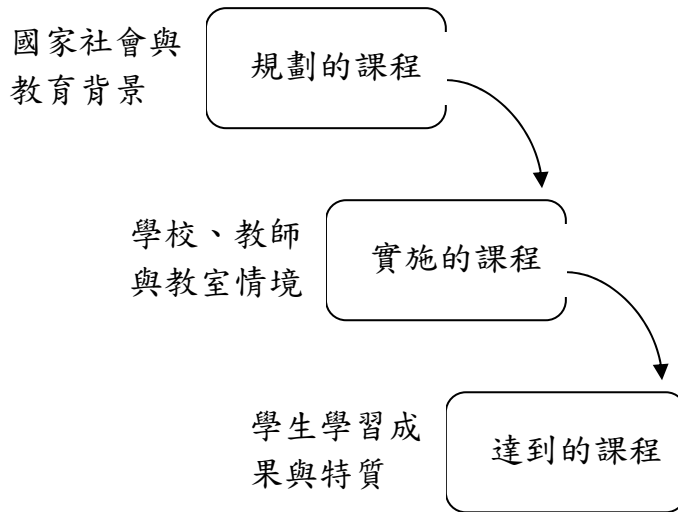


圖 2-1 TIMSS 課程模式 (Mullis et al., 2001, p. 3)

除了以數學與科學成就測驗來測量學生的學習成就，TIMSS 的另一重要目的是取得教育背景的相關資訊，以進行數學與科學教育背景的研究，TIMSS 2003 根據三個層次的課程模式分別以問卷的方式收集相關資訊。

在「規劃的課程」方面，IEA 要求各國的國家研究聯絡人 (National Research Coordinator, NRC) 與課程專家須回答一份課程問卷，這個部分的目的在於了解各國數學及科學課程組織與課程內容。在「實施的課程」方面，每個受測學校的校長都要完成一份關於學校組織、目標和資源的學校問卷，同時受測班級的數學和科學任課教師也必須填寫教師問卷，在問卷中包括了教學準備、教學重點、教學經驗、教育程度、對數學或科學的態度等相關內容 (Mullis et al., 2001)。最後，為了取得「達到的課程」的相關資訊，學生除了數學與科學成就測驗之外，也要完成一份有關學生

的教室經驗、對數學和科學的態度、家庭背景與學校外之活動的學生問卷。由這些問卷裡所獲得的資訊可以觀察到教育政策與實施的變化趨勢，並有助於參加測驗的國家提出改善教學的方案（吳修廉，2000；Mullis et al., 2001）。

三、TIMSS 2003 科學評量架構

因為每個參加國家的課程規劃都不同，所以為了確保 TIMSS 所測驗到的是重要的課程內容，才能讓各國將測驗結果用於檢驗學生的學習成就，並用來比較不同國家的教育環境。因此，TIMSS 在發展試題時建立了一個評量架構，以作為各國課程規劃的分析比較基礎、設計學生成就測驗與討論教學活動時的指引（Robitaille et al., 1993）。在決定 TIMSS 2003 的評量架構與測驗中應包含的內容領域時，IEA 首先考慮到（Mullis et al., 2001）：

1. 測驗內容應該包含在至少 70% 參加國家的課程中。
2. 測驗的內容領域應該是修改自 TIMSS 1995 與 TIMSS 1999 施測時的內容領域。
3. 測驗內容應該是未來數學與科學教育發展的重要內容。
4. 評量架構和測驗內容要能適合用於評量學生。
5. 評量架構和測驗內容要能適用於大規模的國際評量。
6. 測驗內容可以同時涵蓋在內容領域與認知領域內。

在做過多方考量之後，TIMSS 2003 將科學評量架構分為兩個主要領域（Mullis et al., 2001）：

1. 科學內容領域 (Science Content Domains)：科學內容領域指的是評量的內容，在內容領域之下可再細分成五個次領域，這五個次領域分別為生命科學、化學、物理、地球科學與環境科學。每一個次領域下又可分為數個主題，例如地球科學領域的主題包括：地球的構造與物理特徵，地球的演進、循環與歷史，太陽系中的地球與宇宙等三個主題。

2. 科學認知領域 (Science Cognitive Domains)：科學認知領域指的是預計學生在接受內容評量時可能達到的認知層次。科學認知領域又可分成事實性知識、概念性了解、推理與分析三個次領域，事實性知識指的是學生對科學事實、資訊、工具與程序的所有知識基礎，必須擁有豐富的知識基礎才能解決問題，發展科學解釋。概念性了解指的是能夠以科學概念來解釋相關的自然界現象。推理與分析則包括了分析解決問題、形成假說、解釋資料…等。

表 2-1 為 TIMSS 2003 在第一群（四年級）的科學試題，分別在科學內容領域與科學認知領域的分布情況。

表 2-1 TIMSS 2003 四年級科學試題之分布

國小四年級	
科學內容領域	
生命科學	45%
自然科學	35%
化學	
物理	
地球科學	20%
環境科學	
科學認知領域	
事實性知識	40%
概念性了解	35%
推理與分析	25%

註：國小四年級的試題將科學內容領域分成「生命科學」、「自然科學」、「地球科學」三個次主題，原有的化學、物理兩科合併為自然科學，環境科學則分別併入生命科學和地球科學的部分（Mullis et al., 2001, p. 37）。

除了科學內容領域與科學認知領域之外，TIMSS 2003 的科學評量架構尚包含了一個獨立的評量向度－科學探究領域，它同時涵蓋了知識、技能與能力，可從問題解決和探究的試題中評量出來（Mullis et al., 2001）。

四、TIMSS 2003 抽樣設計

TIMSS 2003 受測對象的抽樣延續前次 TIMSS 1999 的三階分層群集抽樣設計（Three-stage Stratified Cluster Sample Design），將抽樣單

位分成三個階段，第一階的抽樣單位為學校，由各國自行決定採用外顯（Explicit）或內隱（Implicit）的分層變數，利用機率等比例（Probabilities-proportional-to-size，簡稱 PPS）系統抽樣方法來抽取接受測驗的學校；第二階抽樣單位是要決定受測學校中的受測班級，這部分的抽樣以亂數隨機抽樣來決定；第三階的抽樣單位為抽出受測班級中需要接受測驗的學生，在一般的情況下全班學生都需要接受測驗，但是假如該受測班級的人數過多，則要再進行一次亂數隨機抽樣，以抽出應該受測的學生（羅珮華，2000）。

依照三階分層群集抽樣設計，首先由加拿大國家統計局（Statistics Canada）根據我國所提供的學校資料，以機率等比例系統抽樣方法抽取出 150 所受測小學，再由國立台灣師範大學科學教育中心從各所學校以亂數隨機抽出一個班級，該班的全班學生扣除特殊情況學生，如缺席、轉學、學習遲緩...等學生，其餘即為 TIMSS 2003 的受測學生。在我國的抽樣過程中只採取第一階和第二階抽樣，就已經完成受測學生的抽樣。

五、TIMSS 2003 受測對象

在三次的 TIMSS 測驗中，受測學生的定義都相同，共分成三群，第一群（Population 1）的定義為「兩個包含最多九歲學生的相鄰年級中，較高的那個年級」，在我國與其他多數國家中，即為國小四年級；第二群（Population 2）的定義為「兩個包含最多十三歲學生的相鄰年級中，較高的那個年級」，在大部分國家中，約為八年級（相當於我國國中二年級）；第三群（Population 3）的定義為中學教育最後一年的學生（Robitaille et al., 1993；Mullis et al., 2001），約相當於我國高中三年級。

TIMSS 2003 的受測學生共包含了第一群與第二群兩個層級(Mullis et al., 2001)，即相當我國的國小四年級與國中二年級學生。

六、TIMSS 2003 試題分配及施測

待測試題極多，每個學生要完成全部試題所需的測驗時間遠超過可使用的測驗時間。TIMSS 2003 採用「矩陣抽樣技術 (Matrix Sampling Techniques)」(Adams & Gonzalez, 1996; Mullis et al., 2001)，將所有實測的試題分成十二本題本。

矩陣抽樣技術的作法為將所有試題分成 28 個部分，數學領域為 M1 到 M14，科學領域分成 S1 到 S14。在科學的 14 個部分中，S1 到 S6 屬於 TIMSS 1995 或 TIMSS 1999 曾經測驗過的試題，S7 到 S14 則屬於 2003 年新發展的試題，以取代前兩次測驗後所公開的試題。這 28 群試題以矩陣抽樣技術分布在十二本題本中，使得每本題本各有 6 群試題，且每本題本內同時包含數學與科學部分的試題，其中六本題本內含 4 群數學試題及 2 群科學試題，另六本則有 2 群數學試題和 4 群科學試題 (Mullis et al., 2001)。

每次 TIMSS 測驗後會保留部分試題作為趨勢題，以待下次測驗時可以觀察學生成就趨勢，其他可釋出的試題則出版公告，並在四年後的測驗中以新發展的試題取代已釋出的試題。而分配到 4 群科學試題的題本中包含了一部分保留的趨勢題 (Mullis et al., 2001)，所以可以由做答這些題本的受測學生之測驗結果看出從 1995 年至今八年來科學教育成就的趨勢。

實際施測時，十二本題本是採測驗題本輪測設計 (Rotated Test

Booklet Design) 循環的發給受測學生作答，每個學生拿到的題本可能都不相同，所以可讓每個題本的填答比率幾乎相等。另一方面，測驗的設計使得每個參加國的受測學生都在 4500 人以上，如此可以確保每個試題都可以有具代表性的學生樣本 (Mullis et al., 2001)。測驗的進行過程，每個受測學生只需要完成其中一本題本，國小四年級的測驗時間為 72 分鐘，國中二年級學生的作答時間略長一點，為 90 分鐘。除此之外，測驗後還保留至少 30 分鐘的時間讓學生可以填答學生問卷。

第二節 影響學業成就的因素

學業成就一向是學者與教育工作人員所關心的重點，關於學生學業成就的影響因素，已經有眾多學者加以研究。

Lee (1991) 研究國小三至五年級的科學成就預測變因，發現學生的家庭背景、國語、數學與科學學業成績、學校大小及教師的在職訓練等變因共可解釋 50% 的科學成就變異，其中以學生過去的科學成績和數學成績最能用以預測學生的科學成就，科學成績可說明 10~45% 的變異，數學成績可說明 20~30% 的變異，而家庭背景可解釋 9~13% 的變異，父親的教育程度可說明 4% 的變異，學校大小、教師的在職訓練與學生性別則分別可解釋不到 1% 的變異。

在張殷榮 (2001) 的研究中，指出影響我國學生在 TIMSS 1999 中科學學習成就的因素有：性別因素、學生個人因素、家庭因素以及教師因素等。研究中並且發現在進行教學時，科學教師對於學生的科學認知（例如推理、利用圖表、分析... 等）與解決問題的強調程度越高者，該班級的平均測驗分數也會越高。

Wang、Haertel 與 Walberg (1990) 回顧了一百多篇文獻，將影響學習的相關因素分成六大類：

1. 地區因素：包含學校所在地區大小、政府訂定的課程與教科書政策、對學生的測驗和畢業條件、教師執照要求... 等。
2. 校外背景因素：包含居住社區的社經地位、同儕文化、父母支持、課後花在看電視、閱讀或做家庭作業的時間... 等。

3. 學校因素：包含學生人數、學校文化、學校的政策和執行... 等影響因素。
4. 學生因素：關於學生本身的背景與個人特質，包含過去的成績、學習動機、社會化行為、認知、情意和技能... 等。
5. 課程設計因素：關於教學實施的設計與安排，包含課程目標、內容、教材組織、分組人數、作業、評量... 等變因。
6. 教學、班級教學、教室氣氛：包含建立教室常規、班級經營、師生互動、教學時間、教室氣氛... 等。

在 Wang 等人 (1990) 的研究中同時指出，影響學生學習成就最主要的因素是課程設計，其次是為校外背景，而此研究結論也更證實了學校教育的品質對學習成就的重要性。

綜觀國內外的研究，分析歸納出學校教育是影響學生學習成就的重要因素之一 (吳裕益, 1980; 吳新華, 1994; 郭生玉, 1973; 張春興、林清山, 1982; 鄭淵全, 1998; Lee, 1991; Huffman, Thomas & Lawrenz, 2003; Welch, Walberg & Fraser, 1986)，可說明約 1%~20% 的學習成就變異量。因此，在本研究中以學校教育因素為主要研究變項，由課程解釋對低分題的影響。

另一方面，楊龍立 (1991) 研究關於中小學生科學成就的性別差異時，發現男學生的科學成就表現比較好。從 TIMSS 1999 的結果中也可以發現，八年級男生的科學學習成就優於女生，但是存在著較大的個別差異 (Martin et al., 2000)。不過，在 Haertal (1981, 引自李田英, 1988)、Lee (1991) 及 Tobidi (1982, 引自李田英, 1988) 的研究中指出，國小學生的科學學習成就並沒有性別上的顯著差異。

Mullis 等人 (2000) 研究 TIMSS 1995 的測驗結果，顯示小學四年級男生的科學成就優於女生，而在不同的測驗題型中男女學生的表現無顯著差異，但於八年級的研究中，男生在選擇題的成績表現顯著優於女生。

在許榮富 (1989) 和楊文金 (1987) 的研究中都發現國中生在資料處理技能方面存在有性別差異，男生在論述測驗中的表現顯著優於女生，而女生在選擇題型的表現顯著優於男生。

由於學者的研究對於男女學生在不同題型中的科學學習成就是否有性別差異尚無定論，所以本研究將不同題型的男女生科學學習成就是否存在差異也列入探討。

第三節 國民小學自然課程

本節分成三個部分，第一部分簡介教育部於民國八十二年公布的國民小學自然課程標準，第二部分簡介民國八十九年公布的國民中小學九年一貫課程暫行綱要自然與生活科技領域，第三部分討論新舊課程的銜接問題。

一、國民小學自然課程標準

因應全球與國家社會環境的變遷，教育部於民國七十八年起，開始展開國民小學課程標準的修訂工作，並於民國八十二年九月頒布，於八十五學年度一年級起逐年實施（毛連塏、王秉倫，1995），此即為本研究中所指的82年版國民小學課程標準。

國民小學自然課程標準的總目標在於指導兒童接近自然，瞭解人與其周圍的環境和諧共存之重要，增進科學知能與科學情趣，熟練科學方法，以養成具有科學素養的國民（教育部，1993）。在總目標之下則分述國民小學階段各年級所應達成的各項分段目標，教材綱要即是依照課程設計目標來規劃出教材應該含括的內容。

82年版國民小學自然課程標準的教材綱要，將課程內容依照概念類別不同分成三大領域：物質與能、生命現象以及地球環境，每一個領域之下又可分為數個主題的內容，例如：地球環境包括了天象與時空概念和環境與資源兩項內容，內容下再細分成條列式的項目，在教材綱要裡不僅一項一項列出教學時所應包含的課程內容，同時很清楚明確規範出每項課程概念

的施教年級。

另一方面，本研究中試測學生所使用的教科書自八十五學年度一年級起，逐年開放為審定本，因此來自不同學校的試測學生所使用的教科用書很可能為不同出版社所編輯的教科書，但是由於各版本的教科書都必須根據國民小學課程標準來設計其教材內容，而且在 82 年版「國民小學自然課程標準」中非常明確的定出各個年級所必須包含的教材綱要內容，所以即使試測學生的教科書為不同版本，仍舊可從「國民小學自然課程標準」的教材綱要內容中判斷出其所學過與尚未學到的課程內容，以及各項課程內容的施教年級。

二、國民中小學九年一貫課程暫行綱要－自然與生活科技領域

教育部於民國八十六年起，開始進行國民教育階段的課程與教學改革，發展九年一貫課程。九年一貫課程的修訂分成三個階段進行，首先是民國八十七年完成了「國民教育九年一貫課程總綱」，之後於民國八十九年九月公布「國民中小學九年一貫課程暫行綱要」，並且根據教育部規劃的實施時程，自九十學年度起從國小一年級開始實施九年一貫課程，九十一年度有一、二、四、七年級（舊制的國中一年級）參與，九十二學年度有一、二、三、四、五、七、八年級（舊制的國中二年級）實施，九十三學年度起即開始全面於一至九年級（舊制的國中三年級）實施（教育部，2001），實施的年級與時程如表 2-2。

表 2-2 九年一貫課程之實施時程

年級	一	二	三	四	五	六	七	八	九
九十學年度	○								
九十一學年度	○	○		○			○		
九十二學年度	○	○	○	○	○		○	○	
九十三學年度	○	○	○	○	○	○	○	○	○

註：○代表已實施九年一貫課程的年級。

↘表示新舊課程需要銜接的年級，箭頭方向由舊課程指向新課程。

舊制的國中一年級改稱為七年級，舊制的國中二年級改稱為八年級，舊制的國中三年級改稱為九年級。

在民國九十二年二月，教育部又公布了一份最新的「國民中小學九年一貫課程－自然與生活科技領域課程綱要」，自九十三學年度起開始實施。本研究的研究對象分別為九十學年度與九十一學年度之國小四年級學生，因此實測學生在測驗當時所使用的課程指引仍然是「國民中小學九年一貫課程暫行綱要」，故本研究還是以民國八十九年九月公布的「國民中小學九年一貫課程暫行綱要－自然與生活科技領域」為分析討論之依據。

九年一貫課程的基本內涵包括了培養人本情懷、統整能力、民主素養、鄉土與國際意識以及終身學習的健全國民，將學生當成課程設計的主體，以生活經驗為重心，以培養出現代國民所需的十項基本能力(教育部，2001)。在九年一貫課程中最大的改變便是將原本實施分科教學的各學科劃分為七大學習領域，以統整與協同教學為教學原則，採取縱向的九年一貫統整，與橫向統整的七大領域，融入六大議題的討論(教育部，2001)。九年一貫課程的精神與特色在於以學校本位課程發展為主要模式，讓各校

可以自由發展空白課程及擁有更多彈性教學空間，落實教師的專業自主權，加強學校教師的績效責任（陳伯璋，1999；周珮儀，2002）。

不同於 82 年版的國民小學自然課程標準所採用的各年級明確的分段教材綱要，國民中小學九年一貫課程暫行綱要－自然與生活科技領域的能力指標與教材細目的設計是採取階段式設計，一共分成四個階段，第一階段為國小一、二年級，第二階段為三、四年級，第三階段為五、六年級，第四階段為七至九年級。因此，在九年一貫課程暫行綱要中只規範出每個階段該達到的能力指標與教材細目，並未強制規定每個年級所該進行的課程內容。

三、新舊課程的銜接

在九年一貫課程實施之後，發生的課程銜接問題有兩種可能情況。首先，往年的國民小學課程標準將實施進程分成六年，從國小一年級起逐年更新，而九年一貫課程將實施時程縮短為四年，且準備期較短。因此這一次發生的新舊課程的銜接問題可能會比過去幾次課程變更時的問題還大。在九十學年度，只有國小一年級實施九年一貫新課程，而九十一學年度除了原先一年級升上的二年級以及一年級新生，還多新增了國小四年級及國中一年級。九十一學年度的四年級學生由於從國小一至三年級的教科書與教學都是依據 82 年版國民小學課程標準編輯，所以當他們從三年級升上四年級，從原先的 82 年版國民小學課程標準改換成九年一貫課程之後，可能會發生課程銜接上的問題。同樣的，九十一學年度的國中一年級、九十二學年度的四年級與國中一年級，以及九十三學年度的國中一年級（見表 2-2），都可能會發生課程銜接的困難。

另一個可能發生的課程銜接問題是由於九年一貫課程中能力指標和教材細目的四階段式設計，加上教科書審定本的開放，各家教科書出版社得以按照編輯者的規劃設計，將教材順序及內容加以自由編排，這樣的課程設計增加了教材的多元化與自由度，也達到了九年一貫課程強調的開放精神，同時也可能造成了教材細目所規劃的概念內容在不同教科書中的分布各不相同。因此，會出現同一概念在 A 出版社教科書中被安排為四上的單元，在 B 家出版社教科書中卻設計為三下的內容。在這種教科書版本百家齊放的狀況下，如果同一學校的各年級老師選用的皆為同一版本教科書，教科書版本銜接問題將不會發生；但是假如學生在同樣的學習階段（例如三年級和四年級為同一學習階段）中改用其他版本的教科書，或者學生轉學，造成學生在三年級所使用的教科書為 A 版本，四年級採用了 B 版本時，教科書版本的銜接上就會出現落差，學生將漏失掉某些概念的學習，而產生課程銜接上的問題。

教育部於民國九十一年公佈一份「國民小學三、四年級及國小六年級、國中一年級之新舊課程銜接研究報告」（丁志仁等人，2002），茲從其中節錄出一段國小三年級升四年級的課程銜接內容，如表 2-3，表中於文字下標示出「_____」者，為該報告中所列出之在 82 年版舊課程中沒有，而在九年一貫課程出現的內容。

表 2-3 「國民小學三、四年級及國小六年級、國中一年級之新舊課程銜接研究報告」之節錄

九年一貫自然與生活科技課程綱要（一～二學習階段）	
次主題 110 組成地球的物質（岩石、水、大氣）	水、空氣、土地 1a. 察覺環境中有水、空氣、土地的存在 1b. 察覺地表各處有石頭、砂與土壤等，他們各具特徵，可以分辨
	水、空氣、土地的性質 2a. 察覺並描述水受冷熱影響改變形態的情形。察覺很多物質能溶於水及空氣具助燃性
	月亮 2a. 察覺月亮東昇西落 2b. 觀察並知道月亮有盈虧的現象（月相變化）
次主題 121 生命的多樣性	常見動物和植物 1a. 認識當地常見的動物及植物
	常見動物和植物 2a. 認識常見的動物和植物（例如：常見的蔬果）；並知道植物由根、莖、葉、花、果實、種子組成，知道動物外型可分為頭、軀幹、四肢
次主題 131 物質的形態與性質	物質各具特徵 1a. 察覺物質各具不同特徵（如顏色、形狀、軟硬、氣味、粗細...）
	物質各具性質 2a. 察覺物質各具性質（如不同物質雖然大小相同輕重卻不同，如導熱性不同，如有的易溶於水有的不易，如有的硬脆有的可延展）
	2b. 利用物質性質或外表特徵來區分物質（如依形態分成固體、液體、氣體，如依磁的吸引來區分，如依溶不溶於水來區分）
	2c. 觀察發現溫度不同，物質的形態會改變（如冰的融化、水的沸騰）

由丁志仁等人（2002）的研究報告可看出，新舊課程須待銜接的概念並不在少數，顯見課程的銜接問題是否會對學生的學習成就造成影響，是個值得加以深入探討的課題。

第四節 與低分題試題概念相關的迷思概念

迷思概念 (Misconception) 指的是學生所持有的和課本、教師或公認之科學概念不同的想法 (郭重吉, 1992; Nakhleh, 1992), 隨著建構主義的發展, 也有人將之稱為另有架構 (Alternative Frameworks)、另有概念 (Alternative Conceptions)、先前概念 (Preconceptions)、兒童的科學 (Children's Science)、質樸概念 (Naive Conceptions) ... 等。

在諸多迷思概念的相關研究中發現, 迷思概念擁有以下共通的特徵:

1. 迷思概念是個人的 (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Hewson & Hewson, 1988; Munson, 1994; Osborne & Freyberg, 1985)。
2. 迷思概念由個人經驗建構而來 (Driver et al., 1985; Mintzes, Wandersee & Novak, 1998; Munson, 1994; Pines & West, 1986)。
3. 學生的個人概念是前後不一致的 (黃達三, 1993; 許良榮, 2003; Driver et al., 1985)。
4. 迷思概念是穩定, 且不易改變的 (王美芬, 1997; Driver et al., 1985; Gilbert, Osborne & Fensham, 1982; Hewson & Hewson, 1988; Munson, 1994; Osborne & Freyberg, 1985)。
5. 對個體而言, 迷思概念是有用的 (Hewson & Hewson, 1988; Munson, 1994)。
6. 對個體而言, 迷思概念是可信且有意義的 (Hewson & Hewson, 1988; Munson, 1994)。
7. 迷思概念普遍的存在於不同文化和年齡層中 (林陳涌、徐毓慧, 2002; Driver et al., 1985; Hewson & Hewson, 1988; Munson, 1994; Osborne & Freyberg, 1985)。

8. 迷思概念與科學史的發展類似（傅麗玉，1999；劉俊庚，2002；Mintzes et al., 1998）。

以下依據 TIMSS 2003 的 TCMA Label，將低分題相關迷思概念分為地球科學、環境科學、物理、化學及生命科學等五個內容領域，每個領域之下又依主題做分類。例如：S031319 屬於生命科學領域的生態系主題下的試題，則該題迷思概念「能量是一種成分」列於：五、生命科學領域（四）生態系之類別下。

一、地球科學領域

地球科學領域可分成三個主題，本研究的六個低分題中，屬於「太陽系中的地球與宇宙」有兩題，屬於「地球的構造與物理特徵」有兩題，屬於「地球的演進、循環與歷史」主題的有兩題。

（一）太陽系中的地球與宇宙

有關太陽系中的地球與宇宙的迷思概念如下：

1. 月球為行星（劉德勝、黃釗俊、王明仁、李念魯、陳輝樺，1996）。
2. 太陽繞著地球公轉（翁金鶯，2002；許民陽、王景坤，2001；劉德勝等人，1996；Bakas & Mikropoulos, 2003）。
3. 地球比太陽大、月球比太陽大、月球比地球大（翁金鶯，2002；許民陽、王景坤，2001）。
4. 太陽為行星（劉德勝等人，1996）。
5. 地球繞太陽公轉造成晝夜變化（姜滿，1997；翁金鶯，2002；許民陽、王景坤，2001；劉德勝等人，1996；Bakas & Mikropoulos, 2003）。
6. 太陽繞地球公轉造成晝夜變化（翁金鶯，2002；Bakas &

Mikropoulos, 2003)。

(二) 地球的構造與物理特徵

有關地球的構造與物理特徵的迷思概念如下：

1. 沒有「空氣流動成風」的概念（張敬宜，2000）。
2. 不知道氧氣可以呼吸（張敬宜，2000）。
3. 不知道氧氣可以助燃（張敬宜，2000）。

(三) 地球演進、循環與歷史

有關地球演進、循環與歷史的迷思概念如下：

1. 不知道降雨需要雲的存在（林顯輝、王龍錫，1993；賴篁川，1994；Piaget, 1929, 引自 Bar, 1989）。

二、環境科學領域

環境科學領域有兩個主題，共兩題低分題，均與「環境變化」相關。

(一) 環境變化

有關環境變化的迷思概念如下：

1. 一個族群的變化只會影響到在食物鏈上和它直接連接的族群（Munson, 1994）。
2. 一個族群的變化可能不會影響整個生態系，因為有的生物是不重要的（Munson, 1994）。
3. 族群的變化只會影響同階層的其他生物（Munson, 1994）。

三、物理領域

物理領域共有十一小題，其中屬於「光」的部分有五題，「物質狀態與變化」有四題，「熱與溫度」有一題，「力與運動」的部分有一題。

(一) 光

有關光的迷思概念如下：

1. 色光的顏色會和物體的顏色產生混合，就像顏料的混合一樣 (Feher & Meyer, 1992)。
2. 色光會使物體有顏色 (Feher & Meyer, 1992)。
3. 白光沒有顏色 (Feher & Meyer, 1992)。

(二) 物質狀態與變化

有關物質狀態與變化的迷思概念如下：

1. 液體的重量大於固體 (Galili & Bar, 1997)。
2. 氣體沒有重量 (Stavy, 1990)。
3. 氣體比固體或液體的重量輕 (Stavy, 1990)。
4. 不知道氣體會充滿整個空間 (Benson et al., 1993; Novick & Nussbaum, 1978)。
5. 水蒸發是因為被太陽曬乾或吸走 (張敬宜, 1997, 1998)。
6. 水蒸發是被空氣蒸發或吸收了 (張敬宜, 1997, 1998; 張凱綸, 2002; 黃寶鈿、黃湘武, 1990)。
7. 水蒸發是因為水消失了 (Bar & Galili, 1994; Osborne & Cosgrove, 1983)。
8. 風不會使水蒸發，因為風無法將水吹起來 (林顯輝, 1995)。
9. 太陽照射下，液體才會蒸發 (黃寶鈿、黃湘武, 1990)。

(三) 熱與溫度

有關熱與溫度的迷思概念如下：

1. 兩杯水混合的末溫為兩杯水溫的和、差或平均值(陳文典、劉德生，1994；程文香，2002；Stavy & Berkovitz, 1980)。
2. 不同體積的物體相接觸達到熱平衡時，兩者的溫度不同(程文香，2002；黃寶鈿，1988)。

(四) 力與運動

有關力與運動的迷思概念如下：

1. 物體往上運動是因為受到人施加給它往上的力(Palmer & Flanagan, 1997)。

四、化學領域

化學領域屬於「水的特性與功用」有兩題，屬於「物質的分類與成分」有兩題，共四題低分題。

(一) 水的特性與功用

與水的特性與功用低分題相關的迷思概念如下：

1. 以物體的重量、大小、形狀來解釋浮沉 (Stepans, Beiswenger & Dyche, 1986, 引自許嘉玲，1997)。
2. 冰的重量大於水 (Galili & Bar, 1997)。
3. 冰中有空氣，所以冰會浮在水面上 (Galili & Bar, 1997)。

(二) 物質的分類與成分

與物質的分類與成分低分題相關的迷思概念如下：

1. 攪拌會增加溶解量 (陳淮璋、黃萬居、賴文榮，2002)。

五、生命科學領域

生命科學領域有七個主題，共二十一小題，其中屬於「生物的構造、功能與生命過程」的有四題，「繁殖與遺傳」的有三題，屬於「人體健康」有三題，屬於「生態系」有三題，「生物的型態、特徵與分類」有四題，「生物多樣性、適應與天擇」有兩題，「生物的發展與生命週期」有兩題。

(一) 生物的構造、功能與生命過程

有關生物的構造、功能與生命過程的迷思概念如下：

1. 骨骼縮小後肌肉會突出 (王美芬, 1997)。
2. 骨骼是可以彎的，所以手能彎 (王美芬, 1997)。

(二) 繁殖與遺傳

與繁殖與遺傳低分題相關的迷思概念如下：

1. 學生不了解「種」的概念 (Munson, 1994)。
2. 將生殖與生長的意義混淆 (陳業勇, 2001)。

(三) 人體健康

有關人體健康之迷思概念如下：

1. 不瞭解紫外線會造成皮膚癌 (Boyes & Stanisstreet, 1998)。

(四) 生態系

有關生態系低分題的迷思概念如下：

1. 能量是一種成分 (Li jnse, 1990)。
2. 能量即能源 (張敬宜、熊召弟, 1995)。
3. 能量來自睡眠、水、保持溫暖、空氣... 等 (郭重吉, 1992; Boyes

& Stanisstreet, 1991 ; Kruger et al., 1992)。

4. 光合作用可使植物長得更綠 (裘維鈺, 1994)。
5. 光合作用主要功能是製造氧氣 (顏麗娟, 2003)。

(五) 生物型態、特徵與分類

有關生物的型態、特徵與分類的迷思概念如下：

1. 會移動的就是生物 (王美芬, 1993, 1997 ; 黃達三, 1992, 1993 ; Huang, 1996 ; Venville, 2004)。
2. 有生命的就是動物 (王美芬, 1997)。
3. 會生長變大的就是生物 (王美芬, 1993 ; 黃達三, 1992 ; Huang, 1996 ; Venville, 2004)。
4. 會進食的就是生物 (王美芬, 1997 ; 黃達三, 1992 ; Huang, 1996 ; Venville, 2004)。
5. 以外形、腳的數目、顏色、大小、運動方式、食性... 等來分類動物 (莊志彥、蘇育任, 1999 ; Trowbridge & Mintzes, 1988)。
6. 以生活在水中和會游泳來分類魚類 (莊志彥、蘇育任, 1999)。
7. 哺乳類是具有四隻腳、都是家畜、生活在陸地上的動物 (莊志彥、蘇育任, 1999)。

(六) 生物多樣性、適應與天擇

與生物多樣性、適應與天擇低分題相關的迷思概念如下：

1. 根據溶液體積比較濃度 (簡美容, 2001)。

(七) 生物的發展與生命週期

有關生物的發展與生命週期，研究者已查閱之文獻尚無與低分題相關之迷思概念。