科學教育學刊
2007, 第十五卷第六期, 671-701

Chinese Journal of Science Education
2007, 15(6), 671-701

國中學生「燃燒」概念診斷之研究

張容君[1]　張惠博[2]
[1]國立彰化師範大學　科學教育研究所
[2]國立彰化師範大學　物理系

（投稿日期：民國 95 年 4 月 3 日，修訂日期：96 年 9 月 11 日，接受日期：96 年 10 月 11 日）

摘要：本研究旨在診斷國中學生對於燃燒現象相關概念之迷思，共包含化學變化、氧化反應、燃點、可燃物、助燃物和質量守恆定律等十五個相關概念。經由描述性的研究，晤談 6 位七年級學生和 6 位九年級學生，以瞭解國中學生對於「燃燒」的原有概念以及「燃燒」迷思概念的來源。晤談資料經過整理、編碼和分析後，用以發展「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗工具，工具初稿經由預試樣本共 206 位學生的施測結果及 11 位學生的晤談資料後，再修訂工具的內容，完成「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗工具。最後，本研究採用調查研究法，使用發展完成的「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗工具，對正式樣本共 1210 位國中學生施測，藉以了解不同年級國中學生對「燃燒」相關概念發展的情形，並從質量守恆、能量、化學反應和燃燒的條件四個概念領域，探討國中學生對燃燒現象普遍持有的迷思概念。研究發現：(一)七年級、八年級和九年級學生主要的「燃燒」迷思概念大致相同；(二)七年級和八年級學生對於「燃燒」迷思概念內容及試題中二階段作答皆正確的人數比例較相近；(三)九年級學生於試題中二階段作答皆正確的人數比例不高，且人數比例分散在各個理由選項，顯示九年級學生依然存有許多迷思概念；(四)在燃燒的條件中，三個年級於試題中理由選項作答人數比例分佈大致相同，顯示學生在此方面的概念學習沒有明顯的成長。本研究結果有助於瞭解國中學生對「燃燒」概念的學習和成長趨勢，以提供教與學上的助益。

關鍵詞：迷思概念、診斷測驗、燃燒現象

壹、前　言

「燃燒」是化學的基本概念，而且燃燒現象也是每個學生都有的日常生活經驗。從學科的觀點，燃燒牽涉到化學變化和物理變化，如氧化還原、光和熱、熔解、燃點、可燃物、助燃物和質量守恆定律等等的概念，以現行的國中理化教材來看，其範圍甚廣且分散在各個教學單元裡，教科書中亦有不少和燃燒有關的圖片；從科學的發展史觀點，燃燒概念的發展係經過相當長久的時間，才從燃素的概念發展到氧化還原的概念。

以今天的眼光來看，用氧化作用來解釋

燃燒與生銹是理所當然的事，因為氧化理論可以完整而正確的說明所有跟燃燒與生銹有關的現象。你可以輕鬆的用氧化理論來解釋以下的這些問題：為什麼有的東西可以燃燒，有的卻不能？因為有的物質可以氧化，有的物質不能。為什麼紙張、木材燃燒後重量減輕，而鐵生銹後質量反而變大？因為紙張、木材等的成分元素是碳和氫，燃燒後變成水蒸氣和二氧化碳等會散失到空氣中，剩下不可燃燒的成分當然較輕。而鐵氧化後變成氧化鐵，增加了氧的重量，自然質量會變大。為什麼蠟燭在密閉容器中燃燒不久就會熄滅？因為當有限空氣中的氧被耗盡後，蠟燭不能繼續進行氧化作用。諸如此類的問題，用氧化反應解釋起來毫無困難。但是在氧還沒被發現，也不曉得氧化是什麼以前，人們對於這種隨處可見的燃燒和生銹等現象，是如何去想像？如何去說明？如何去理解？

自古人類用火，不知已歷經了幾萬年，對於燃燒，不知已觀察過多少世代，但是在18世紀時，化學家對於物質燃燒的過程仍然不是很清楚，根據當時普遍流行的燃素理論，當物質燃燒時會失去一種假設無重量或幾乎無重量的物質，叫做燃素。「燃素說」（phlogiston theory）認為「金屬是由金屬和『燃素』所構成，把金屬加熱或讓它生銹，燃素就會跑掉，只剩下金屬灰，同樣的，木材燃燒後，燃素就跑掉了，所以只剩下灰燼。」但是金屬生銹後剩下的金屬灰卻比金屬還重，這又如何解釋呢？西元1777年拉瓦錫的理論說明燃燒與相關的過程乃是氧與其他物質化合的反應，才否定了盛行一時的燃素理論。人類的智識乃是從無數的嘗試與錯誤中，逐步修正改進，慢慢累積起來的。

Piaget 和 Garcia（1989）認為學生的知識發展與科學史的理論發展有類似的機制。許多學生會從過去的親身經驗或日常用語形成了某種自身的概念架構，通常學生在學習時，用這種自發性的概念去解釋一些自然現象，但這使得學生在預測或解釋某種課堂上所教的科學現象時，會產生概念上的混淆。Kitchener（1986）在評論 Piaget 的發生認識論時指出，由科學史可以看出科學理論的發展是一個有順序的認識階段（epistemic stage）。有些文獻描述學生的知識是一個內部不一致、組織性弱和不穩定的系統（diSessa, 1993; Glasersfled, 1989; Harris, 1994）。學生原有的想法和學生的生活經驗、日常生活用語與科學用語的混淆，對於理想化情境的生疏與誤解，以及學生自我中心和擬人化的觀點有關（郭重吉, 1988）。所以教師在教學前應考慮學生的自發性概念架構。因此，找出學生原有的想法，了解學生的想法，將有助於教師在教學時選擇適當的教學策略及教學方法，來幫助學生科學概念的學習。

本研究旨在調查和探討國中學生對於「燃燒」的原有概念為何，進而發展「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗工具，以了解不同年級國中學生對「燃燒」相關概念發展的情形，以提供科學教師作為教學的參考。基於以上的研究目的，本研究擬探討的問題如下：

一、國中學生對於「燃燒」迷思概念的主要內容為何？
二、不同年級國中學生對於「燃燒」相關概念發展的情形為何？
三、國中學生對於「燃燒」迷思概念的主要來源為何？

貳、文獻探討

一、概念的形成與發展

「概念」是一個經常被使用的名詞，有時概念是代表一種思維形式，有時是代表知識的簡單形式架構，有時則是指具有相同屬

性的集合體等。此外，概念是一種區辨事物的能力，人類概念發展的過程就是區辨事物能力發展得越來越精細化、越來越複雜化的過程。而且，由於概念能力會隨著吸收的知識或外在的刺激而會越來越複雜化，那麼一個概念的內容可能隨著這種複雜化的過程而有改變，概念的內容也就不會是固定不動的（杜嘉玲, 1999）。早期有許多心理學家提出對概念發展的看法，以 Vygotsky，Werner 和 Piaget 三位心理學家為代表，討論其對概念發展的解釋。

(一)Vygotsky 的觀點

維考斯基的概念理論主張每一個人在其生存過程中應該是一位積極和活力充沛的自然環境參與者，在每一個發展階段中或多或少會透過一些方法來使自己無論是生理上或是心理上都可以獲得成長。以兒童的程度所認知的外在世界是和成人不同的，兒童的認知能力比成人的認知能力粗糙、簡單。年紀較小兒童的概念內容被限制於某些特定的生活實例和直接經驗；年紀稍大兒童的概念會傾向於抽象出具有定義式的或可找到具固定規則性的內容。在兒童成長過程中，概念內容的轉變從以某些典型特質為基礎的概念內容轉向以單一規則為面向或特質為基礎來形成抽象的、理論的概念內容（杜嘉玲, 1999）。

維考斯基認為發展可以分為兩個層次，一是「實際的發展層次」，這是個體能夠獨立解決問題的層次；另一是「潛在的發展層次」，這是在成人的引導下或是能力較佳的同儕合作下，可以解決問題的層次。這兩個層次的差距就是「近側發展區」（zone of proximal development 簡稱 ZPD）。兒童透過與成人或能力較佳的同儕之間的互動，可以使個體的「近側發展區」得到刺激成長的機會，而逐漸獲得概念的發展（陳淑敏, 1995）。

(二)Werner 的觀點

魏納認為「發展」有可能發生在「時代潮流的替換過程」，也有可能發生在「個體的認知活動」，或是發生在「個體的生長」。雖然「發展」有可能發生在無論範圍大小的轉變過程裡，但是魏納認為只有一種轉變才叫「發展」，也就發展必須是合乎「定向發展原理」。根據「定向發展原理」，發展的進路描述成是一個組織過程整體進化的進路。在這個發展過程中的轉變有，散亂的到分明的、整體的到分析的、融合的到具體的、固定的到有彈性的、不穩定的到穩定的。對於概念內容的發展而言，兒童的概念發展會從整體的、無區別性的組織方式轉變成可區別的特質所構成的階級組織方式（杜嘉玲, 1999）。

(三)Piaget 的觀點

二十世紀的科學教育深受皮亞傑研究的影響，皮亞傑以邏輯能力的成長作為兒童認知發展的要點，並認為兒童的邏輯推理能力會限制其獲得某些特定範圍的知識（Piaget, 1930）。皮亞傑認為要談發展，就要考慮遺傳或神經系統的成熟、外在的物理環境、社會環境、語言等。在這之中，「平衡化」（equilibration）的原則對心智發展是相當重要的。當個體在社會環境中獲得一個概念時，一開始在面對或使用這個概念時常常會發生行為舉止或思考模式不一致的情形，這是因為個體對概念內容還無法明確掌握，同時這個概念在個體中和其它概念還無法達到平衡的關係。但是，一旦新獲得的概念在某個層次上可以和其它的概念建立相關的關係，而且個體在使用這個概念不會在發生思考模式不一致的情形時，就已經達到概念「平衡化」的

目的（杜嘉玲, 1999）。皮亞傑認為在「概念發展」上，認知的個體應該是扮演主動積極的角色，因為「概念發展」是一認知個體為主的思考模式的平衡，進而不斷地主動更改概念系統結構的過程（杜嘉玲, 1999）。

這三位心理學家的理論，最重要的基礎是他們都承認有概念發展的現象，且都認為成長的過程是成熟、學習和發展三個生理或心理上的觀點交互作用的結果。其次，外在環境刺激佔有很大的份量，外在的環境刺激經由學習互動的過程，使得認知功能上的發展逐漸產生作用。另外，三位心理學家也都認為認知主體在成長的過程中是扮演主動的角色，主動地和外在環境接觸，主動的利用這些刺激來加強自己的思考能力。

美國威斯康辛大學（University of Wisconsin-Madison）Herbert J. Klausmeier 教授提出「概念的學習與發展理論」（The Theory of Conceptual Learning and Develop-ment，簡稱CLD），可應用於教學之中。關於概念發展的內涵、層次和原則之內容，分述如下（林生傳, 1997）：

(一)概念發展的內涵

概念是循序發展的，但並非只因生物或生理成熟的自然結果，也並非年齡一到即會有特定的發展出現。概念與其它認知發展是在正常環境狀況之下，誰著學習與成熟而出現增進新的且更為有力的心智操作或心智過程而發生。個體所經歷的環境狀況刺激並滋養個體的心智發展。發展的出現並不只仰賴成熟或只依賴學習，而是在兩者的交互助長作用之下產生的（Klausmeier, 1979）。即使生物發展停止，認知發展仍然有繼續的可能。

(二)概念發展的層次

按照「概念學習與發展理論」（CLD），概念的發展分成以下四個層次，且概念循四個層次順序逐漸發展是固定不變的。1.具體層次（concrete level）：個體對於其曾經接觸過的相同事物有再認的能力。在具體層次僅涉及從其它物體區分一個物體。2.識別層次（identity level）：個體面對過去曾經接觸過的事物，即使從不同的角度或者事物以不同的形式出現時，個體仍能辨識。在識別層次的階段要從其它物體中區分相同物體的不同形式，且能概括（generalizing）特定物體的形式為相同物體。3.分類層次（classificatory level）：對於相同事物的兩個以上不同的例子，能夠歸納為相同種類的東西。也就是面對事物的各種例子具有分類歸納的能力。4.形式層次（formal level）：個體可以清楚了解概念所代表的意義和概念的一般與獨特之屬性，並且能夠分辨與此相似的概念其差異之所在。

(三)概念發展的原則

按照「概念學習與發展理論」（CLD），概念的發展依循以下七項原則：1.概念遵循概念發展的四個層次順序發展。有能力辨識和界定概念的屬性乃是在形式層次時達成新的運思之先決且必要條件。2.相同概念持續不斷發展進步，連續層次概念的發展也可能同時並排進行。3.同一層次有不同內容的概念發展。由於概念內容領域的熟悉程度不同，以及概念實例的抽象性有差異，因此縱使用屬同一層次的概念，學習的困難和發展的先後仍有很大的區別。4.當概念達到連續的高層次時，個體對原則和分類的概念增加，而且解決問題的技巧更為精進。5.概念發展的個體內差異隨年級日趨明顯。6.教育的品質和認知的發展有密切的關係。學生的課程經驗不僅和概念達成的層次有關，而且和學生達到更高成就的概念化方法有關。一

般的教育對學生概念的發展，包括最後所達到的層次有很重大的影響。7.概念發展因社會文化環境而有差別。概念發展的快慢以及最終達到層次高低不僅受正是學校課程與學習經驗的影響，也受個體的社會文化環境的影響。

二、迷思概念可能來源

Driver（1981）認為兒童在成長的過程當中，勢必會與周遭的人產生互動的行為，在這互動的過程中，兒童可能由這些人的身上得到一些有關科學的迷思概念，也有可能由兒童自己觀察自然界的現象時，經過本身加以整理歸納後，自日常生活經驗裡得到一些他們自認為正確卻與正統科學相矛盾的概念。從認知的各種因素考量，可能有非常多的原因導致迷思概念的形成，但一般而言，不外乎是由學習者、環境及二者交互作用的關係所產生的。以下就文獻資料和過去的研究結果，列表整理與說明學生迷思概念的主要來源（表1）。

回顧文獻資料和過去研究的結果，可知學生的主要迷思概念來源有下列三種：(一)覺經驗；(二)語言經驗；(三)科學教學。至於其它相異之處，可能是因為各學科特質的不同或研究主題所含概念領域的不同而有所差別。科學教師希望將學生個人信念導正為科學家所能接受的知識，因此教師需常常診斷學生的迷思概念。雖然診斷並分類學生的迷思概念有其一定之實用價值，但更重要的是教師應去檢測學生何以會發展出這種與正確科學知識相背的迷思概念。

三、「燃燒」概念相關研究

在國內外的文獻資料中，有關「燃燒」概念的相關研究，大多數都是將「燃燒」概念和其它化學研究主題相結合，再於研究中一併探討。黃寶鈿（1988）「我國學生科學概念與推理能力發展之相關研究：燃燒的化學及物理概念」在「溫度與熱量概念的混淆與辨識」研究報告結果中指出，部分學生將熱或冷看成是一種物質，如熱分子、熱質或氣體和水氣等，因此誤認為熱與冷會使物質重量增加或減少。大部分學生認為體積大者溫度高，因接觸熱源之面積大，或體積小者溫度高，因熱量集中之故，其中以體積小者溫度較高，所佔的比例較大。王春源（1991）「物質變化相關概念診斷測驗工具之發展」的碩士論文中與「燃燒」概念相關的研究有化學變化和質量守恆等概念，有很多學生誤認為鐵釘生銹時所產生的銹原來就存在空氣中且生銹後鐵釘的質量會比未生銹時的質量少；在密閉的系統中燃燒火柴，燃燒後整個系統的質量會變多或變少；麵包烤焦的部分是隨著麵包加熱蒸發所留下來的物質；引燃煙火時有白色的氣體是因煙火衝向空中時把周圍的空氣向下擠所產生的。謝志仁（1992）「國中學生化學變化相關概念另有架構之研究」，以示範式群測法和晤談方式探查學生概念。其中和「燃燒」概念相關的主題是蠟燭燃燒和鐵釘生銹。在蠟燭燃燒事件，研究結果指出：(一)學生僅注意可觀察反應物，而忽略蠟燭參與反應前的狀態改變；(二)「熱」是其它物質，如空氣或火所散發出來的；(三)火是由物質的結合，或物質與熱結合轉變產生的。(四)學生能了解氧氣的助燃功能，但對空氣是含氧的混合物卻不清楚，所以誤認為蠟燭熄滅是因空氣用盡所致。也有學生認為蠟燭熄滅是因燭火接觸到二氧化碳及產生的水；(五)蠟燭燃燒後的產物「水」，是由其它物質轉變而來的，如熱能、空氣、氧氣、蠟油或二氧化碳。也有學生認為是原本就存在空氣中的水蒸氣；(六)質量守恆概念上，學生認為蠟燭燃燒後出現新物質，如

表 1：學生迷思概念的成因與來源

研究者	迷思概念的成因與來源
(一)Sutton 與 West（1982）	1.直接的實際經驗。 2.可使用的日常用語，特別是可使用的隱喻。 3.同儕所認同及鼓勵的信念和看法。 4.正式或非正式的教學。
(二)Osborne, Bell 與 Gilbert（1983）	1.學習者易以個人為中心或是以人類為中心來看事物，只考慮事物的本質，並且直接從日常生活經驗來建構知識。 2.學習者易對特殊事物給予特別解釋，且不需對不同現象找出合乎邏輯和不矛盾的解釋。 3.社會的日常用語使學習者產生異於科學家的想法，且這些想法不會隨年齡成長而改變。
(三)Fisher（1985）	利用晤談及測驗探究造成生物迷思概念的原因： 1.文字的聯想。 2.知識的混淆。 3.知識的衝突。 4.知識的不足。
(四)Driver（1985）	1.知覺支配思考。在問題的情境下，學生思考建立在可觀察的特徵上。 2.限制性的聚焦。在問題的情境下，學生的注意力集中在特別的知覺特徵上。 3.變化勝於穩定。屬於限制性聚焦的一種，學生注意事件的連續或狀態隨時間的變化。 4.線性因果推理。當學生解釋變化時，他們的推理傾是向於遵循一個線性的因果關係。 5.相混淆的概念。有些概念學生使用上無法區分且相互混淆，傾向更總括性與全面性。 6.概念依賴情境。學生用不同的概念去詮釋同一個狀況，即不一致概念引入相同狀況。
(五)Head（1986）	1.來自日常的經驗和生活中的觀察。 2.由類比錯誤所產生的混淆。 3.隱喻的使用。 4.受同儕文化的影響。 5.來自一些固有的觀念。
(六)Treagust（1988）	1.感覺經驗。 2.語言經驗。 3.文化背景。 4.同儕團體。 5.大眾媒體。 6.科學教學。
(七)Duit（王美芬等譯，1996）	1.感官的印象。 2.日常用語。 3.大腦內部構造。 4.學生在社會環境中的學習。 5.教學。
(八)Stepans（王美芬等譯，1996）	1.教師對學童迷思概念缺乏察覺心 （awareness）及興趣。 2.日常生活語言和隱喻。 3.教師認為講述時只要涵蓋概念，學生就能立即學會。 4.「話語用字就可代表是否理解」的假設。 5.教科書的誤導。 6.過份強調講述法。
(九)許健將（1991）	研究者對化學概念之所以產生迷思概念的一般性原因，作一相關文獻的整理探討，要點如下： 1.學生不同的化學心像。 2.機械式的學習策略。 3.教科書的誤導。 4.引用錯誤的解釋模型。
(十)謝秀月（1995）	研究者對「熱」與「溫度」概念之迷思概念產生原因，作一相關文獻的整理探討，要點如下： 1.生活經驗的影響。 2.日常用語的影響。 3.學科背景知識不夠。 4.教科書與教學上的誤導。
(十一)洪瑞英（1998）	研究者綜合了許多學者的看法和研究所提出的結果，歸納出迷思概念的五種主要來源如下： 1.受先前知識的影響。 2.受日常生活直覺經驗及日常生活用語的影響。 3.受正式教學的影響。 4.受非正式教學的影響。 5.受學生的個人因素或特質的影響。

二氧化碳和水，所以燃燒重量會增加。蠟燭燃燒後，蠟燭變短物質消失，重量會減少。也有學生認為蠟燭減少新物質出現，所以重量不變。在鐵釘生銹事件中，研究結果指出：(一)銹是被腐蝕而成的物質或是其它物質，如空氣和水結合而成的；(二)質量守恆概念

上，認為銹是外來的物質則重量增加。以表面的觀察，銹是稀疏的物質則重量減少。也有學生認為只是顏色的改變，所以重量不變。

林哲彥（1992）利用晤談的方式，瞭解國小學生對於蠟燭的燃燒、糖的熱分解和鐵的生鏽三個主題，來瞭解國小學生對於氧化還原的迷思概念。結果發現國小五年級的迷思概念有下列五種：(一)燃燒產生的碳粒是二氧化碳；(二)火焰比較大的地方溫度比較高；(三)火焰熄滅後煙比較多，所以二氧化碳產生比較多；(四)糖遇熱發生分解，是糖燃燒冒煙；(五)氧氣不會幫助鐵釘生鏽。謝秀月（1995）的文獻中，探查師院大一非數理系學生對熱與溫度的概念，研究結果指出：(一)「熱」是具有實體的物質。例如，熱是一種氣體，或熱是由熱的分子組成，可藉由上升和擴散從一物質轉移到另一物質；(二)「熱」和「溫度」是相同意義的不同名詞，合稱為「熱度」，溫度高低即代表熱能多或少。也就是溫度代表一物體所含熱量的多少。

在國外的文獻中，許多研究都曾以事件晤談或其它晤談方式探查學生有關「燃燒」概念的研究。Happs（1980）針對燃燒、中和、沈澱和爆炸四種化學現象以事件晤談的方式進行研究，研究指出仍有高年級的學生對於蠟燭燃燒時所產生的火焰，認為是神秘的，不是由原子或分子組成的，不含任何粒子的。對於物質的組成結構不明，對於粒子、原子和分子的名詞感到困惑。Schollum（1981a, 1981b, 1982）以事件晤談的方式，探查學生對燃燒的想法，並將學生的想法和科學家的觀點作比較，研究中發現學生有關燃燒的迷思概念有：燃燒過程中空氣不參與燃燒；燃燒過程中物質沒有被消耗，仍保留原狀；物質燃燒時沒有產生新物質；物質必經過燃燒加熱才會變成棕色或黑色；物質燃燒時也會有蒸發現象；燃燒的物質不是由粒子組成；燃燒的火焰不含任何粒子；粒子在火焰中會被破壞；物質燃燒必產生熱物質；燃燒過程中，大火焰是由一群小火焰所組成的；鐵釘生銹，銹原本就存在於鐵釘中或水中；鐵釘生銹後的重量比未生銹前輕或不變。Pfundt（1982）以酒精燃燒、硫酸銅加熱和氧化鉛在碳中加熱還原的事件，晤談約三十位8 - 13歲的學生，研究中指出有些學生對化學變化的想法是物質經過化學變化後仍保有物質原本的性質，只不過是被混合或分離。Meheut，Saltiel 和 Tiberghien（1985）對法國11 - 12歲學生所做的研究指出，學生對於燃燒概念有二種想法：一是在化學變化的過程，物質的性質不會改變，也就是學生認為反應前的物質和反應後的物質相同。例如，學生認為蠟燭燃燒只是熔化，酒精燃燒只是蒸發。二是在化學變化的過程，物質的性質會改變，也就是學生認為反應前後的物質不同。例如，燃燒會產生灰、煙或碳。

Driver（1985）綜合其研究結果指出：(一)在燃燒的現象中，學生認為空氣或是氧氣是必要的條件，但是其功能或是作用並不清楚；(二)燃燒後所剩下的物質會釋放出煙，或是類似煙的物質；(三)學生對於化學變化中系統的界定，是以可觀察的系統來進行守恆推理，其忽略看不見的反應物或產物。4. 鐵釘生銹重量增加是因增加了銹的重量；鐵釘生銹重量減少是因銹腐蝕了鐵；鐵釘生銹重量不變是因銹是原來的鐵釘。Boujaoude（1989）在教學前晤談20位八年級的學生，以探討學生對燃燒的想法，研究指出：(一)氧氣可以幫助燃燒但不會消耗；(二)發生化學變化時，物質性質不會改變；(三)物質燃燒的過程如同物質蒸發；(四)化學變化和物理變化可相互交替發生。

Andersson（1986）提出有關學生「燃燒」的物理和化學變化相關概念的五種類型：消失（disappear）、置換（displacement）、修正（modification）、變質（transmutation）和化學變化（chemical interaction）。Andersson（1990）曾以鐵釘生銹的化學反應為例，說明學生誤認為鐵銹原是空氣中所含的物質，其後經由某種途徑而附著於鐵釘的表面。此外，Hesse 和 Anderson（1992）以紙筆測驗和晤談學生，探討學生對鐵釘生銹和木屑燃燒等事件的質量守恆推理情形，研究結果是：(一)學生在推測質量變化時，會忽略化學變化中氣體的反應物和產物的存在；(二)學生以物理變化的質量守恆推理，來推測化學變化時的質量變化。Stavridou 和 Somonidou（1989）發現法國有數名14歲兒童，利用物質變化現象的可逆性與自然發生性質，作為判斷物理變化和化學變化的基準。Ross（1991）指出一般人對燃燒的想法：(一)燃燒的過程氧氣是助燃物，但不是反應物；(二)燃燒時所產生的「水」是由熱空氣、火焰或氫和氧作用形成的。3.燃燒是一種破壞的過程，和蒸發作用相似。Prieto，Watson 和 Dillon（1992）研究14-15歲學生對「燃燒」現象的概念，發現學生的解釋會從修正、變質到化學變化三種類型的改變趨勢，顯示中學生對「燃燒」現象的概念逐漸發展至化學變化。Rahayu 和 Tytler（1999）針對一、三和六年級學生的「燃燒」概念研究中，發現多數學生以修正和置換兩種類型解釋現象，愈高年級的學生使用變質類型較普遍，對國小學童來說，化學變化是複雜的概念，需要很多聯想和覺知。隨著年齡增加，學生更能連結經驗與語言，將「燃燒」現象解釋得更有意義。

綜合以上各研究的結果可知，學生對於事件所涉及的化學概念有許多不同的想法。歸納這些想法是：(一)學生以可觀察事件的外在變化來推測和解釋問題；(二)學生會使用已知的化學知識來解釋類似的事件；(三)學生傾向於以物理概念的推理來推測化學變化的反應；(四)學生對於不同概念，例如：「物質」和「能量」有相互混淆使用的情形。

參、研究方法

一、研究對象

本研究施測樣本的母群體是高雄市立國民中學七、八和九年級的學生，採二階段聚集抽樣（Two-stage Cluster Sampling）的方式選取施測樣本。第一階段先將所有高雄市立國民中學的學校規模，依其學生人數分成三類：(一)小型學校班級數小於等於 ≤30班，總人數在1000人以下；(二)中型學校班級數在31至49班，總人數約在1000至2000人；(三)大型學校班級數大於等於 ≥ 50班，學生人數超過2000人。根據這三類學校總學生人數的比例約為1：4：7，所以抽樣小型學校一所、中型學校四所和大型學校七所。第二階段再自選取的學校，依據年級的不同各抽樣一個學業成就呈常態分佈的班級，共計抽樣36班，12所學校。假設每班平均人數36人，總計高雄市立國民中學學生的預估抽樣率為2.23%（表2）。

根據預估抽樣的設計和方法，進行「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗的施測，總計受測人數1210人，有效樣本共1185人。十二所高雄市立國民中學各年級學生施測樣本人數分配如表3所示。

二、研究工具

本研究自行發展「燃燒」概念半結構式晤談工具和「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗，係參考 Treagust（1988）與 Odom 和 Barrow（1995）提出的二段式診斷性測驗工

表 2：高雄市立國民中學學生與抽測樣本人數分配表

規模	母群體分配						預估樣本分配						預估抽樣率		
	學校		班級		學生		學校		班級		學生		學校	班級	學生
	N	%	N	%	N	%	n	%	n	%	n	%	%	%	%
≤30 班	7	19.4	161	9.1	4584	7.9	1	8.3	3	8.3	108	8.3	14.3	18.6	2.36
31-49 班	15	41.7	598	33.9	18275	31.4	4	33.3	12	33.3	432	33.3	26.7	20.1	2.36
≥50 班	14	38.9	1001	56.9	35259	60.7	7	58.3	21	58.3	756	58.3	50.0	20.9	2.14
總計	36	100	1760	100	58118	100	12	100	36	100	1296	100	33.3	20.5	2.23

表 3：十二所高雄市立國民中學各年級學生施測樣本人數分配表

學校代號	≤30 班		31-49 班			≥50 班							合計
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
國一	32	34	35	32	28	40	36	32	39	33	33	37	410
國二	28	27	31	31	33	39	38	34	31	32	34	34	389
國三	34	31	32	28	31	38	40	30	39	30	40	38	411
合計	93	92	98	91	92	117	114	93	100	95	107	109	1210

具的發展原理與程序進行編製，茲將研究工具發展的程序及內容說明如下：

(一)「燃燒」概念半結構式晤談工具

本研究以「燃燒」概念為主題，設計「燃燒」概念半結構式晤談工具，相關概念包含有「燃燒」、「質量守恆」、「光能」、「熱能」、「溫度」、「放熱反應」、「反應物」、「生成物」、「氧化物」、「氧化反應」、「還原反應」、「化學變化」、「可燃物」、「助燃物」和「燃點」，共計十五個概念。以十五個概念為範圍建構「燃燒」概念圖（圖1），確定概念間的相關性。本工具內容效度之建立，除配合國中理化教材的內容，列出「燃燒」相關概念的命題陳述，以作為編製「燃燒」概念半結構式晤談工具題目的內容依據外，並參考文獻資料設計三十題選擇題型式的題目，建立題目與「燃燒」概念之間的雙向細目表。經2位學科專家和5位現任教師的審查（1位化學博士、1位化學背景科學教育博士、3位中學理化教師和2位小學自然科教師）與七、八和九年級3位學生逐題解釋題意和檢視語句是否清楚明白後，以此工具晤談6位七年級學生和6位九年級學生，蒐集學生回答的各種理由。

(二)「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗

本研究自行發展「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗，除了參考有關「燃燒」概念方面的實徵性研究，並參酌資深理化教師的教學經驗，由資深理化教師提供學生對於「燃燒」相關概念學習上觀念混淆不清的試題，以及根據「燃燒」概念半結構式晤談的研究資料，編寫「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗的初稿，共計二十五題。由於在晤談的過程中，發現學生對於「還原」概念無法理解，且在國中理化教材中，「還原」概念的名詞僅在選修理化的課本中出現。因此，研究者不針對「還原」概念編製「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗的題目，但為保留「燃燒」概念的完整性，在「燃燒」概念圖中，將「還原」概念以虛框表示。經2位學科專

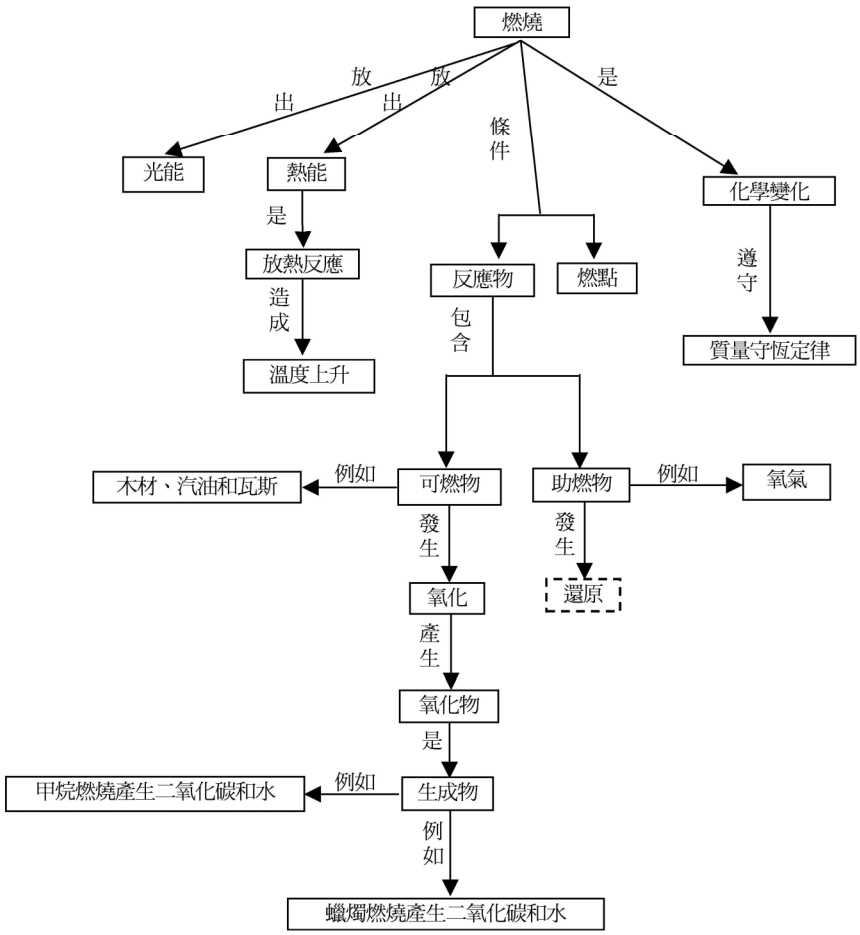


圖 1：「燃燒」概念圖

家和5位現任教師的審查（1位化學博士、1位化學背景科學教育博士、3位中學理化教師和2位小學自然科教師）與七、八和九年級3位學生逐題解釋題意和檢視語句是否清楚明白後，建立初稿題目和「燃燒」概念間的雙向細目表（表4）。

「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗的題目是第一段為是非或選擇題型式，通常有二到三個選項，第二段為若干敘述選項，要求學生選擇合乎其想法的理由敘述。初稿題目的型式在第二階段理由選項中，包含空白選項，以作為繼續修正本工具的預備選項。

其次，選取高雄市 A 和 B 二所國民中學的七年級、八年級和九年級各一班，共計六個班級，樣本數206人進行「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗初稿的預試。施測結果之有效樣本數為200人，填寫空白選項者有11人，工具的信度採用內部一致性庫李信度（Kuder-Richardson）係數 KR20 = .81。「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗的初稿，依據預試206位學生作答情形的人數百分比統計結果，若第二段的選擇題選項選答的人數，皆低於各年級人數與施測總人數的7%，即將此選項刪除。根據 Treagust（1988）和 Odom 與 Barrow（1995）提出的二段式診斷性測驗工具的發展程序，在預試施測時刪除

表 4：「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗題目與「燃燒」概念之雙向細目表

概念領域	概念	題號																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
質量守恆	質量守恆	*											*				*						*			
能量	光能														*											
	熱能					*			*			*			*			*			*					
	溫度		*																							
	放熱反應						*																			
化學反應	反應物													*										*		
	生成物			*	*													*								
	氧化物										*									*						
	氧化反應						*										*			*		*				
	化學變化				*	*		*					*					*	*							
燃燒的條件	可燃物																									*
	助燃物									*														*	*	
	燃點															*					*					

選答人數百分比低於10% 的試題選項，本研究為求廣泛蒐集學生對「燃燒」概念的想法，經研究群的討論將標準設定為7%。其次，針對有填寫空白選項的11位學生進行個別晤談，晤談的資料作為再次修改題目的參考。最後刪除空白選項，以完成「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗工具。

三、資料收集與分析

本研究收集的質性資料主要來自對學生的晤談。在「燃燒」概念半結構式晤談問卷施測後，針對學生填寫和晤談的內容進行初步分析。首先，將晤談過程的錄音資料轉成文字稿，檢視學生作答的理由，並進行開放編碼，再依(一)質量守恆、(二)能量、(三)化學反應和(四)燃燒的條件等四個概念領域，將本研究主題「燃燒」概念所包含的十三個次概念加以分類。其次，再依各概念領域所包含的「燃燒」相關概念，將晤談資料歸類和編碼，整理出學生對「燃燒」相關概念的迷思與形成因素，並用於編寫「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗，以收集量的資料，包含預試樣本206人和正式施測1210人的研究結果。本研究使用 SPSS 軟體作為分析工具，進行卡方檢定和統計每個年級學生在各選項上的作答人數和百分比例，以探討不同年級國中學生對「燃燒」相關概念發展的情形。

肆、研究結果

學生在接受課室教學之前，對於自然現象已存有自己的想法。從建構主義的觀點，學生的學習是以自身原有的知識結構為基礎，把新的知識與原有認知相聯結，再賦予新的意義。所以了解學生的先備概念，並探求這些概念形成的方式是重要的。本研究透過「燃燒」概念半結構式晤談問卷的診斷並參酌資深理化教師的教學經驗，以探究學生對「燃燒」相關概念的迷思及「燃燒」迷思概念的來源。研究發現依「燃燒」相關概念分類成四個概念領域，並歸納六項影響學生

形成「燃燒」迷思概念的可能因素。

一、「燃燒」相關的迷思概念

經由實徵性的研究，針對高雄市立國民中學取樣和正式施測的結果，依七、八和九年級學生在各題目選項上作答的人數百分比分佈情形，分質量守恆、能量、化學反應和燃燒的條件四個概念領域，列出主要的「燃燒」迷思概念內容（表5、表6、表7和表8）。其中，單就第二階段理由選項的作答人數比例，七年級和八年級學生在題目1、2、3、5、7、8、9、10、11、13、15、16、17、18、19、20、21、23、24和25的作答情形，其主要「燃燒」迷思概念的選項相同且人數的百分比例也相近，共計有二十題，佔總題數的80%。

(一)質量守恆

學生解釋蠟燭燃燒和鐵釘生銹時重量的變化，認為燃燒的蠟燭重量不會改變，是因蠟燭燃燒會改以蠟油的型式存在，所以不影響重量的變化（7年級32.4%、8年級27.0%和9年級13.4%）。鐵釘生鏽為外來物質附著或

表 5：「燃燒」相關概念「質量守恆」主要迷思概念內容

概念領域	主要迷思概念內容	題目選項	人數百分比（%） 年級		
			7	8	9
質量守恆	1.蠟燭燃燒熔化後，會以蠟油的形式滴在秤盤上或桌面，所以蠟燭燃燒重量不會改變。	題目一（3B）	32.4	27.0	13.4
	2.鋼絲絨生銹後，會變成較輕和比較稀疏的物質，所以重量會減少。	題目十二（1A）	30.2	13.4	4.0
	3.鋼絲絨生銹是化學反應，必須遵守質量守恆定律，所以重量不會改變。	題目十二（3D）	12.7	13.1	15.4
	4.鐵釘生鏽後去除生鏽的表面，重量和未生銹前相同，因鐵銹是水和空氣作用產生的物質。	題目十六（3B）	6.0	7.1	7.2
	5.引燃煙火時所產生的白色煙霧是煙火引燃時所產生的一種能量。	題目二十二（1D）	13.5	8.1	9.4

表 6：「燃燒」相關概念「能量」主要迷思概念內容

概念領域	主要迷思概念內容	題目選項	人數百分比（%） 年級		
			7	8	9
能量	1.蠟燭燃燒時變成液體，但冷卻後又變回固體，所以蠟燭燃燒的狀態是液體。	題目二（2B）	25.9	29.9	26.1
	2.蠟燭燃燒是化學反應中的放熱反應，所以蠟燭燃燒會釋放「熱空氣」。	題目八（1B）	8.7	23.4	30.5
	3.鐵釘生銹是由於水的侵襲和鐵釘與空氣的接觸所產生。	題目十一（2A）	37.2	28.9	19.9
	4.蠟燭本身不是能量，蠟燭是幫助光和熱釋放出來，產生能量。	題目十四（2E）	7.5	12.1	14.4

表 7：「燃燒」相關概念「化學反應」主要迷思概念內容

概念領域	主要迷思概念內容	題目選項	人數百分比（%） 年級		
			7	8	9
化學反應	1.蠟燭在廣口瓶中燃燒，燃燒所產生的熱會加熱瓶內的空氣，使熱空氣產生水蒸氣。	題目三（1A）	48.4	45.1	35.7
	2.引燃煙火所產生的白色煙霧，是因為煙火沒有燒完剩下的物質散發出來的。	題目四（2D）	2.7	5.0	5.0
	3.烤麵包時，麵包中含有澱粉，澱粉燒焦會變黑，但依舊還是澱粉，是相同的物質，成分不改變。	題目五（2B）	31.9	30.7	16.4
	4.木炭燃燒化為灰燼，木炭是炭，灰燼也是炭，木炭和灰燼成分一樣，只是形狀改變而已。	題目七（2A）	12.5	7.3	6.5
	5.氧化物產生的過程是指物質被氧氣消耗掉，隨即被帶到空氣中。	題目十（1C）	13.5	8.9	7.2
	6.敲碎後的木炭比整塊的木炭容易燃燒，是因敲碎的木炭能量傳遞比較快，整塊木炭能量傳遞較慢。	題目十三（1C）	24.4	25.5	11.2
	7.鐵銹是水和空氣作用產生出來的物質。	題目十六（2B）	12.7	8.4	4.0
	8.蠟燭燃燒時會產生一滴一滴的蠟油，所以蠟油是生成物。	題目十七（1A）	29.9	19.9	14.4
	9.化學變化是指反應時會產生氣泡或是顏色有改變。	題目十八（2C）	11.0	9.4	6.0
	10.天然氣的主要成分是甲烷，天然氣燃燒，甲烷被氧化隨二氧化碳跑掉。	題目十九（1B）	16.7	13.1	13.4
	11.鐵銹的成分包含有氧氣、水分和鐵的成分在其中。	題目二十一（1A）	25.7	31.5	18.1
	12.蠟燭燃燒時氧氣是助燃物，只是幫助蠟燭燃燒並沒有參與反應。	題目二十三（2A）	15.7	21.5	25.3

加入則重量增加，將物質成分帶走或去除則重量減少。例如：學生認為鐵釘生銹後重量會減少，是因銹是看起來稀疏且感覺很輕的物質（7年級30.2%、8年級13.4%和9年級4.0%）。鋼絲絨生銹是化學反應，必須遵守質量守恆定律，所以重量不會改變（7年級12.7%、8年級13.1%和9年級15.4%）。年級較低的學生傾向從表面的觀察來解釋現象，而較多9年級的學生從其它面向解釋問題，例如「能量」、「質量守恆」和「物質間的作用」，雖然較高年級的學生不再只是從可觀察的表面現象來思考問題，而以其它更多元的角度來解釋現象，然而卻使得較高年級學生的「燃燒」相關概念「質量守恆」方面的迷思有愈加分歧之趨勢（表5）。Mintzes 和 Wandersee（1998）亦指出，學生的概念通常會和呈現在科學課堂上的知識交互作用，而產生多種期望之外的學習成果組合。

(二)能量

在「能量」概念領域方面，「燃燒」的相關概念包含光能、熱能、放熱反應和溫度

表 8：「燃燒」相關概念「燃燒的條件」主要迷思概念內容

概念領域	主要迷思概念內容	題目選項	人數百分比（%） 年級		
			7	8	9
燃燒的條件	1.蠟燭燃燒時，空氣中除了氧氣以外還有其它的助燃物質，氧氣只是佔其中的大部分。	題目九（1C）	36.4	41.2	43.4
	2.礦坑中安全燈加罩金屬紗網的作用是金屬網可以隔絕氫氣和沼氣等氣體，不容易爆炸。	題目十五（2C）	30.4	30.4	28.3
	3.酒精燈加熱紙鍋內的水，紙鍋不會燃燒是因紙鍋隔石綿網加熱，沒有直接接觸火焰。	題目二十（2C）	26.4	32.5	30.8
	4.廣口瓶中悶熄蠟燭，蠟燭熄滅的原因是燃燒產生的二氧化碳會包圍蠟燭。	題目二十四（1C）	13.0	12.9	15.4
	5.蠟燭燃燒時的可燃物是燭蕊，蠟只是融化而已，可防止燭蕊燃燒太快。	題目二十五（1B）	20.4	20.2	17.1

上升。學生認為蠟燭燃燒時變成液體，但冷卻後又變回固體，所以蠟燭燃燒的狀態是液體（7年級25.9%、8年級29.9%和9年級26.1%），且此現象是化學反應中的放熱反應，所以蠟燭燃燒會釋放「熱空氣」（7年級8.7%、8年級23.4%和9年級30.5%）。學生對於物質和能量無法區別，例如：學生將「熱」視為看得見的火苗，或「熱」是由二氧化碳聚集而成的，或者認為「熱」是一種熱的空氣。此外，學生將蠟燭視為能量的理由是蠟燭燃燒會產生光和熱，光和熱都是能量，所以蠟燭也是一種能量。但多數的學生認為蠟燭本身不是能量，蠟燭是幫助光和熱釋放出來，產生能量（7年級7.5%、8年級12.1%和9年級14.4%）。值得注意的是，在「燃燒」相關概念「能量」的主要迷思概念上，年級高的學生較年級低的學生在人數的百分比例有增加的趨勢（表6）。

(三)化學反應

在「化學反應」概念領域方面，「燃燒」相關概念包含反應物、生成物、氧化物、氧化反應和化學變化。七年級和八年級學生在主要迷思概念的人數百分比例上較相近，九年級學生的人數百分比例有降低的趨勢，但降低的幅度並不大，少部分迷思概念內容有隨年級升高而人數增加的情形（表7）。例如：學生對於蠟燭燃燒時氧氣是否會參與反應的回答和解釋各有不同。但有些學生認為氧氣不是反應物，不會參與燃燒反應，因為氧氣是助燃物，只是幫助蠟燭燃燒（7年級15.7%、8年級21.5%和9年級25.3%），或認為氧氣的目的是防止燭火熄滅並沒有參與反應。其它在學生解釋反應物狀態的不同對燃燒的影響，學生認為將木炭敲碎後燃燒，敲碎後的木炭能量傳遞比較快，整塊木炭能量傳遞較慢（7年級24.4%、8年級25.5%和9年級11.2%）。

(四)燃燒的條件

可燃物、助燃物和燃點是「燃燒」三個必備的條件。學生認為蠟燭燃燒時，空氣中除了氧氣以外，還有其它的物質可助燃（7年級36.4%、8年級41.2%和9年級43.4%）。例如：學生認為除了氧氣外，氫氣和氮氣甚至是二氧化碳可助燃。其他學生雖然不能明白

指出其它可以助燃的物質，但認為蠟燭燃燒時，氧氣是主要的助燃物，空氣中的其它氣體亦可助燃，或是學生認為空氣中還有一些其它的助燃氣體是科學家到目前為止所沒有發現的。

在悶熄蠟燭的現象中，蠟燭是因助燃物氧氣的不足而使蠟燭熄滅的。然而學生對於觀察角度的不同而會有不同的解釋，學生認為蠟燭燃燒產生的二氧化碳會包圍燭火使其熄滅（7年級13.0%、8年級12.9%和9年級15.4%）。在應用問題上，學生解釋礦坑中安全燈加罩金屬紗網的作用，大都將焦點集中在可燃物和助燃物上，認為金屬網的作用是隔絕容易爆炸的氫氣和沼氣等氣體，不容易爆炸（7年級30.4%、8年級30.4%和9年級28.3%）。正確的解釋是金屬網可吸收部分的熱，使熱均勻傳導分散，使溫度無法達到燃點，所以才能減少爆炸燃燒的機率。雖然「燃

表 9：不同年級國中學生單題作答卡方檢定（Chi-Square test）分析結果

題號	7 年級（n = 401）		8 年級（n = 381）		9 年級（n = 403）		7 和 8 年級 *p* 值	7 和 9 年級 *p* 值	8 和 9 年級 *p* 值
	人數	（%）	人數	（%）	人數	（%）			
1	9	（2.2）	13	（3.4）	83	（20.6）	.324	.000***	.000***
2	24	（6.0）	26	（6.8）	72	（17.9）	.632	.000***	.000***
3	45	（11.2）	56	（14.7）	91	（22.6）	.147	.000***	.005**
4	85	（21.2）	111	（29.1）	232	（57.6）	.010*	.000***	.000***
5	21	（5.2）	27	（7.1）	146	（36.2）	.281	.000***	.000***
6	29	（7.2）	40	（10.5）	44	（10.9）	.107	.069	.849
7	102	（25.4）	139	（36.5）	152	（37.7）	.001**	.000***	.721
8	115	（28.7）	94	（24.7）	117	（29.0）	.206	.912	.169
9	33	（8.2）	53	（13.9）	68	（16.9）	.011*	.000***	.251
10	71	（17.7）	76	（19.9）	123	（30.5）	.423	.000***	.001**
11	36	（9.0）	74	（19.4）	125	（31.0）	.000***	.000***	.000***
12	48	（12.0）	107	（28.1）	208	（51.6）	.000***	.000***	.000***
13	142	（35.4）	171	（44.9）	322	（79.9）	.007**	.000***	.000***
14	40	（10.0）	41	（10.8）	72	（17.9）	.718	.001**	.005**
15	28	（7.0）	45	（11.8）	92	（22.8）	.020*	.000***	.000***
16	49	（12.2）	40	（10.5）	127	（31.5）	.449	.000***	.000***
17	104	（25.9）	141	（37.0）	215	（53.3）	.001**	.000***	.000***
18	133	（33.2）	160	（42.0）	252	（62.5）	.011*	.000***	.000***
19	54	（13.5）	88	（23.1）	152	（37.7）	.000***	.000***	.000***
20	42	（10.5）	46	（12.1）	115	（28.5）	.479	.000***	.000***
21	28	（7.0）	49	（12.9）	101	（25.1）	.006**	.000***	.000***
22	69	（17.2）	128	（33.6）	195	（48.4）	.000***	.000***	.000***
23	157	（39.2）	156	（40.9）	195	（48.4）	.609	.008**	.036*
24	53	（13.2）	58	（15.2）	101	（25.1）	.422	.000***	.001**
25	86	（21.4）	100	（26.2）	152	（37.7）	.115	.000***	.001**

(1).*$p < 0.05$; **$p < 0.01$; **$p < 0.001$; (2). 7 = 七年級；8 = 八年級；9 = 九年級

燒」相關概念「燃燒的條件」在小學階段已學習過，但從本研究的結果顯示，七年級、八年級和九年級學生仍存有許多迷思概念，且三個年級的人數百分比例皆相近，並無明顯差距（表8）。

二、國中學生的「燃燒」概念

本研究對高雄市立國民中學取樣施測的結果，分析國中學生在各題目選項上作答正確的人數百分比分佈情形，共計有二十五個題目，包含所有「燃燒」的相關概念。其中七年級和八年級在題目1、2、3、4、5、8、10、13、14、15、16、18、20、21、23、24和25，作答正確的人數比例較一致，共計有十七個題目，佔所有題目的68%。再以卡方檢定（Chi-Square test）分析法比較不同年級學生在各個題目的表現上是否具有顯著差異（表9），依照「燃燒」相關概念所屬的四個概念領域，分質量守恆、能量、化學反應和燃燒的條件，依次說明不同年級國中學生「燃燒」概念的學習和發展趨勢。

(一)質量守恆

在「燃燒」概念二段式診斷性測驗工具中，有關「燃燒」相關概念所屬「質量守恆」概念領域的題目編號是1、12、16和22，共計4題。學生作答正確的人數比例有隨年級升高而增加的趨勢（圖2）。七年級和八年級學生在題目1和16的作答表現上，沒有統計上的顯著差異（表9）。其中在題目16，八年級學生作答正確人數比例（10.5%）較七年級學生作答正確人數比例（12.2%）低。

(二)能量

在「燃燒」概念二段式診斷性測驗工具中，有關「燃燒」相關概念所屬「能量」概念領域的題目編號是2、5、6、8、11、14、17和20，共8題。學生作答正確的人數比例有隨年級升高而增加的趨勢（圖3）。七年級和八年級學生在題目2、5、6、8、14和20的作答表現上，沒有統計上的顯著差異；八年級學生和九年級在題目6和8的作答表現上，沒有統計上的顯著差異；七年級學生和九年級在題目6和8的作答表現上，沒有統計上的顯著差異（表9）。其中題目2和14，七年級和八年級學生作答正確人數比例非常相近。而有關放熱反應的題目6，三個年級作答正確的人數比例都很低，分別是七年級7.2%，八年級10.5%和九年級10.9%。

(三)化學反應

在「燃燒」概念二段式診斷性測驗工具

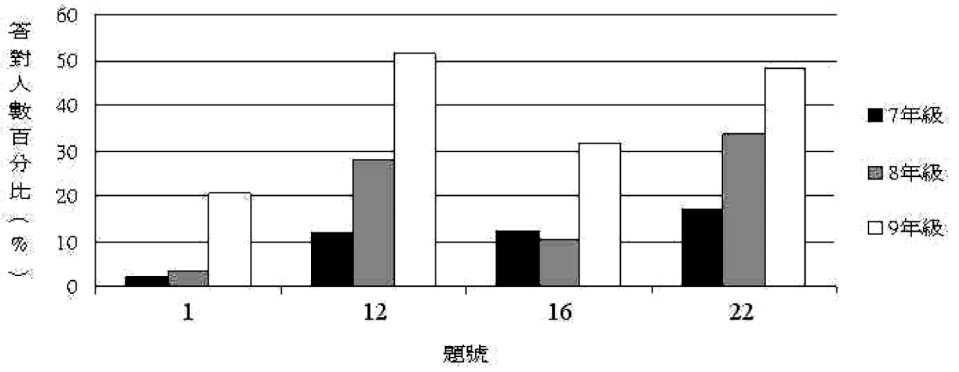


圖 2：「質量守恆」概念領域學生作答正確人數百分比

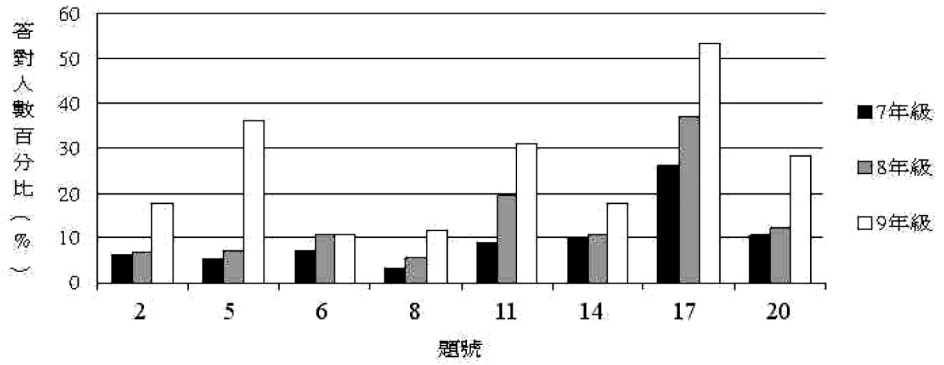


圖 3：「能量」概念領域學生作答正確人數百分比

中，有關「燃燒」相關概念所屬「化學反應」概念領域的題目編號是3、4、5、6、7、10、12、13、16、17、18、19、21和23，共14題。學生作答正確的人數比例有隨年級升高而增加的趨勢（圖4）。七年級和八年級學生在題目3、5、6、10、16和23的作答表現上，沒有統計上的顯著差異；八年級學生和九年級在題目6和7的作答表現上，沒有統計上的顯著差異；七年級學生和九年級在題目6的作答表現上，沒有統計上的顯著差異（表9）。其中，在題目6和7，八年級和九年級學生作答正確人數比例非常相近。

(四)燃燒的條件

在「燃燒」概念二段式診斷性測驗工具中，有關「燃燒」相關概念所屬「化學反應」概念領域的題目編號是9、15、20、23、24和25，共6題。學生作答正確的人數比例有隨年級升高而增加的趨勢（圖5），但三個年級的學生作答正確的人數比例都很低，增加的幅度不大。七年級和八年級學生在題目20、23、24和25的作答表現上，沒有統計上的顯著差異；八年級學生和九年級在題目9的作答表現上，沒有統計上的顯著差異（表9）。其中，在題目20、23和24，七年級和八年級學生作答正確人數比例非常相近。

三、「燃燒」迷思概念的來源

(一)只專注在表面的部分現象

學生在面對問題時，會專注在表面現象的觀察，且將焦點集中在特定的一部份，以

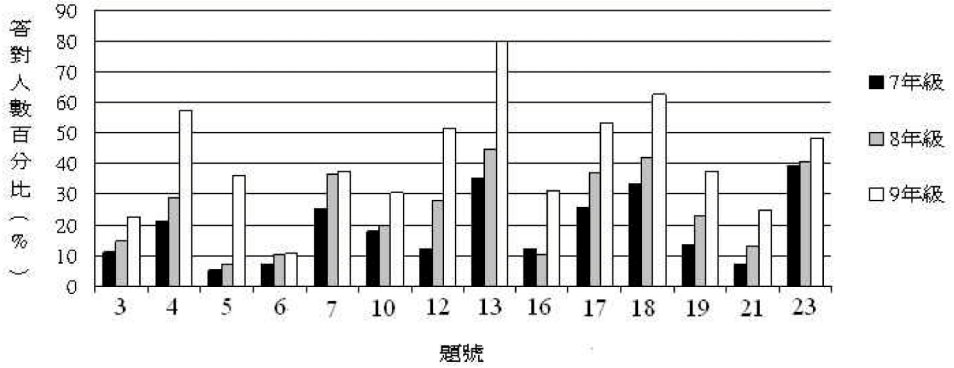


圖 4：「化學反應」概念領域學生作答正確人數百分比

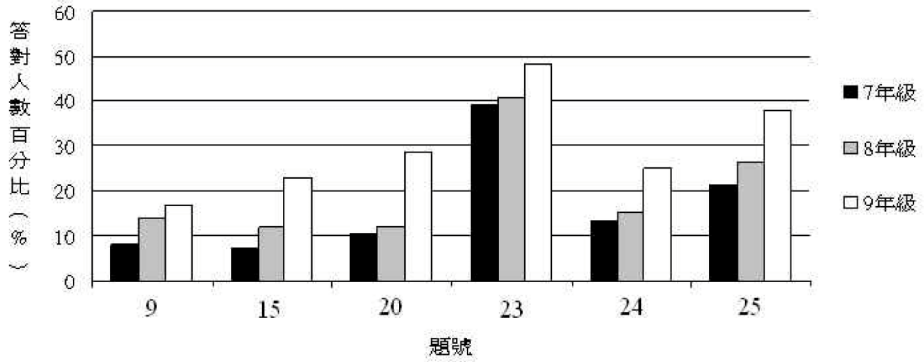


圖 5：「燃燒的條件」概念領域學生作答正確人數百分比

此來回答整體的問題，一方面忽略了其它因素的影響，以部分代替全部，另一方面卻忽略了問題所處的外在環境，也就是缺乏整體系統的考量，是導致學生錯誤想法的因素。Driver, Guesene 與 Tiberghien（1985）提出：在一個問題情境中，學生最初會把推理建立在可觀察的特徵上，且已有證據顯示，學生似乎把注意力依賴在特別的知覺特徵上，傾向於注意事件的連續或者是狀態隨時間的改變。

研究者：將一根蠟燭放在秤盤上並點燃，5分鐘後讀秤盤的指針：①減少②增加③不變？

小寬：因為蠟燭在秤盤上燃燒，因為時間啊！燃燒的時間越長，那火燃燒的時間也越長，那燃燒的速度就很快，蠟燭就會慢慢的短，它的重量就會慢慢的減少。〈2000/09/29〉

仁仁：③不變。因為它只是融化，並沒有減輕蠟燭重量。

小筑：③不變。因為它燃燒產生的蠟油還是滴在平盤上面。〈2000/10/06〉

(二)沒有考慮化學反應的機制

學生解釋化學反應中所生成的新物質時，會從物理概念來推理，認為有外來的物質質量和原來的反應物質量相加總，則重量增加。將原來的反應物之物質成分帶走，則重量會減少，沒有化學反應過程中反應前後原子重新組合產生新的物質的概念。

研究者：鋼絲絨生銹後其質量：①減少②增加③不變？

欣心：②增加。因為它生銹後，那些銹應該也會有重量，銹裡面應該有摻雜一些空氣、氧和水，所以我覺得它重量應該會增加。〈2000/10/06〉

大緯：②增加。因為生鏽過程中有水和空氣參與反應，所以一些水分會增加它的質量。

研究者：空氣呢？

大緯：一樣，因銹裡面也含有空氣。〈2000/10/07〉

(三)對於化學名詞錯誤的理解

對於學生尚未學習過或是已學習過但仍不清楚明白的化學名詞出現在問題中時，學生會先以自己對化學名詞的理解作解釋，再依解釋的內容來回答問題，因而影響了學生對問題的判斷，產生錯誤的想法。例如，學生以自己的理解對化學名詞「氧化物」作解釋，再依解釋的內容對問題作回答，因而導致學生產生錯誤的迷思概念。

研究者：所謂氧化物是指物質的空隙中充滿了氧氣：①是②否？

芸芸：②否。因為氧化物就是一些物質被空氣中的一些氣體給氧化掉，然後隨著氧氣消失在空氣中。例如：鐵釘，它就生銹，它裡面的一些東西就被氧化掉。然後它說物質的空隙充滿了氧氣，那是那個裡面含有氣體，它不是氧化物。〈2000/10/06〉

小筑：①是。因為氧化是指物質化成氧氣，就是物質融化在空氣中，氧化物會化成氧氣，所以氧化物含有氧氣。〈2000/10/06〉

(四)只從單一方面的線性推理

學生會將以往所學的知識或經驗，推理並應用到其知覺類似的問題情境中，且依照其所熟悉的概念和認知方式去詮釋一個狀況，因而使學生解釋理由時遵循一個線性因果關係。Driver 等人（1985）提出，當學生解釋變化時，他們的推理傾向於遵循單一的線性關係，且這個關係是學生所偏好的方向，而對於系統中的其它因素，學生較無法感知。

研究者：將一根蠟燭放在秤盤上並點燃，5分鐘後讀秤盤的指針：①減少②增加③不變？

大緯：①減少。因為在蠟燭製造的過程中，裡面至少會加一些水，然後做成之後會凝固起來。它會蒸發一些水分，是因為它在蠟燭做成以前，它之中裡面有加一些水，所以在燃燒以後水會被蒸發掉，減少的重量是蠟燭裡面的水分。〈2000/10/07〉

(五)概念瞭解受語言經驗影響

學生在日常生活中所使用的語言經驗，會影響學生對某些特定概念的瞭解，有時甚至侷限了學生對於問題思考方向。舉例來說，學生對光能和熱能的概念會受語言經驗的影響，例如：「水火不容」和「摩擦生熱」。Treagust（1988）指出概念的來源亦包含有此項「語言經驗」的影響。例如，學生認為蠟燭燃燒時所產生的熱是由於摩擦的生成的，有的學生認為是火和空氣在摩擦，有的學生認為是火和空氣中的水蒸氣在摩擦，雖然學生解釋摩擦的物質有所不同，但是卻一樣認為摩擦才會生熱。另外一個語言經驗是「水火不容」，學生認為紙火鍋的紙不會燃燒的原因是紙鍋內含有水，水和火是不相容的，所以紙沒辦法燃燒起來。

研究者：「熱」是蠟燭燃燒時所釋放出的物質：①是②否？

芸芸：①是。因為熱是由蠟燭的火和外面的空氣互相摩擦而產生的，摩擦才能生熱。〈2000/10/06〉

研究者：市面上餐廳的紙火鍋可以直接在火上加熱而不燃燒的原因是什麼？

芸芸：我覺得是因為紙它本身應該會有水，然後因為水火不容嘛！紙火鍋的紙有水在火上加熱應該不會燃燒。〈2000/10/06〉

(六)概念無法區分且相互混淆

學生對於物質與能量兩個概念間有相混淆的情形且依狀況而相互替代使用。Driver 等人（1985）提出，有些概念學生在使用上有一個範圍的含意，而這個含意是與科學家不同，而且是超過科學家所使用的範圍。文獻中舉出例如，學生對重量的含意包括體積、壓力與密度。除此之外，學生的概念傾向於更總括性與全面性。例如，學生認為熱能是有質量的，且將「熱」視為火、溫度、氣體或物質，這些名詞在解釋問題的過程中

交互使用。

研究者：「熱」是蠟燭燃燒時所釋放出的熱空氣：①是②否？

小寬：①是。因為蠟燭燃燒，你手輕輕的靠近它，你會感覺有點熱，且熱會使空氣中的水蒸氣燃燒起來，然後覺得有點熱，所以是釋放出來的熱空氣。

研究者：「熱」是什麼？

小寬：是蠟燭燃燒出來的溫度。

小寬：「熱」是氣體。

小潔：「熱」是空氣和火。因為外面很熱也是一個熱，火也是一個熱。

〈2000/09/29〉

伍、結論與建議

本研究探究不同年級國中學生對「燃燒」概念的理解，發現學生對於蠟燭燃燒、物質分解、鐵的生銹、麵包烤焦和木炭燃燒等現象所持有的迷思概念，與王春源（1991）、林哲彥（1992）、黃寶鈿（1988）、謝志仁（1992）、Andersson（1990）、Boujaoude（1989）、Driver（1985）、Happs（1980)、Hesse 和 Anderson（1992）、Meheut 等人（1985）、Pfundt（1982）、Ross（1991）、Schollum（1981a, 1981b, 1982）與 Stavridou 和 Somonidou（1989）等人的研究發現相似。本研究進一步發現學生主要的「燃燒」迷思概念內容，並整理「燃燒」相關概念分成質量守恆、能量、化學反應和燃燒的條件四個概念領域，以分析不同年級國中學生對「燃燒」概念的學習和成長情形，歸納出下列四項結論：

一、國中學生普遍持有的「燃燒」迷思概念內容並不因年級的不同而有所差異，亦即七年級學生主要的「燃燒」迷思概念內容，也仍然是大多數八年級和九年級學生的迷思概念。在「燃燒」概念二段式診斷性測驗的題目中，由其理由選項之結果可得知，七年級學生對於「燃燒」概念的迷思，也在八年級和九年級學生的作答情形中顯現。例如，三個年級皆有高達 75% 以上的人數認為蠟燭燃燒時，除了氧氣之外，混雜在空氣中還有其它的物質可助燃，且第二階段的理由選項集中在 C 選項（7 年級 36.4%、8 年級 41.2%和 9 年級 43.4%）。

二、研究發現：七年級和八年級學生對燃燒現象普遍持有的迷思概念內容相同，且兩個年級在作答的表現上，有一半以上的題目並無統計上的顯著差異（表 9）。在「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗工具中，有十七個題目，兩個年級學生在事實選項和理由選項作答皆正確的人數比例一致，佔所有題數的 68%。其次，單就第二階段理由選項的作答人數比例分配上，七年級和八年級學生對於主要「燃燒」迷思概念的選項相同，且人數的百分比例也相近，共計有二十題，佔總題數的 80%。整體而言，七年級和八年級學生在「燃燒」相關概念的學習發展上近似。研究者推測可能的原因是七年級學生尚未學習相關的自然與生活科技課程，而八年級學生則剛開始學習相關的概念內容，所以兩個年級的先備知識起點相同。

三、研究發現七年級與九年級學生的總分表現，具有統計上的顯著差異，而八年級和九年級的學生，在總分表現上，亦具有統計上的顯著差異。顯示九年級的學生在「燃燒」概念的學習和發展上有明顯的成長。然而，九年級學生在第二階段錯誤的理由選項人

數百分比例上，呈現更加分散的情形，顯示九年級的學生依然存有多樣的「燃燒」迷思概念。反觀八年級和九年級學生在作答表現無統計上顯著差異的題目（表 9）所包含的概念是放熱反應、氧化反應、化學變化、熱能和助燃物，而七年級與九年級學生在作答表現無統計上顯著差異的題目（表 9）所包含的概念是放熱反應、氧化反應和熱能，顯示不同年級的中學生對放熱反應、氧化反應和熱能三個概念並無差異。

四、在「燃燒的條件」概念領域中，三個年級的學生在第一階段的事實選項上，選答人數比例相近。例如，三個年級在「可燃物」概念方面(題目 25)，皆約有 50% 的人數比例選擇錯誤（7 年級 56.1%、8 年級 53.8%和 9 年級 44.2%）；在「助燃物」概念方面（題目 9、23 和 24），三個年級也都約有 75%（7 年級 82.5%、8 年級 75.3%和 9 年級 75.9%）、35%（7 年級 33.9%、8 年級 36.2%和 9 年級 39.2%）和 70%（7 年級 74.6%、8 年級 75.9%和 9 年級 67.7%）的人數比例答錯。顯示學生對於「燃燒的條件」所包含的概念沒有隨年級升高而答對人數比例增加的趨勢值得注意。

回顧文獻資料和過去研究的結果，可知學生迷思概念來源大致可分三種：(一)感覺經驗、(二)語言經驗和(三)科學教學。有關「燃燒」迷思概念的成因與來源，本研究歸納六項要點：(一)只專注在表面的部分現象；(二)沒有考慮化學反應的機制；(三)對於化學名詞錯誤的理解；(四)只從單一方面的線性推理；(五)概念瞭解受語言經驗影響；(六)概念無法區分且相互混淆。

從晤談的資料中發現，學生使用記憶解釋觀察，對於「燃燒」概念的理解多是零碎且不一致，對不同現象有不同的想法，學生只在特定的狀態下掌握推論，亦即學生會因情境或物質的不同而做不同的解釋，因而造成前後沒有一貫性。此結果與 Boujaoude（1991）之研究結果相同。七年級學生對現象的解釋較著重在視覺上的觀察，再進一步作直覺上的推論，八年級學生則會使用過去所學習過的記憶和觀察來解釋現象，因此較常出現矛盾和前後不一致的解釋，而九年級學生會使用教科書中的科學名詞解釋現象。然而，雖然九年級的學生使用更多學校課堂上所學習到的科學名詞和概念以解釋問題，顯示學生已重新架構其認知的過程，但卻因而造成更多分歧的迷思概念。例如：七年級和八年級學生對於蠟燭燃燒時，重量變化的主要的迷思概念為「蠟燭燃燒會形成蠟油，所以重量不會改變」（7年級32.4%和8年級27.0%），而九年級學生認為蠟燭燃燒只是融化成蠟油的主要迷思概念人數百分比為13.4%，另有14.6% 的九年級學生認為「蠟燭燃燒時必須遵守質量守恆定律，所以重量不變」。Greca 和 Moreira（2000）的研究中發現，當學生面對愈複雜且涵蓋愈多相關概念的問題時，通常缺乏統整與融會貫通的能力，不易與已知的知識作連結。本研究的發現可提供教師了解國中學生普遍持有的「燃燒」迷思概念，並能更進一步掌握學生在此概念學習上的成長和發展趨勢，以了解學生學習上的概況，提供教與學上的幫助。

教師教學的起點建立在學生已具備的認知基礎上，本研究經由探究學生「燃燒」概念的認知起點以發展診斷工具，了解不同年級學生在「燃燒」概念上學習和成長的趨勢。基於研究過程與發現，提出以下

的建議：

一、教學與教材設計之建議

「燃燒」是化學的基本概念，也是日常生活中極易觀察的現象。在學校科學課程中，也有許多「燃燒」相關概念的單元內容，教師可利用本研究發展的「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗工具，對學生進行「燃燒」概念的診斷，其結果除可探究學生的迷思概念與瞭解學生的學習情形之外，尚可評估學生的學習成效，此外，本研究的施測結果可提供教師注意學生在「燃燒」相關概念的學習情形和瞭解學生「燃燒」迷思概念的內容，供教師與學生作為教與學的反思之用。燃燒現象雖是學生常有的生活經驗，但「燃燒」相關的概念涉及原子觀點和動態特性的微觀粒子面向，教師自行發展教材與擬定教學計畫時，瞭解學生的先備知識與迷思概念，以學生的學習起點為基礎，設計實驗、多媒體、電腦與概念構圖等多元的教學法，以期達到有意義的教學。

二、未來進一步研究之建議

(一)「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗工具的發展過程，是經由晤談、施測和修訂的不斷連續循環過程，進而使工具發展完整成熟。因此，在使用「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗工具時，仍應再次檢驗工具的信效度、配合學生的晤談資料和依據施測的結果，再加以循環修訂，使測驗工具更具適合性。

(二)沒有任何一個概念是可以單獨被學習及瞭解；每一個概念的獲得都會和其它概念內容的獲得息息相關。由於概念是具有關係的性質，所以概念不是獨立的，某一個概念和同一個領域的其它概念彼此之間具有相關的關係，於是每一個概念的內容轉變會引起其它相關概念內容的轉變。換言之，概念內容的轉變過程是整體性的（holistic）（杜嘉玲, 1999）。因此，本研究探討學生的「燃燒」概念，歸納出學生主要的迷思概念內容和成因，然而對於概念與概念間的關係和每一迷思概念內容的轉變所引發其它概念內容轉變的機制，仍有待更深入的研究。

(三)本研究依調查研究法，使用發展完成的「燃燒」概念二段式診斷性測驗工具，對高雄市立國民中學取樣施測，以了解不同年級國中學生對於「燃燒」概念的內容和人數百分比例分佈情形的改變作描述和推論，研究結果的分析受限於診斷工具的設計限制，對於錯誤理由選項內容之概念形成的影響，仍須深入探討。此外，根據研究的資料發展適切的教學策略，以促進學生概念的建構，進而探討教學的成效，亦是研究的另一重要方向。

參考文獻

1. 王春源（1991）：**物質變化相關概念診斷測驗工具之發展**。彰化市：國立彰化師範大學碩士論文（未出版）。
2. 王美芬、段曉林、熊召弟和熊同鑫譯(1996)：**科學學習心理學**。台北市：心理出版社。
3. 林哲彥（1992）：**我國國小學生氧化還原概念之研究（ I ）**。行政院國家科學委員會研究計畫成果報告：台南師院自然科學教育學系（NSC81-0111-S024-01-N）。
4. 林生傳（1997）：我國學生概念發展的水準與特徵研究。**教育學刊**, **13**, 47-82。

5. 杜嘉玲（1999）：**概念發展－古典論與聯結論**。嘉義縣：國立中正大學碩士論文（未出版）。
6. 洪瑞英（1998）：**高中生的「化學平衡」概念之研究**。高雄市：國立高雄師範大學碩士論文（未出版）。
7. 許健將（1991）：**利用二段式測驗探查高三學生有關共價鍵及分子結構之迷思概念**。彰化市：國立彰化師範大學碩士論文（未出版）。
8. 陳淑敏（1995）：Vygotsky「最近發展區」概念內涵的探討。**屏東師院學報**，**8**，505-526。
9. 郭重吉（1988）：從認知觀點探討自然科學的學習。**彰化教育學院學報**, **13**, 351-379。
10. 黃寶鈿（1988）：**我國學生科學概念與推理能力發展之相關研究：燃燒的化學及物理概念**。行政院國家科學委員會研究計畫成果報告：台灣師大化學系（NSC 77-0111-S003-020-D）。
11. 謝志仁（1992）：**國中學生化學變化相關概念另有架構之研究**。彰化市：國立彰化師範大學碩士論文（未出版）。
12. 謝秀月（1995）：師院非數理系學生熱與溫度概念架構之探討。**台南師範學院學報**，**28**，479-507。
13. Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education, 70*(5), 549-563.
14. Andersson, B. (1990). Pupils' conception of matter and its transformation (age 12-16). *Studies in Science Education, 18*, 53-85.
15. Boujaoude, S. B. (1989). *A study of conceptual change in junior high school science students during instruction about the concept of burning*. Unpublished doctoral dissertation, University of Cincinnati, Ohio. Retrieved from UMI No. 8903612.
16. Boujaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(8), 689-704.
17. Driver, R. (1981). Pupils' alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education, 3*(1), 251-257.
18. Driver, R. (1985). Beyond appearances: the conservation of matter under physical and chemical ransformations. In R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 145-169). Philadelphia: Open University Press.
19. Driver, R., Guesene, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University Press.
20. diSessa, A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction, 10*, 105-225.
21. Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching, 22*(1), 53-62.
22. Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modeling. *International Journal of Science Education, 20*(1), 1-11.
23. Happs, J. (1980). *Particles* (Report No. SERU-RR-80-10). Hamilton, New Zealand: Science Education Research Unit. (ERIC Document Reproduction Service No. ED235 026)
24. Harris, P. L. (1994). Thinking by children and scientists: False analogies and neglected similarities. In L. A. Hirschfeld, & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind* (pp. 294-315). Cambridge: Cambridge University Press.
25. Head, J. (1986) Misconceptions in physics among South African students. *Physics Edu-*

cation, 15(2), 92-105.

26. Hesse, J. J., & Anderson, C. W. (1992). Students' conception of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching, 29*(3), 277-299.
27. Kitchener, R. F. (1986). Piaget's theory of knowledge: genetic epistemology and scientific reason. New Haven: Yale University Press.
28. Klausmeier, H. J. (1979). Cognitive learning and development: Information-processing and Piagetian perspectives. Washiongton, D. C.: Office of Education.
29. Meheut, M., Saltiel, E., & Tiberghien, A. (1985). Pupils' (11-12 years old) conceptions of combustion. *Europeanan of Journal Science Education, 7*(1), 83-93.
30. Mintzes, J. J., & Wandersee, J. H. (1998). Reform and innovation in science teaching: A human constructivist view. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding*: *A human constructivist view* (pp. 29-58). San Diego: Academic Press.
31. Odom, A. L., & Barrow, L. H. (1995). Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching, 32*(1), 45-61.
32. Osborne, R. J., Bell, B. F., & Gilbert, J. K. (1983). Science teaching and children's views of the world. *European Journal of Science Education, 5*(1), 1-14.
33. Piaget, J. (1930). *The child's conception of physical causality*. New York: Harcourt Brace.
34. Piaget, J., & Garcia, R. (1989). *Psychogenesis and the history of science*. New York: Columbia University Press.
35. Pfundt, H. (1982). *Pre-instructional conceptions about transformations of substances* (Report No. IPN-RR-82-0). Kiel, West Germany: Institut füer die Päedagogik der Naturwissenschaften. (ERIC document Reproduction Service No. ED 229 235).
36. Prieto, T., Watson, R., & Dillon, J. S. (1992). Pupils' understanding of combustion. *Research in Science Education, 22*, 331-340.
37. Rahayu, S., & Tytler, R. (1999). Progression in primary school children's conception of burning: toward an understanding of the concept of the concept of substance. *Research in Science Education, 29*(3), 295-312.
38. Ross, K. (1991). Burning: a constructive not a destructive process. *School Science Review, 72*(251), 39-49.
39. Schollum, B. (1981a). *Chemical change* (Report No. SERU-RR-81-5). Hamilton, New Zealand: Science Education Research Unit. (ERIC Document Reproduction Service No. ED236 010)
40. Schollum, B. (1982b). *Burning: A resource unit for teachers* (Report No. SERU-RR-81-11). Hamilton, New Zealand: Science Education Research Unit. (ERIC Document Reproduction Service No. ED236 019).
41. Schollum, B. (1982). *Reaction* (Report No. SERU-RR-82-6). Hamilton, New Zealand: Science Education Research Unit. (ERIC Document Reproduction Service No. ED236 020).
42. Stavridou, H., & Somonidou, C. (1989). Physical phenomena-Chemical phenomena: do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education, 11*(1), 83-92.
43. Sutton, C., & West, L. (1982). *Investigating children's existing ideas about science* (Report

No.SE-RD-82-4). Leicester, England: School of Education. (ERIC Document Reproduction Service No. ED230 424)

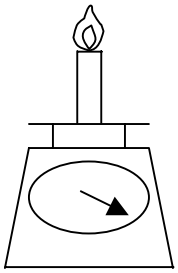
44. Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education, 10*(2), 159-169.
45. Von Glasersfeld, E. (1989). Cognition, Construction of knowledge and teaching. *Synthese*, *80*, 121-140.

附　錄

「燃燒」概念二段式診斷性紙筆測驗

題目理由選項是**單選題**

（　）一、將一根蠟燭放在秤盤上讀秤盤指針的刻度，點燃蠟燭，5 分鐘後再讀秤盤指針所指的刻度，此時刻度的變化如何？①減少②增加③不變



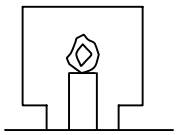
（　）理由：A 蠟燭的燭蕊被燃燒掉，就只剩下蠟燭的重量。
B 蠟燭融化後仍滴在秤盤上面。
C 蠟燭燃燒時空氣中的氧氣參與反應。
D 蠟燭燃燒是在燃燒氧氣，蠟燭只是融化而已。
E 蠟燭含有水分和蠟油，燃燒將水分蒸發只剩蠟油。
F 蠟燭燃燒產生二氧化碳和水蒸氣。
G 蠟燭燃燒必須遵守質量守恆定律，所以重量不變。

（　）二、當我們說蠟燭在燃燒，實際上是何種狀態的蠟在燃燒？①固態蠟②液態蠟③氣態蠟



（　）理由：A 由固體的蠟燭燃燒，燃燒完後就會變成液態蠟。
B 蠟燭燃燒時會變成液體，但冷卻後又變回固體。
C 蠟燭燃燒時會產生煙，煙是氣體。
D 蠟燭燃燒是先融化成蠟油後，再變成氣體。
E 蠟燭本身是屬於固態的。

（　）三、點燃一根蠟燭，蓋上廣口瓶，一段時間後在廣口瓶內壁上發現有液體，此液體是什麼？①水②蠟燭油



（　）理由：A 燃燒產生熱，加熱瓶內空氣，使熱空氣產生水蒸氣。
B 蠟燭是一種可融化的東西，遇熱會產生流質的液體。
C 在廣口瓶中燃燒的是蠟燭，所以瓶壁上的液體也是蠟燭油。
D 燃燒使蠟燭本身所含的水份蒸發之後，再遇冷凝結。
E 蠟燭和空氣中的氧反應，變成水蒸氣，凝結在瓶壁。

（　）四、節日慶典所施放的煙火，有大量的白色煙霧，這些煙霧是什麼？①反應物②生成物③助燃物

（　）理由：A 煙霧原本在煙火中，幫助煙火有極大的衝力可衝到天空。
B 製造煙火時煙霧就包含在裡面，點燃之後就會爆發出來。
C 引燃煙火經過燃燒作用的化學反應才產生這些白色煙霧。
D 白色煙霧是因為煙火沒有燒完所剩下的物質散發出來的。
E 白煙就是空氣中的某一些氣體，其原本混合在空氣當中。

（　）五、烤麵包時把麵包烤焦了，麵包上的黑色物質是否為碳？①是②否



（　）理由：A 食物煮太久或烤太久都會變黑，只不過是顏色變了。
B 麵包含有澱粉，澱粉燒焦會變黑，但依舊還是澱粉。
C 麵包烤太久時，使熱量都集中在麵包上轉變成黑點。
D 烤麵包時，水和空氣摩擦生熱而使麵包焦掉變成黑色。
E 烤麵包時，麵包會脫水而產生另一新物質。

（　）六、蠟燭燃燒放出光和熱是屬於氧化反應的現象嗎？①是②否



（　）理由：A 燃燒產生光和熱是火焰變出來的。
B 火會產生二氧化碳，這種氣體會一直大量消耗氧氣。
C 蠟燭燃燒是蠟融化在氧氣中的反應。
D 空氣中產生的是二氧化碳，蠟燭燃燒不是氧化反應。
E 蠟燭燃燒是氧化反應，但產生光和熱卻是放熱反應。
F 蠟燭與氧結合後放出光和熱。

（　）七、木炭燃燒化為灰燼，灰燼和木炭是不同的物質嗎？①是②否

（　）理由：A 成分一樣，只是形狀改變而已。
B 木炭是炭，灰燼也是炭。
C 灰燼是木炭燃燒後所產生的物質。
D 灰燼原來就存在空氣中，木炭燃燒和空氣作用使灰燼聚集。

（　）八、「熱」是否為蠟燭燃燒時所釋放出的熱空氣？①是②否

（　）理由：A 火焰消耗氧氣變成二氧化碳後，慢慢集中往上升變成熱。
B 蠟燭燃燒是化學反應中的放熱反應。
C 熱是由蠟燭燃燒的火焰和外面的空氣互相摩擦而產生的。
D 蠟燭燃燒時，火焰會燃燒周圍的空氣，而使空氣變熱。
E 蠟燭燃燒會聚集四周原來就存在的熱能，使周圍感覺熱。
F 蠟燭燃燒放出的熱會加熱四周圍的空氣，使周圍感覺熱。
G 熱是蠟燭燃燒時利用氧氣讓火和空氣中的水摩擦產生的。

（　）九、蠟燭燃燒時，除了氧外，混雜在空氣中是否還有一些物質可以助燃？①是②否



（　）理由：A 還有氫氣，例如熱氣球升空，氫氣摩擦就有火焰。
B 空氣裡面的一些助燃氣體是科學家所沒有發現的。
C 在空氣中還有其它助燃物質，氧氣只是佔大部分。
D 蠟燭燃燒是靠各種的氣體來助燃，氧氣是主要的。
E 蠟燭燃燒是劇烈氧化作用，空氣中只有氧可助燃。

（　）十、氧化物含有氧氣嗎？①是②否

（　）理由：A 空氣會散播到每一個地方，然後附著在不同的東西上。
B 氧氣散佈在空氣中，會跑進物質的空隙。
C 氧化物是被氧氣消耗掉後，隨即被帶到空氣中。
D 氧化物是物質與氧化合後，變成另一個不同的物質。
E 氧化物就是一些物質被空氣中的一些氣體給氧化掉了。

（　）十一、鐵釘生銹會產生熱嗎？①是②否

（　）理由：A 鐵釘生銹是由於水的侵襲和鐵釘與空氣接觸。

B 鐵釘生銹會接觸水、氧氣和太陽，這三種氣體彼此會摩擦。

C 鐵釘生銹是緩慢的氧化反應。

D 鐵釘生銹是氧化作用，氧化的時候會有很多物質在摩擦。

（　）十二、鋼絲絨生銹後其質量會如何？①減少②增加③不變

（　）理由：A 鋼絲絨生銹後，變成比較輕的和比較稀疏的物質。

B 鋼絲絨氧化加上空氣的水分，會把輕的成分帶走。

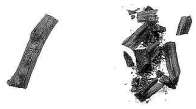
C 鋼絲絨生銹就是氧化，物質被氧化掉跑到空氣中。

D 鋼絲絨生銹是化學反應，必須遵守質量守恆定律。

E 鋼絲絨生銹是鋼絲絨和氧化合後變成新的物質。

F 生銹時水和空氣參與反應。

（　）十三、敲碎後的木炭比整塊的木炭容易燃燒嗎？①是②否



（　）理由：A 敲碎後的木炭，它裡面的物質成分容易被釋放分散出來。

B 敲碎後的木炭增加了與氧氣的接觸面積。

C 敲碎後的木炭能量傳遞比較快，整塊木炭能量傳遞較慢。

D 無論敲碎的木炭或是整塊的木炭，它的成分都是一樣的。

（　）十四、蠟燭燃燒放出光和熱，所以蠟燭本身也是一種能量嗎？①是②否

（　）理由：A 蠟燭燃燒如果沒有蠟燭，只有空氣或氧氣是不夠的。

B 蠟燭燃燒時，蠟燭必須和光、熱一起反應。

C 因為火焰使蠟燭燃燒而放出光線被我們察覺。

D 蠟燭必須有火才能燃燒，不像太陽可燃燒。

E 蠟燭是幫助光和熱釋放出來，產生能量。

F 蠟燭是經過質能互換後變成能量放出光和熱。

（　）十五、由於礦坑中經常引發爆炸，西元 1815 年科學家戴維設計了一種礦坑中使用的安全燈，他在煤氣燈外加罩細金屬紗網，加罩細金屬紗網的目的是什麼？①移走可燃物②隔絕助燃物③將溫度降低

（　）理由：A 金屬網有過濾的功能，留住不會燃燒的物質。

B 金屬網有吸收熱量的功能，使熱量聚集在金屬網上。

C 金屬網隔絕礦坑中的氫氣和沼氣等氣體，不容易爆炸。

D 金屬網可吸收部分的熱，使熱均勻傳導分散。

E 金屬網可以隔絕和空氣中的氧氣接觸。

（　）十六、一根鐵釘放置在潮濕的地方，數天後發現鐵釘的表面生銹了，將生銹的表面除去，則其重量比未生銹前的鐵釘相比是如何？①重②輕③一樣重

（　）理由：A 前後的物質是一樣的，只是多了一些生銹。

B 鐵銹是水和空氣作用產生出來的物質。

C 鐵釘生銹若把銹刮除就好像把氧去掉一樣。

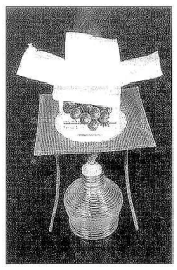
D 銹是鐵和氧化合後所形成的一種新物質。
E 物質氧化與空氣反應後會變輕。

（　）十七、蠟油是蠟燭燃燒時所產生的生成物嗎？①是②否
（　）理由：A 蠟燭燃燒會產生一滴一滴的蠟油流出來。
B 蠟油是蠟燭燃燒過程中融化產生的，凝固後才算是生成物。
C 蠟油本身是蠟燭的成分，燃燒時只是從固體變成液體而已。

（　）十八、化學變化是原子的重新組合，但物質的性質是不變嗎？①是②否
（　）理由：A 化學變化是指把一樣的物質以多樣的方法去製造。
B 化學變化是把物質變成另一物質後再變回原物質。
C 化學變化是指反應時會產生氣泡或是顏色有改變。
D 化學變化是反應前後原子重新組合產生新的物質。

（　）十九、天然氣的主要成分是甲烷。天然氣燃燒時，被氧化的物質是什麼？
①甲烷②氧氣③二氧化碳
（　）理由：A 甲烷被氧化後變成水和二氧化碳。
B 甲烷被氧化後跟隨二氧化碳跑掉。
C 氧氣被氧化轉變成一種稀有氣體。
D 氧氣被氧化變成水散失到空氣中。
E 二氧化碳被氧化如人的呼吸作用。

（　）二十、我們以酒精燈加熱紙鍋內的水，紙鍋是否會燃燒呢？①是②否
（　）理由：A 紙鍋位在酒精燈上直接受熱燃燒而使鍋內的水流出來。
B 紙鍋是由紙做成，而紙是一種非常容易燃燒的物質。
C 紙鍋隔著石綿網加熱，沒有直接接觸火焰。
D 因為「水火不容」，而紙鍋內的水可以隔絕熱。
E 紙鍋製造時有防火的功能。
F 熱量可以很快傳到水中。



（　）二十一、黃褐色的鐵銹是鐵被氧氣分解的嗎？①是②否
（　）理由：A 銹摻雜有氧氣、水份和鐵的成分在其中。
B 銹是鐵和二氧化碳或氮氣反應所生成的。
C 銹是鐵沒有被氧化的物質所遺留下來的。
D 銹是鐵被氧氣分解成稀疏鬆散的鐵成分。
E 銹是鐵和氧化合所生成的新物質。

（　）二十二、節日慶典所施放的煙火引燃時，我們有看到白色的煙霧，這些煙霧是否具有重量？①是②否
（　）理由：A 煙火引燃時，白色煙霧往上升。
B 白色煙霧是幫助煙火升空的衝力。
C 煙霧是煙火經燃燒所產生的生成物。
D 白色煙霧是煙火引燃時所產生的一種能量如熱能。

（　）二十三、蠟燭燃燒時，氧氣也是反應物，會和蠟燭一起燃燒嗎？①是②否

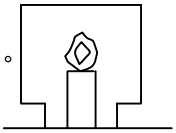
（　）理由：A 氧氣是助燃物，只是幫助蠟燭燃燒並沒有參與反應。

B 氧氣是助燃物，目的是防止燭火熄滅但不參與燃燒。

C 氧氣是助燃物也是反應物，會參與蠟燭的燃燒作用。

D 反應物是反應出來的氣體，是指二氧化碳不是氧氣。

（　）二十四、點燃一根蠟燭並蓋上廣口瓶，一段時間後，是因瓶內的二氧化碳包圍蠟燭，而使蠟燭熄滅的嗎？①是②否



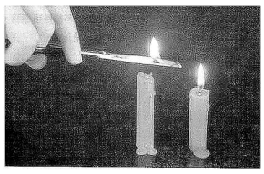
（　）理由：A 因為蠟燭燃燒需要氧氣來助燃，瓶內的氧氣有限使蠟燭熄滅。

B 因為蠟燭燃燒產生水蒸氣無法排出，燭蕊受潮使蠟燭熄滅。

C 因為蠟燭燃燒產生二氧化碳，二氧化碳會包圍蠟燭。

D 根據原子不滅定律，氧原子永遠存在，所以蠟燭燒完才熄滅。

（　）二十五、燃燒時須有可燃物，蠟燭燃燒用剪刀將燭蕊剪下，火焰沒有立即熄滅，所以蠟燭燃燒時主要的可燃物是燭蕊嗎？①是②否



（　）理由：A 蠟支持著蠋蕊使其可以直立燃燒。

B 蠟只是融化並防止蠋蕊燃燒太快。

C 等燭蕊上的蠟油消耗完火焰就會熄滅。

D 蠟燭中有水分，水分蒸發後火焰就熄滅。

Diagnostic of Junior High School Students' Conceptions about Combustion

Rong-Chun Chang[1] and Huey-Por Chang[2]

[1]Graduate Institute of Science Education, National Changhua University of Education

[2]Department of Physics, National Changhua University of Education

Abstract

The purpose of this study was to explore the misconceptions about combustion held by junior high school students. There were fifteen combustion-related concepts in this study. To understand their ideas about combustion, this study collected the descriptive data from interviews of 12 junior high school students, six in the 7th grade and six in the 9th grade. After systematically analyzing the above data, this study developed a paper-and-pencil type two-tier diagnosis instrument for junior high school students. The data of interviews from eleven students and of paper-and-pencil test from 206 students were used to revise the two-tier diagnosis instrument. The instrument was then employed to 1210 junior high school students. The results indicated that students in the 8th and 9th grades had the same misconceptions as those in the 7th grade, and the 7th- and 8th-grade students scored in misconceptions and the population percentage almost identically on the test. However, the 9th-grade students did not score high on the test, which indicated that 9th-grade students still had many different kinds misconceptions. For conceptions about combustible, the population percentage in these three grades had the same distributions. While it seems clear that the junior high school students showed no significant growth on their conceptual learning about combustion, the results of this study should assist science teachers to understand what students have learned and how much their knowledge of combustion has grown.

Key words: Misconceptions, Diagnostic Instrument, Combustion