

自我解釋對不同文本概念學習的影響－以氣體動力學為例

臺北市立中崙高級中學 劉俊庚

摘 要

本研究主要探討學生在不同文本內容對於氣體動力學的自我學習情況。受試者為 12 名高中二年級學生，分為兩組，每組 6 人，當受試者閱讀不同的文本，並作自我解釋，對於文本的內容提出推論及解釋。

研究結果顯示，不論閱讀何種文本，自我解釋均可以促進學生的學習，而且閱讀文本 B 的學生在後測的表現，明顯優於閱讀文本 A 的學生 ($p=.041$)，而在理解問題與知識推理等問題方面，文本 B 高於文本 A，惟未達顯著差異。由於文本 B 具有認知隔閡，顯示透過自我解釋可消除原先文本中所潛藏的認知隔閡。如此的結果呼應 Chi (2000) 的研究，文本通常是不完整的，自我解釋的目標即是去獲得自我解釋，而去填滿文本所忽略的部分。

關鍵字：自我解釋、氣體動力論、文本

壹、前言

「自我解釋」是指學習者在閱讀範例或文本時，為澄清或補充句子的敘述所產生的推論，可以提供學習者將範例的解題程序與本身的知識相結合的機會，而且也會產生新的知識，因此有助於概念的理解，進而促使程序性知識的獲得 (Chi et al., 1989; 1992)。邱美虹 (1994) 則將自我解釋的意涵更加以擴大，認為監控自我解釋是否得宜？是否統整、連結前後所教的內容？是否類比得當等，均可視為自我解釋。教師若能在教學過程中強調這些學習策略與知識建構之間是密不可分，則更可透過教師的示範，加深學生的理解，進應用於自我的學習歷程中。

臺灣現行的高中教科書在氣體動力論的敘述上，均從巨觀的角度出發，忽略微觀角度的氣體粒子概念 (陳郡鳳，2005)。而且 de Berg 和 Treagust (1993) 分析澳洲的化學教科書在氣體粒子課程內容呈現和教師的教學程序也發現，大多數

的教材是以數字、圖形或代數的方式來呈現，並沒有說明這些氣體定律的質性關性，此外，教師的教學也重視計算能力，常忽略了氣體粒子的行為，或是未將概念說明清楚，如此對於學生自我學習是相當不利的。Chi（2000）的研究中即指出文本通常是不完整的，自我解釋的目標即是去獲得自我解釋，而去填滿文本所忽略的部分，當文本或範例是不完整時，自我解釋所獲得的推論將可以填滿在人們轉譯心智模式的裂縫，並且也可以使人們去發現所忽略的地方。

綜合上述，我們企圖使用自我解釋的學習策略，而來彌補學生學習上的困難，並且探討學生在不同文本內容對於氣體動力論的自我學習情況，本研究即利用兩種不同的文本來進行教學，探討學生在不同的文本下，利用自我解釋的學習策略對於氣體動力論的學習成效與差異。

一、研究目的

本研究主要是探討學在不同的文本，利用自我解釋對氣體動力論概念學習的影響。研究主要目的如下：

- （一）探討不同文本對於學生在氣體動力論概念學習成效的影響。
- （二）「自我解釋」對於學生氣體動力論概念學習的影響
- （三）不同能力學生對於氣體動力論概念學習之差異。

二、研究問題

- （一）探討不同文本對於學生在氣體動力論概念學習成效的影響
 - 1.比較不同文本對於學生在氣體動力論概念學習有何不同？
 - 2.不同文本對於學生學習的影響為何？
- （二）「自我解釋」對於學生氣體動力論概念學習的影響
 - 1.學生在氣體動力論概念學習過程中，自我解釋內容與機制為何？
 - 2.自我解釋如何豐富學生在氣體動力論概念的學習？

貳、文獻探討

一、自我解釋

（一）什麼是自我解釋？

1. 自我解釋的定義

學習作為一個建構過程，即是學習解決問題，必須以新概念或原理來陳述性轉譯和貯存新知識，建立問題基模。而自我解釋是學習者在閱讀文章或做範例演練的過程中，為了澄清或補充句子的敘述所提出的推論，不論這些推論是否正確或完整，都算是自我解釋的一部分（Chi et al., 1989）。由於自我解釋是要理解文章或是文章所描述的內容，並且需要思考與努力，因此自我解釋對於閱讀者而言是一個有意圖的策略（de Leeuw & Chi, 2003）。

而在進行自我解釋的同時，學習者必須監控自我的理解程度，然後根據先備知識和外來知識進行自我推論。在進行外部知識的獲取時，自我解釋可以幫助學習者建立完善的問題空間，並且促進新舊知識的聯結；而在進行問題解決時，自我解釋則可以幫助學習者將不同類型問題的外在表徵轉換為問題空間，更可提高問題解決的成效（Chi et al., 1989; Neuman & Schwarz, 2000）。Ainsworth & Loizou（2003）即認為自我解釋是一個有效的後設認知策略。類似地，邱美虹（1994）更將自我解釋的意涵加以擴大，認為監控自我解釋是否得宜？是否統整、連結前後所教的內容？是否類比得當？均可視為自我解釋。

2. 自我解釋、放聲思考（think aloud）和詳細闡述（elaboration）之差異

（1）自我解釋與放聲思考之間的差異

有些人常會認為自我解釋猶如放聲思考，其實自我解釋是較放聲思考更具有反思性與詳細闡述，放聲思考僅是經歷一個人的記憶，而不需要運用任何努力去理解，Chi（2000）認為放聲思考的原案分析反映了受試者工作記憶內容的臨時堆積場，Wathen（1997；引自 Chi, 2000）則比較採取放聲思考和自我解釋的學生發現，自我解釋可以產生更多的學習效果。

（2）自我解釋與詳細闡述之間的差異

詳細闡述是一個相當廣泛的概念，在記憶研究的文章脈絡裡，Chi 與 VanLehn (1991) 認為自我解釋與詳細闡述在某些部分是不相同的，自我解釋是在學習某些新的內容時所獲得，而詳細闡述則是對於已存在知識的使用，所以它是更為容易記憶的，因此自我解釋的爭論即是解釋如何獲得，然而詳細闡述的爭論是一個特定內容的適當性。換句話說，自我解釋是詳細闡述的形式之一，但並不是所有的詳細闡述均為自我解釋 (Chi, 2000)。

(二) 自我解釋對學習的影響

Chi 等人 (1989) 認為對於問題解決，學生的表現之間會有差異產生，主要是因為學生的理解和從文本所習得的不同所造成，而從文本所學習到的內容來看，自我解釋確實可幫助學生學習，而自我解釋為什麼能促進學習呢？主要是因為自我解釋是一種自發性的自我產出活動，和外在所提供的解釋或說明是有所不同的，此種學習效果稱為學習的產出作用 (generation effect)，即是學習者自我產生的學習內容，如此將會較外在提供的學習內容更為容易吸收。

此外，自我解釋也被認為是一種產生推論的建構性活動，並且這些推論是基於文本語句所遺漏的訊息，或是範例的不完整而來決定的。在 Chi (2000) 的研究中即指出文本通常是不完整的，自我解釋的目標即是去獲得自我解釋，而去填滿文本所忽略的部分，並且文本所忽略的部分是相對於人們心智結構，因此意味著文本所傳達的模式與學習者心智模式之間相對應的關係，換句話說，推論一獲得的觀點是學習是直接將文本所呈現的模式做轉譯，並且轉譯的結果是一種心智模式，而且與文本模式具有相似性，當文本或範例是不完整時，獲得的推論將會填滿在人們轉譯心智模式的裂縫，並且也可以使人們去發現所忽略的地方。

Pirolli 和 Anderson (1985) 則認為自我解釋可以對範例建立起一個更為深入的理解與記憶，如此將使得學生更常去提取適當的範例，並且在應用它們時能更為正確。

(三) 自我解釋有助於範例學習

爲什麼自我解釋有助於範例學習呢？其原因在於自我解釋是一種自發性的自我產出，此種效果稱爲學習的產出作用（generation effect），也就是學習者自我產生的學習內容較外在所提供的學習內容更容易吸收與記憶（Hirshman & Bjork, 1988）。由於範例是不完整的，它們大多包含了未確明的順序（Chi et al., 1989），因此，Chi 和 Bassok（1989）認爲學生是無法從範例中學習，主要不是範例本身導致，而是學習者本身，而自我解釋可以解釋爲什麼學生會忽略所傳達的合理性陳述。而在他們的研究如果顯示，若是鼓勵受試者做自我解釋，則他們會有更深層的理解，即是學生學習到什麼將依他們所提供的解釋來決定。

（四）影響自我解釋的成效

1. 圖示或文本

素材的形式將會影響自我解釋的效應。在 Ainsworth 和 Loizou（2003）的研究顯示，利用圖示能夠促進學生做自我解釋。他們認爲圖形將會藉由計算的卸載（computational offloading）而減少記憶的負載與認知的的作用，並且圖形也會鼓勵學生作因果的解釋。

Cox（1999）認爲圖形將能促進自我解釋的效應。他認爲圖形可提供學習者更多明顯且鮮明的的回饋，而讓他們能去與解釋做比較。然而，Wilkin（1997；引自 Ainsworth & Loizou, 2003）則主張圖形會抑制自我解釋的效應。Ainsworth 和 Loizou（2003）的研究則顯示，圖形組的學生較強調目標導向，並未能考量原理的部分，而文本組的學生則具有數量較多的深入解釋。

2. 先備知識的影響

Chi 等人（1994）在生物科的教學研究發現，自我解釋提示組在自我解釋的表現上與先備知識並無顯著的關聯。舉例來說，提示組（39%）與未提示組（42%）在前測的表現是沒有差異存在的；而 Renkl（1997）探討先備知識、自我解釋與問題解決成效的關係，研究結果發現：(1)先備知識與問題解決成效具有關聯，但先備知識與自我解釋沒有關係；(2)低先備知識的學習者，有部分受試者在問

題解決的表現上較佳，他們通常會傾向於找出範例中各個動作的意義，並解釋其中的原則及相關目的。

從以上的研究結果，我們可以知道學習的成效並不完全取決於學生所擁有的先備知識，他們能藉由自我解釋的活動，而提高學習成效。然而，在 Chi 等人（1994）的研究裡指出，由於至少有 30% 的自我解釋來自新舊知識之間的整合，因此一般性的知識可能仍在自我解釋中扮演著相當重要的角色。

3. 個別差異

Chi 和 Bassok（1989）的研究發現，Poor 的學生僅能獲得非常少的解釋，並且在他們問題解決上無法得到成功，而 Good 的學生的解釋除了在數量上較 Poor 的學生較多，且在質的部分也較 Poor 的學生要佳，即是 Good 學生的解釋傾向於推論其他額外一些默會的知識，而 Poor 學生的解釋則通常是圖形的陳述，而未能有新的訊息產生，基本上，Poor 學生的解釋僅是將圖形所呈現的表面訊息轉變為字。Chi（2000）的研究結果顯示，自我解釋的數量在個別差異上並不是因為先備知識或能力不同所造成。

（五）小結

新知識是無法藉由直接的教學，如老師的解釋或是閱讀文本，而立即且完全地被學生吸收，新知識的獲得需要學生主動地建構他們自我的知識，即是學習應該教導學生去建構自我解釋。

二、氣體動力論迷思概念之探討

關於氣體動力論的概念，我們主要從粒子的性質、氣體粒子概念和氣體定律相關概念來探討學生對於氣體粒子概念瞭解的情形。對於氣體粒子概念的瞭解在氣體動力論學習過程裡是相當重要的，因為從最初連續的想法到氣體粒子概念的轉變，將是學生對於氣體動力論學習過程裡最主要的改變，洪振方（1987）即認為學生能否形成正確的氣體壓力與體積概念和是否具備正確的粒子模型有密切關係。

（一）粒子性質

粒子理論在中學時期的課程裡是一個相當重要的概念，然而儘管在學校裡已經教過，或是老師平時一直地重覆此概念，但許多研究顯示學生依然對此概念感到相當地困惑（Driver et al., 1994; Johnson, 1998; Novick & Nussbaum, 1981）。粒子概念通常在國中課程裡，主要是解釋物質的三態變化的特徵，若從固體到氣體狀態來加以考量，則粒子的排列方式會有改變，例如在固體狀態時，粒子的是排列整齊的方式來表示，然而在氣體狀態時，則是以散布的情形來予以表示。而在高中課程，主要是探討氣體動力論，然而主要是針對氣體定律的解釋與應用，對於粒子的描述卻相當地缺乏。

Johnson（1998）綜合許多研究，認為學生在基本粒子理論領域裡主要會利用巨觀的形式來討論粒子的性質，有下列五項結果：

- 1.在三種狀態之間的粒子相對空間：在學生所畫的粒子圖形裡顯示，液態的空間是介於固體和氣體，然而氣體的相對空間是低估了。
- 2.粒子運動的本質：研究結果顯示學生很難理解粒子運動的本質，如此地結果亦使得學生很難理解空氣壓力的存在。
- 3.粒子之間的作用力：很少學生會使用粒子之間的吸引或凝聚力的想法，甚至是固體。
- 4.粒子之間的空間：粒子之間是沒有任何物質，然而對於學生而言，特別是氣體狀態，明顯地會使學生感到學習困難。在 Novick 和 Nussbaum（1981）的研究結果指出，只有 20%的國小與國中學生瞭解粒子之間是真空狀態，而且只有 37%的大學生瞭解此概念，此觀點似乎符合科學史的觀點“自然厭惡真空”，而且他們喜歡使用“某物”存在於粒子之間，特別會提及“空氣”，Johnson 和 Gott（1996）與 Novick 和 Nussbaum（1978）亦有相同的結果，並且在 Novick 和 Nussbaum（1978）的研究結果發現，此“某物”更具多樣化，學生的回答主要有“灰塵”、“其他粒子”、“細菌”和“氧氣和氮氣”，甚至有些學生認為粒子之間是

沒有空間存在的，粒子是緊密地靠在一起。

5. 粒子本身的本質：很多學生會將物質的巨觀性質歸屬於個別的粒子。

並且，他從學生的回答中，提出了一個四種粒子的模式，分別是：

1. 連續的物質：粒子的概念是沒有任何意義的，並未有任何對於粒子的描述。
2. 在連續性物質裡的粒子：物質被視為是介於粒子之間，粒子是物質額外的物質。
3. 粒子是物質，但是具有巨觀的性質：粒子是屬於物質的，而且在粒子之間沒有任何物質存在，並且個別的粒子是與巨觀的樣品具有相同的性質。
4. 粒子是物質，狀態的性質是屬於群體性的結果：粒子是屬於物質的，物質的狀態被視為是粒子群體性質的結果。

對於學生回答的結果，他們認為對於“粒子的意義”是判斷學生對於粒子概念的關鍵。

（二）氣體粒子概念的探討

關於氣體粒子概念的探討，主要是探討氣體粒子的分布情形，並且已有許多研究針對此概念做了許多的研究，研究結果如下所述：

在 Novick 和 Nussbaum（1981）的跨年齡研究，他們主要是針對氣體粒子在容器內的分布、加熱或冷卻後粒子的運動情形、粒子之間分佈的空間來加以討論，企圖瞭解 5~12 年級與大學的學生對於粒子概念的瞭解，研究結果發現隨著年齡的增加，學生較喜歡粒子模型，並且在粒子在容器內的分佈情形的討論裡，一般而言，學生會具有兩種主要的先前概念，分別是“氣體粒子分佈在容器的底部”和“氣體粒子分佈在容器的上方”。

相似地，Novick 和 Nussbaum（1978）的研究結果也認為學生並不理解氣體可以在容器內完全地分布，他們無法將氣體粒子在空間內填滿的性質歸因於粒子固有的運動所造成。而對於“氣體粒子分佈在容器的上方”的先前概念，主要是學生認為氣體粒子的重量是非常地小，所以他們會認為氣體粒子會分佈在容器的上方，甚至有些學生認為“若是氣體粒會沉積在容器的底部，則上方會有真空的現

象”，而這是不可能的情形。類似地，在邱美虹（2005）的研究結果也顯示，學生會使用輕在上，重在下的重量模式來解釋氣體的分布情形。

（三）氣體定律之探討

1.溫度對於氣體粒子本身的體積和容器體積的影響

加熱或冷卻會對粒子在其運動方面產生影響，然而學生常會認為物質加熱或冷卻之後，其外觀來看體積會膨脹或是收縮（Novick & Nussbaum, 1981），所以學生亦即認為粒子本身會膨脹（Lin et al., 2000）。

大部份的學生認為氣體粒子是屬於靜態分佈，他們不曉得氣體粒子會不停地運動，而最後達到一致的分佈，換句話說，學生並不瞭解氣體粒子運動的模型，氣體粒子的運動主要是與擴散現象與布朗運動具有關聯性，學生應該瞭解熱與氣體粒子運動之間的關係。因此，教師在平時的教學即應強調氣體粒子運動的本質與其模型，需要學生放棄其知覺的模式，如此才能協助學生同化氣體粒子本身運動的想法。

2.壓力對於氣體粒子本身的體積和容器體積的影響

(1)壓力的產生：密閉容器氣體的壓力形成，主要是氣體粒子撞擊器壁所形成。在 de Berg（1992; 1995）的研究發現，學生會認為密閉系統中的氣體沒有壓力，僅有當被擠壓時才会有壓力。而且許多研究也指出（洪振方，1987；陳盈吉，2004）的研究結果顯示，學生會認為氣體的壓力是粒子間相互擠壓所造成，此外也有學生認為氣體壓力是粒子的堆疊占據了空間，學生大多傾向於靜態的粒子模型（洪振方，1987）。

(2)壓力對於氣體粒子本身的體積和容器體積的影響：學生對於空氣體積及壓力的迷思概念，主要是誤用 $PV=K$ ，學生會認為抽掉部分的空氣後，空氣的壓力會變小，因此體積會增加，甚至於認為個別的粒子體積會膨脹；此外，當空氣受到外界壓力變大，而體積縮小時，他們也會認為是空氣粒子本身的縮小所造成，或是粒子體積受到擠壓而變小（邱美虹，2005；洪

振方，1987)。

3. 氣體平均運動速度

氣體平均動能與絕對溫度成正比，當溫度升高時，氣體粒子的平均動能愈大；反之，當溫度愈低的時候，氣體粒子的平均動能愈小，而平均動能 $=1/2mv^2$ 。然而，學生常會認為溫度相同時，氣體粒子會有相同的速度（邱美虹，2005）。此外，學生也會認為碰撞會使氣體粒子獲得動能，當粒子活動空間變小，碰撞的機會會變大，平均動能會變大，因此平均速度會變大。

三、文本教材相關研究之探討

Reif（1983）認為對於問題解決而言，質性的理解是相當重要且基本的。他認為當質性的知識若是能明確地被教導時，則在問題解決的表現會較佳，類似地，Gabel 等人（1984）也認為學生在解決量化問題前若是能夠理解質性的化學概念，將可以協助學生克服演算的困難。而且科學的教學歷程中，從質性到量化也是較為恰當的方式（de Berg & Treagust, 1993）。

然而，de Berg（1989）對波以耳定律內容分析 14 本物理課本和化學課本，研究結果發現：1.大部分的課程依照質性到量化的安排，但是對於質性的教學課程時間很短；2.對於波以耳定律相關的歷史發展在教科書中完全被忽略；3.教材以數字、圖形、代數的方式呈現，卻沒有仔細說明如此呈現的教學意涵，並且僅重視計算能力而未能將概念說明清楚。類似地，de Berg 和 Treagust（1993）則是針對 14 本澳洲的化學課本與 104 中學科學教育，研究結果顯示，現行對於氣體定律的教學均很少使用質性的關性，並且大多採用簡單到複雜的程序。因此，在教學內容的順序方面，他們也建議氣體定律的教材宜由質性到量化作為課程順序，增加質性練習的使用，並且使用簡單到複雜的模式，如此對於氣體定律之間的交互作用關係較容易建立。

參、研究設計

爲探討高中學生有關氣體動力論概念的學習，本研究受試者爲 12 名高中二年級學生，分爲兩組，每組 6 人，分別對此兩組受試者施以不同的文本，並且利用「自我解釋」的學習方式，對於所閱讀的文本內容提出自己的推論及解釋。

爲了評估學生學習之後的差異情形，本研究也設計學習前、後的評量測驗，藉以了解與比較不同學習策略對於不同學生學習的差異。

一、研究樣本

本研究的受試者爲臺北市立某高二學生 38 人，考量其起始能力可能不同，而且爲了能涵蓋不同能力學生，因此依前測氣體粒子概念測驗成績，分爲高、中、低三組，每組 4 人，共計 12 人，並將他們分成兩組，每組 6 人，如下表 1 所示。

表 1：研究對象人數分布

	文本 A	文本 B
高能力	2	2
中能力	2	2
低能力	2	2
總計	6	6

二、研究工具

本研究使用的研究工具包含了文本和測驗工具兩個主要部分，而測驗工具部分又包含氣體動力論概念前測和氣體動力論概念後測。各工具詳述如下：

（一）教材文本部分

本研究所使用之文本乃根據現行高中課本（A 版和 B 版）和本研究的命題陳述，刪除部分內容，再由研究者親自重新排版而成。以氣體動力論的概念切入主題，介紹氣體的性質、氣體定律和理想氣體方程式等概念。教材設計主要分爲二種版本，並依據本研究的需要將內容分成文本內容和課後問題。研究文本並經由二位專家、二位高中教師審核，以求教材設計符合所欲達成的教學目標，並適合高二學生閱讀。

（二）測驗工具

本研究測驗的工具有二種，分別是氣體動力論概念前測和氣體動力論概念後測，分別對二組學生施測。

1. 氣體動力論概念前測

氣體動力論概念前測部分主要由參考史嘉章（2002）、陳盈吉（2004）和陳郡鳳（2005）等三人的碩士論文所使用的氣體粒子概念試題，設計本研究使用的氣體動力論概念前測，主要是評量學生關於氣體動力論的概念性問題。

前測的題目共計有 27 題，分成四大部份：分別是：(1)氣體的性子性；(2)壓力形成的原因；(3)體積改變對粒子性質的影響和(4)溫度改變對粒子性質的影響，大致上已涵蓋教育部所頒佈課程標準高二物質科學化學篇中，所列舉的內容（除了分壓部份未納入外）。在這 27 題中，第 1-8 題屬於氣體性子性質，9-13 題為壓力形成原因的試題，14-21 題則是體積對粒子性質的影響，22-27 則為溫度對粒子性質的影響，相關的試題內容，請參閱附錄一。所得信度為 0.704。

2. 氣體動力論概念後測

氣體動力論概念後測部分，為了比較學習的成效，除了前測所包含的氣體粒子的本質、影響氣體行為的因素（壓力、體積、溫度和分子數），另外加入理想氣體方程式的部分。如此可以和前測比較，進而了解學生學習的成效。

三、研究步驟

本研究主要是針對高中學生有關氣體動力論概念的學習，本研究的受試者為 12 名高二年級學生，分為兩組，每組 6 人，分別對兩組受試者給予不同的文本，並且採用自我解釋的學習策略閱讀文本後，並對文本與範例的內容提出自己的推論及解釋。

（一）前測

前測部分主要是評量學生關於氣體動力論的概念性問題。前測的施測部分，主要是對於高二 38 位學生採取全班的施測方式，依前測氣體粒子概念測驗成績

選出成績高、中、低的學生各 4 人，共計 12 人，並將他們平均分配至兩組，每組共 6 人。

（二）閱讀文本－文本閱讀和自我解釋

在知識獲得的部分，學生必須獲得所需的知識，包含了氣體粒子的本質、影響氣體行為的因素（如壓力、體積、溫度或分子數），和理想氣體方程式。這些教材主要為仿問之文本，為避免學生負擔過重，即根據文本內容分成三個部分，每次僅閱讀一個部分。

此階段主要分為兩組，每組 6 人，分別對兩組受試者給予不同的文本，當學生閱讀文本時，要求學生做自我解釋，並對文本與範例的內容提出自己的推論及解釋。

而且，學生在閱讀每個部分時，並且在學生閱讀完每個部分後穿插問題（主要是包含陳述性知識，問題來自文本內容相關的定義問題），藉以確定學生的學習情形，此外，也要求學生在閱讀的過程中做記錄，列舉出他認為最為重要的部分。最後，當學生閱讀完畢後，則要求學生做結論。

（三）問題解決與後測

後測部分主要是氣體動力論的概念診斷性問題。氣體動力論的概念診斷性問題，主要是關於氣體動力論的概念性問題，此外，為了比較教學策略的效應，大部分題目與前測相同。而為了減輕學生的壓力，並且學習不僅是記憶而已，學生可以參閱文本與他們閱讀時的筆記等資料。

四、資料處理與分析

為了理解學生在不同文本利用自我解釋在學習的成效的差異，和理解學生在自我解釋歷程中所產生的推論形式，主要可以分為下列的處理方式：

1. 文本之分析

文本的分析主要是採取 de Berg 和 Treagust（1993）的分析模式，分別從文本呈現模式和文本的內容兩個向度來予以分析。

依據 de Berg 和 Treagust (1993) 對於文本的分析，他們將文本的呈現順序分爲四種類型，如下表所示：

表 1：文本呈現順序的類型

模式	定義	範例
S-0	從簡單到複雜，且沒有認知的隔閡	$P \propto 1/V \rightarrow V \propto T \rightarrow V \propto T/P \rightarrow V \propto n \rightarrow V \propto nT/P \rightarrow PV/nT=R \rightarrow PV=nRT$
S-1	從簡單到複雜，有認知的隔閡	$V \propto 1/P \rightarrow V \propto T \rightarrow P \propto T \rightarrow V \propto T/P \rightarrow PV/T=c \rightarrow PV=Nrt$
S-2	不是從簡單到複雜，但沒有認知的隔閡	$V \propto n \rightarrow V \propto 1/P \rightarrow V \propto T \rightarrow V \propto T/P \rightarrow PV=nRT \rightarrow PV=c \rightarrow PV/nT=c$
S-3	不是從簡單到複雜，但有認知的隔閡	$V \propto n \rightarrow PV=nRT \rightarrow V \propto T \rightarrow PV/nT=c \rightarrow V \propto 1/P \rightarrow PV=c \rightarrow V \propto T/P$

(資料來源：de Berg 和 Treagust (1993)，作者自行整理)

2.前、後測的差異－量化分析

(1)在前測的資料方面：使用平均數差異考驗，分析不同文本的兩組在氣體動力論前測的表現是否有顯著的差異。

(2)教學後的後測資料方面：使用曼-惠特尼 U 考驗 (Mann-Whitney U test) 分析，檢驗不同教材對學生學習成效的影響，主要是比較「文本 A」和「文本 B」兩組在氣體動力論後測的表現是否有顯著的差異。

(3)前後測資料的比較方面：主要是比較「文本 A」和「文本 B」兩組於前、後測總答對率是否有顯著的差異存在，並且分析不同策略對於學生在不同概念與類別學習的影響。

3.問題類別區分

依據 Chi 等人 (1994) 的分類模式，本研究前後測問題總共分爲三類，分別爲類別一、二和三，並且其難度逐漸提高，主要是是評量從文章中學到的爲何？各類別的內容及舉例參見表 2。

(1)類別 1：逐字翻譯：從文本中明確提到的訊息中產生。

(2)類別 2：理解推論：以文本中明確提到的題材為依據，這些問題要學生統整文本中相關的訊息。即是學生要回答這類的問題，他們必須闡釋意義，做比較，或是統整文本中相關的訊息，並且做不同程度的理解推論，但推論所需的所有知識都呈現在文本的句子當中。

(3)類別 3：屬於知識推論類型，學生要回答這類問題，必須產生新的知識。它需要許多理解以及運用先備知識，有可能是領域相關、日常生活的知識或是常識。

表 2：測驗問題分類範例

類別說明		範例
類別一	從文本中明確提到的訊息中產生	1-2-1 在一個密閉真空的容器內，置入一定量的氫氣 (H_2)，如下圖所示。請問哪個圖形是「氫氣粒子」的分布狀況呢？
類別二	以文本中明確提到的題材為依據，這些問題要學生統整文本中相關的訊息做推論，但推論所需的所有知識都呈現在文本的句子當中。	2-1-3 同溫、同壓下，二個密閉容器內，分別置入相同分子數的氫氣 (H_2) 和二氧化碳 (CO_2)，如下圖所示，請問哪個容器的壓力較大？(A) 氫氣(B) 二氧化碳 (C) 一樣大
類別三	學生要回答這類問題，必須產生新的知識。	1-3-2 25°C 時，在一個密閉容器內，置入氫氣 (H_2) 和二氧化碳 (CO_2)，請問此兩種氣體粒子運動情形為何？(A) 氫氣 (H_2) 較快 (B) 二氧化碳 (CO_2) 較快 (C) 一樣快

(資料來源：作者自行整理)

肆、研究結果與討論

本研究的研究結果，主要分為下列幾個部分來分別討論：

一、文本之分析

文本的分析主要是採取 de Berg 和 Treagust (1993) 的分析模式，分別從文本呈現模式和文本的內容兩個向度來予以分析。

（一）文本內容之呈現順序

1. 氣體定律呈現的順序

我們檢驗文本 A 和文本 B，依其內容中出現的氣體定律，整理如下表 3，文本 A 氣體定律呈現的順序大致與 S-0 的類型相符合，故我們將它歸類為 S-0 類型；文本 B 呈現的順序與 S-1 相類似，文本 B 的 $V \propto n$ 僅在文本內以描述的方式來呈現，並未列出式子，且類型 S-1 中包含的 $P \propto T$ ，文本 B 也未出現，因此我們將文本 B 歸類為 S-1 類型。

表 3：文本呈現順序的類型

文本	氣體定律出現的順序	類型	說明
文本 A	$PV=k \rightarrow V=KT \rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \rightarrow V \propto n$ $\rightarrow V=cn \rightarrow V \propto \frac{nT}{P} \rightarrow PV \propto T \rightarrow PV = nRT$	S-0	
文本 B	$P=k \frac{1}{V} \rightarrow PV=k \rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ $\rightarrow V \propto \frac{1}{P} Tn \rightarrow V=R \frac{1}{P} Tn \rightarrow PV=nRT$	S-1	$V \propto n$ 僅在文本內以描述的方式來呈現，且未有 $P \propto T$ 的關係式。

（資料來源：de Berg 和 Treagust（1993），作者自行整理）

2. 文本內容難易的呈現順序

很明顯地，我們從兩個文本中氣體定律呈現的順序也可以看出兩個文本內容的呈現，均屬於由簡單到複雜。惟文本 B 屬於 S-1 類型，具有認知的隔閡存在。那自我解釋是否能夠去除此認知的隔閡，即為我們所欲探討的項目。

（二）文本內容之描述

文本內容之分析描述，我們主要從氣體的本質、影響氣體性質的因素和理想氣體三個部分來討論。

1. 氣體的本質

氣體的本質主要是探討氣體的組成、氣體粒子的分布、氣體粒子的運動和氣

體的性質。

(1)氣體的組成部分：兩個文本均將氣體描述為不斷運動的粒子所組成。

(2)在氣體粒子的分布：兩個文本均將氣體描述為氣體擴散而充滿整個容器，惟文本 A 的描述，主要是從氣體的粒子性來描述，如下所述，而文本 B 則主要探討氣體的巨觀性質，僅在氣體粒子的間距方面，利用氣體的粒子性來描述。

氣體的這些性質是因為氣體是數目很多且高速運動的粒子組成，當氣體被導入一個容器中時，氣體粒子便向四面八方運動，迅速擴散充滿容器。

(文本 A)

氣體是由不斷運動的分子所組成，一氣體導入任何容器中，則見該氣體迅速擴散而充滿此容器。(文本 B)

(3)氣體粒子的運動速率方面，文本 A 和 B 皆描述氣體粒子的運動速率與溫度有關，並且兩個文本均將平均動能描述為“溫度是氣體粒子平均動能的量度，溫度越高，表示氣體粒子的平均動能越大”，兩者的差異性不大。

(4)氣體的性質：在壓力的形成方面，兩個文本均將壓力描述成高速運動的氣體粒子，不斷地碰撞容器壁所形成；氣體的體積方面，文本 A 描述為“物質 1 莫耳時的體積就是莫耳體積”，文本 B 則描述為“一莫耳物質所占的空間，稱為該物質的莫耳體積。”兩個文本均未將氣體的體積描述清楚，僅文本 B 將體積描述為物體所占的空間，然也未能從粒子的觀點來描述，如此使得學生對於氣體粒子本身的體積與氣體體積兩者的關係將更容易混淆。

2.影響氣體性質的因素

在影響氣體性質的因素方面，主要是探討波以耳定律、查理定律和亞佛加厥定律。底下分別予以討論。

(1)波以耳定律：

波以耳定律主要是討論在定溫之下，定量氣體的體積與壓力的關係。文本 A 對於波以耳定律的敘述，主要是從實驗數據來探討體積和壓力的關係，並且由實驗數據得到體積和壓力的乘積為一定值，然後再說明此為波以耳定律。然而文本 B 的敘述則與文本 A 完全相反，則從波以耳定律的說明：定量氣體，定溫時，其體積與壓力成反比，再從實驗數據來佐證，進而說明體積與壓力成反比。然而，兩文本均未從粒子的觀點來說明體積與壓力的關係，僅說明巨觀的現象。

(2)查理定律：

查理定律是探討定壓下，定量的氣體體積與溫度的關係。文本 A 仍是以實驗數據來說明體積除了受壓力的影響外，也會隨著溫度的變化而改變，並且從實驗數據發現氣體溫度愈高，體積愈大，然後再說明此為查理定律，最後則討論給呂薩克利用絕對溫度來說明定壓下，定量氣體的體積與絕對溫度成正比；文本 B 則仍與文本 A 的敘述相反，主要是從科學家研究氣體膨脹率來描述，並將研究結果：在定壓時，溫度每升高（或降低） 1°C ，則一定量氣體的體積增加（或減少）其 0°C 時體積的 $1/273$ ，稱為查理定律。寫成下列的公式： $V_t = V_0 (1 + \frac{t}{273})$ 。隨後，再從課後練習中，要求學生從原來查理定律的公式去證明：在定壓時，定量氣體的體積和絕對溫度成正比。

很明顯地，兩文本仍是以巨觀的現象來描述氣體體積與溫度的關係，並未探討粒子微觀的現象，均強調在公式的運用。

(3)亞佛加厥定律：

關於亞佛加厥定律的敘述，文本 A 是從科學史的觀點來探討，從科學上氣體反應的實驗發現氣體反應體積定律，亞佛加厥為解釋這個現象，而提出亞佛加厥假說，同溫同壓下，相同體積的任何氣體含有同樣數目的分子，進而推導出在相同的條件下，氣體的體積與莫耳數成正比的關係。然而，在文本 B 僅在

氣體的莫耳體積中，直接敘述在同溫同壓時，氣體的體積與莫耳數成正比，而且也未說明此為亞佛加厥定律，但卻在理想氣體方程式的推導過程中，直接說明此為亞佛加厥定律。然而，我們發現文本 A 卻容易造成學生自我解釋上的困難，學生很難將氣體反應體積定律與亞佛加厥假說做聯結。

3.理想氣體

(1)理想方程式的推導

兩文本均是將波以耳定律、查理定律和亞佛加厥定律三個定律做結合，得到 $V \propto \frac{nT}{P}$ ，再改寫成等式，而得到理想氣體方程式。

(2)理想氣體的假定

理想氣體是假定分子間沒有作用力，且分子本身不占有體積。真實氣體則是分子間具有吸引力，分子本身也有體積，所以和理想氣體有些差距，然而，在低壓高溫下，真實氣體的性質較符合理想氣體。我們研究之文本對於理想氣體所具備的性質方面，文本 A 對於理想氣體的模型，主要是從粒子的模型來探討，說明真實氣體分子為何無法符合理想氣體，而在什麼樣的情況下，則可適用理想氣體方程式；然而，文本 B 僅提出理想氣體的假設，而描述在低壓高溫的情況下，氣體可符合理想氣體，並未從粒子的觀點來做討論。

表 4：文本內容之比較

	文本 A	文本 B
氣體的本質		
氣體粒子的組成	氣體是數目很多且高速運動的粒子組成。	氣體是由不斷運動的分子所組成。
氣體粒子分布	當氣體被導入一個容器中時，氣體粒子便向四面八方運動，迅速擴散充滿容器。氣體粒子間的距離相對於氣體粒子本身而言，相去甚遠，或者說氣體粒子間有很大的空隙，故可被壓縮。	一氣體導入任何容器中，則見該氣體迅速擴散而充滿此容器，故氣體無一定形狀，但具壓縮性，其體積隨氣體壓力及氣體溫度而改變。因其分子間的距離很大，故亦可被壓縮。
氣體粒子的運動	氣體粒子運動的快慢與溫度有關，溫度愈高，運動愈快。	
氣體的性質		

壓力的形成	高速運動的氣體粒子，不斷地碰撞容器壁，就對器壁產生壓力。	氣體分子會不斷地撞擊容器器壁而呈現壓力。
氣體的體積	物質 1 莫耳時的體積就是莫耳體積 (molar volume)。氣體在標準狀況的莫耳體積約為 22.4 公升。	一莫耳物質所占的空間，稱為該物質的莫耳體積。
溫度	氣體的溫度 (temperature) 是氣體粒子平均動能 (kinetic energy) 的量度，溫度越高，表示氣體粒子的平均動能越大，在絕對零度 (0K) 時，氣體粒子的平均動能為零。	溫度的高低也是氣體分子平均動能大小的一種量度，溫度愈高，則氣體分子的平均動能也愈大。
影響氣體性質的因素		
壓力: 氣體體積與 壓力	氣體可以膨脹及壓縮，從實驗數據可以直接看出氣壓增大時，其體積就變小。若將壓力與體積相乘，則發現約為一常數。 <u>波以耳</u>首先利用空氣實驗發現在定溫之下，定量氣體的體積與壓力互成反比，稱為波以耳定律 (Boyle's law)。	氣體體積和壓力間的關係，最早由英國科學家波以耳 (R. Boyle, 1627~1691) 在西元 1662 年提出，此一關係稱為波以耳定律，即定量氣體，定溫時，其體積 (V) 與壓力 (P) 成反比。表 1.2 為 32.0 克氧氣在 0°C 時，測定其體積和壓力間變化關係的實驗數據，.....，則更表明了氣體壓力和體積成反比的關係。
溫度: 氣體體積與 溫度	氣體的體積除了受壓力的影響外，也會隨著溫度的變化而改變。若是注射針筒，裝入定量的氣體，.....，改變氣體的溫度，可以測得氣體體積的變化。.....可以發現氣體溫度越高，體積越大。 <u>法國的科學家查理</u> (Jacques Charles) 發現在定壓下，氣體體積變化與溫度變化成正比，稱為查理定律 (Charles's law)。經過給呂薩克 (Joseph Gay-Lussac) 使用絕對溫度修正其內容為：在定壓下，定量氣體的體積 (V) 與絕對溫度 (T) 成正比。	1802 年給呂薩克 (J. L. Gay-Lussac, 1778~1850) 更深入研究而求得氣體的膨脹率，並提出其規律性如下：在定壓時，溫度每升高 (或降低) 1°C，則一定量氣體的體積增加 (或減少) 其 0°C 時體積的 1/273。此稱為查理定律。 絕對溫標建立後，查理定律可修訂為：在定壓時，定量氣體的體積和絕對溫度成正比。
分子數: 氣體體積 與分子數	給呂薩克的氣體反應實驗發現，當氫與氧以 2:1 的體積混合，.....，此即氣體反應體積定律。<u>義大利科學家亞佛加厥</u> (Amedeo Avogadro) 為了解釋這個現象，.....，他認為在同溫同壓下，相同體積的任何氣體含有同樣數目的分子 (molecule)。換句話說，在相同的條件下，氣體的體積 (V) 與莫耳數 (n) 成正比	在同溫同壓時，氣體的體積與莫耳數成正比。

理想氣體

理想氣體方程式	PV=nRT：此方程式敘述了理想氣體定律 (ideal gas law)，或稱為理想氣體方程式 (ideal gas equation)。性質符合理想氣體方程式的氣體稱為理想氣體 (ideal gas)。 理想氣體方程式描述了理想氣體的狀態，由於大部分的氣體在低壓高溫時有近似理想氣體的行為，所以理想氣體方程式適用於較低壓的氣體。	綜合波以耳定律、查理定律和亞佛加厥定律所得，稱為理想氣體方程式。
理想氣體的假設	凡氣體性質符合理想氣體方程者，也就是說，氣體的狀態包括溫度、壓力、體積及分子數目可以 PV=nRT 描述者，均可稱為理想氣體，因此理想氣體可以用運動的粒子模型來了解。 真實氣體在 STP 時多不是理想氣體。真實氣體的分子有其自身的體積，且分子間有作用力，這些行為都與理想氣體不符。但是分子數目不多，壓力不大，分子間作用力小的氣體仍然適用理想氣體方程式。如表 1-5 中分子量較小，或沸點較低的氣體，其 STP 下的莫耳體積都較接近 22.4 公升。	理想氣體是假定分子間沒有作用力，且分子本身不占有空間。真實氣體在低壓高溫的情況下，其性質接近理想氣體。氦是最接近理想狀態的氣體。

（資料來源：作者自行整理）

二、學生量化資料之分析

（一）前測結果－學生迷思概念類型與分布

如研究步驟所述，前測部份主要是評量學生對於氣體動力論概念問題的了解(教學前)，在研究者教學的班級中，選取高二 38 名學生進行前測。除要了解學生在教學前，對氣體動力論的迷思概念外，也將依據成績選取 12 位同學，進行第二階段本文閱讀、自我解釋和後測。學生的迷思概念類型與頻率如下所述：

1. 氣體的性質

(1) 粒子本身體積不會隨著狀態而改變

粒子本身的體積不會隨著狀態而改變。本研究結果顯示，有 15.8% 的學生認為由氣體轉變成固體時，粒子的體積會慢慢地變大；而有 23.7% 的學生認為粒子

的體積會慢慢地變小。

(2) 粒子分布情形

氣體粒子分佈在容器的上方”的先前概念，主要是學生認為氣體粒子的重量是非常地小，所以他們會認為氣體粒子會分佈在容器的上方，而本研究有 18.4% 的學生認為氫氣分子會分佈於容器的上方，而有 23.7% 的學生認為二氧化碳分子會分佈於容器的下方。然而，若是在真空密閉容器內，置入一定量的氫氣與二氧化碳，問這兩種氣體分佈的情況？有高達 71.1% 的學生會認為氫氣分子分佈在容器的上層，二氧化碳分子分佈在容器的下層，而其中有 42.1% 的學生在前兩題 (1-2-1、1-2-2 題) 答對，第 1-2-3 題則答錯，而且大多數學生的理由為“因為氫氣較輕，二氧化碳較重。”由此可見，學生對於混合氣體所表現的性質，仍有一定程度的迷思存在。這樣的結果，也與邱美虹（2005）的研究結果相呼應，學生會使用輕在上，重在下的重量模式來解釋氣體的分布情形。

(3) 粒子的運動

氣體粒子在容器內不斷地運動，惟有高達 28.9% 的學生認為氣體粒子僅會些微地振動，而當容器內同時置入氫氣和二氧化碳氣體，有 39.5% 的學生認為此兩種氣體的運動速率相等，其理由是溫度相同，顯示學生對於氣體粒子運動的情形仍存有迷思概念。

2. 壓力形成的原因

密閉容器氣體的壓力形成，主要是氣體粒子撞擊器壁所形成，不會受到地點的影響。在本研究結果顯示，有 26.3% 的學生認為密閉容器從地球移至月球後，其壓力會變小，他們的理由是：月球大氣壓力是地球的 $\frac{1}{6}$ 倍，或是月球沒有空氣，由此可以了解學生並不清楚密閉容器的壓力是由氣體粒子撞擊器壁所造成，僅從月球本身的環境因素來考量密閉容器的壓力；此外，有 21.1% 的學生認為密閉容器分別置入相同數量的氫氣和二氧化碳，則置入二氧化碳的容器壓力較大，其理由為二氧化碳較重，或是原子數較多。

3.體積改變對粒子性質的影響

有 15.8%的學生認為密閉容器的體積變大後，個別的粒子體積會膨脹；而有 10.5%的學生擁有密閉容器的體積變小，個別的粒子體積會變小，由此顯示學生認為壓力會影響粒子的體積；此外，在改變體積與粒子平均運動速率方面，學生常會認為改變容器的體積會影響粒子的平均運動速率，研究結果顯示，有 26.3%的學生認為密閉容器的體積變大後，容器內粒子的平均運動速率會變快，同理，有 21.1%的學生認為容器體積變小，粒子的平均運動速率會變快。然而，有 23.6%的學生認為容器體積變小，粒子的平均運動速率會變快。

4.溫度改變對粒子性質的影響

溫度改變對氣體粒子的大小與分佈情形的影響，研究結果顯示，有 23.7%的學生認為溫度升高，氣體粒子會變大，Lin 等人（2000）也有類似的結果；此外，有高達 36.8%的學生認為溫度升高會使得氣體粒子向外擴張，將氣球撐大，而且氣體粒子會全部分布於容器的上方。此研究結果與 Novick 和 Nussbaum（1981）的結果相呼應。

（二）後測結果比較與分析

1.學生閱讀不同文本前後測之比較

依學生前測的結果選擇 12 位學生，分別給予不同本文，閱讀文本過程中，並要求學生在自我解釋。而在氣體動力論概念後測部分，為了比較學習的成效，除了前測所包含的氣體粒子的本質、影響氣體行為的因素（壓力、體積、溫度和分子數），另外加入理想氣體方程式的部分。如此可以和前測比較，進而了解學生學習的成效。研究結果顯示，閱讀文本 A 之學生後測答對率僅增加 7.6%；閱讀文本 B 之學生後測答對率則增加 22.2%，學生前後測的結果如表 5 和圖 1 所示。後測結果並經曼-惠特尼 U 考驗（Mann-Whitney U test），得到 $z = -2.115$ ， $p=0.041<0.05$ 。研究結果顯示，閱讀文本 B 與文本 A 之後測結果有顯著的差異存在，文本 B 組之後測結果明顯優於文本 A 組。

表 5：閱讀不同文本學生前後測之比較

	前測	後測
文本 A	71.4%	79.0%
文本 B	68.5%	90.7%

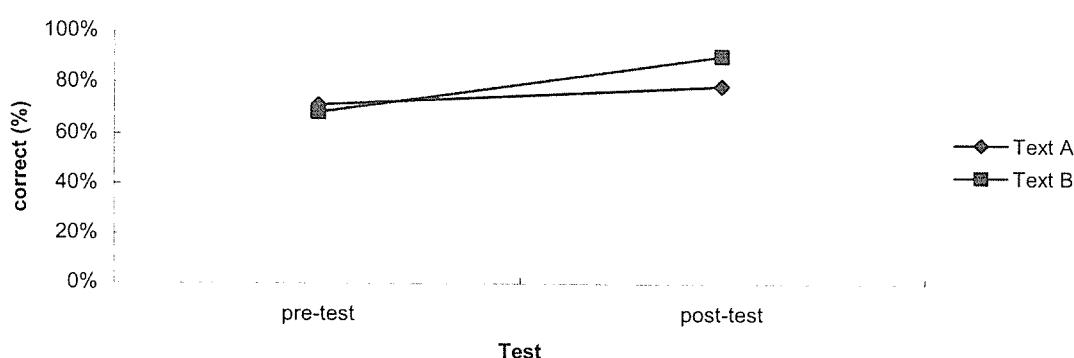


圖 1：閱讀不同文本學生前後測之比較

2.學生在不同概念表現之比較

對於學生閱讀不同文本後，在不同概念表現的差異情形，結果如下所述：學生在閱讀完文本 B 後，學生在氣體粒子的概念（conception 1）平均正確率增加了 22.9%，相較於文本 A 而言，學生僅增加 16.6%，在體積改變概念（conception 2）部分，文本 B 的學生平均正確率增加了 10.1%，文本 A 的學生則增加了 13.4%，在壓力形成概念（conception 3）部分，文本 B 的學生平均正確率增加 31.2%，而文本 A 則增加了 18.8%。最後，在溫度改變部分（conception 4），文本 B 的學生平均正確率增加 11.0%，而文本 A 則未增加。由此結果顯示，閱讀文本 B 並做自我解釋的學生不同概念測驗的回答正確率均較文本 A 的學生效果較佳。惟經過經曼-惠特尼 U 考驗（Mann-Whitney U test），得到 p 值分別為 0.301、0.132、0.240 和 1.000，皆未達顯著差異。

表 6：閱讀不同文本學生在不同概念前後測之比較

	conception 1	conception 2	conception 3	conception 4
Text A(pre-test)	66.7%	73.3%	70.8%	75.0%
Text B(pre-test)	66.7%	73.3%	66.7%	75.0%
Text A(post-test)	83.3%	86.7%	89.6%	72.0%
Text B(post-test)	89.6%	83.3%	97.9%	86.0%

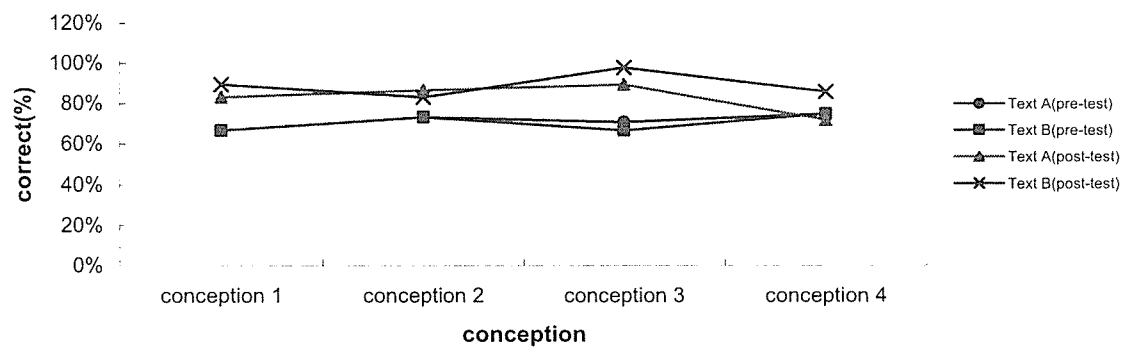


圖 2：學生對不同文本在各種概念的前後測表現

3.學生在不同概念類別表現之比較

從前述的結果已知本文的閱讀與自我解釋所產生的結果。我們嘗試了解這種差異是否會因本文的不同所造成，於是我們將題目分為三種類別，分別是：類別一（逐句問題）：明確地從文本得到的訊息；類別二（理解問題）：在文本內明確地呈現，而學生需要整合從文本內的語句和類別三（知識推理）：需要獲得新知識，學生需要使用先前的知識、領域相關的知識、日常生活知識。

表 7 和圖 3 表示學生對於不同類別問題前後測的差距。學生在閱讀並自我解釋不同文本後，對於文本 A 後，學生在類別 1 平均正確率增加了 11.1%，相較於文本 B 而言，學生則增加 14.8%；在類別 2 部分，文本 A 的學生平均正確率增加了 14.8%，文本 B 的學生則增加了 28.3%，類別 3 部分，文本 A 的學生平均正確率增加 12.5%，而文本 B 則增加了 29.2%。結果顯示學生不論是透過何種文本做自我解釋後，前後測的成績均有明顯的差異，特別是針對文本 B 而言，兩

者前後的差異不論是在何種類別的問題的表現上，均較文本 A 更為突出。特別是在類別 2 和 3，屬於理解與知識推理等問題，文本 B 的學生表現更是優於文本 A 的學生，惟經過經曼-惠特尼 U 考驗（Mann-Whitney U test），得到 p 值分別為 1.00、0.093 和 0.937，未達顯著差異。

表 7：閱讀不同文本學生在不同類別問題前後測之比較

	category 1	category 2	category 3
Text A(pre-test)	85.2%	56.7%	72.9%
Text B(pre-test)	81.5%	61.7%	58.3%
Text A(post-test)	96.3%	71.5%	85.4%
Text B(post-test)	96.3%	90.0%	87.5%

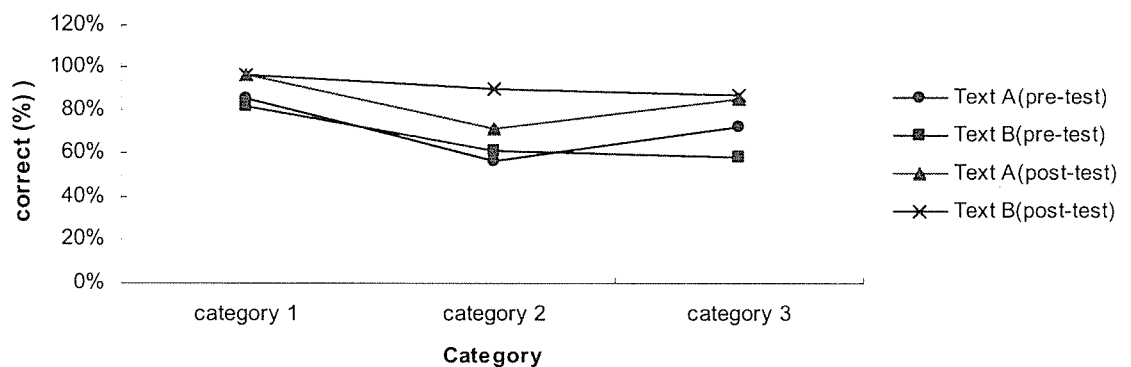


圖 3：學生對不同文本在各種類別的前後測表現

三、文本的認知隔閡與自我解釋

先前我們分析文本內容，文本 A 屬於 S-0 類型，屬於沒有認知隔閡的文本；然而，文本 B 則屬於 S-1 類型，雖然從簡單到難，但有認知的隔閡存在。此外，在文本內容分析部分，我們發現文本 B 的內容不論在氣體的本質、影響氣體性質的因素和理想氣體方程式的描述，大多為巨觀的描述。經過自我解釋的教學策略後，閱讀文本 B 的學生其後測成績明顯優於文本 A 組，特別是在理解與知識推理等問題，雖未能達到顯著性差異，惟也顯示透過自我解釋可消除原先文本中

所潛藏的認知隔閡，並且可以促進學生對於氣體粒子性質的理解。如此的結果即呼應了 Chi (2000) 的研究中所指出的，文本通常是不完整的，自我解釋的目標即是去獲得自我解釋，而去填滿文本所忽略的部分。

肆

伍、結論與建議

本研究藉針對高二學生學習氣體動力學概念時，藉由不同本文的閱讀及自我解釋，以及前後測的比較，來了解學生的學習成效。從 38 位學生的前測成績，篩選 12 位學生，依前測的成績分為高、中、低等三組各 4 位，分別閱讀不同本文 (A/B)，並進行自我解釋，然後進行後測，所得結論如下：

1. 學生對於氣體粒子的概念仍存有許多迷思概念，如粒子本身的體積會隨著狀態而改變、氫氣分子分佈在容器的上層，二氧化碳分子分布在容器的下層，而且大多數學生的理由為“因為氫氣較輕，二氧化碳較重。”
2. 不同本文的閱讀和自我解釋，對於學生的成績有顯著性的差異。此外，在本研究所使用的文本 B，依 de Berg 和 Treagust (1993) 的分析模式，屬於 S-1 類型，而閱讀文本 B 組不論在理解與知識推理等問題的表現均優於閱讀文本 A 組，即是說明透過自我解釋可消除原先文本中所潛藏的認知隔閡，並且可以促進學生對於氣體粒子性質的理解。惟此項結果是屬於少量樣本的比較，值得作更大樣本的比較與分析。這初步的結果，可以進行較深入的分析。

總之，本研究藉由高二學生學習氣體動力學概念的部分，了解學生的迷思概念，並由初步的結果了解不同程度的學生對本文閱讀及自我解釋會有不同的效果。這些結果，對於教師在教學上或本文選擇上，希望能夠有所助益。

我國高中教科書版本於 1999 年開放後，市場上化學方面的教科書有 6~7 種之多。雖然，各版本的教科書是根據教育部所頒佈的課程標準內容所撰寫，但彼此之間的深淺、內容和編排方式仍有些微的差異，這些差異是否會造成學習成效的不同，值得深思。本研究藉由少量樣本進行本文閱讀和自我解釋後，再進行後

測的比較，初步結果看起來，透過自我解釋可消除原先文本中所潛藏的認知隔閡，並且可以促進學生對於氣體粒子性質的理解。

參考文獻

英文部分

- Ainsworth, S., & Loizou, A. T. (2003). The effects of self-explaining when learning with text or diagrams. *Cognitive Science*, 27, 669-681.
- Anderson, J. R., Greeno, J. G., Kline, P. J., & Neves, D. M. (1981). Acquisition of problem-solving skill. In J. R. Anderson (ed.), *Cognitive skills and their acquisition* (pp. 191-230). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chi, M. T. H. (1996). Constructing self-explanations and scaffolded explanations in tutoring. *Applied Cognitive Psychology*, 10, 33-49.
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models (pp. 161-238). In Glaser, R. (ed.). *Advances in Instructional Psychology*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Chi, M. T. H., & Bassok, M. (1989). Learning from examples via self-explanations. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 251-281). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: how students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chiu, M-H., & Lavancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Chi, M. T. H., & VanLehn, K. A. (1991). The content of physics self-explanations. *The Journal of The Learning Science*, 1(1), 69-105.
- Cox, R. (1999). Representation construction, externalized cognition and individual

- differences. *Learning and Instruction*, 9, 343-363.
- de Berg, K.C. (1989) . The emergence of quantification in the pressure-volume relationship for gases : a textbook analysis. *Science Education*, 73(2), 115-134.
- de Berg, K. C. (1992). Students' thinking in relation to Pressure-Volume changes of a fixed amount of air : the semi-quantitative context. *International Journal of Science Education*, 14(3), 295-303.
- de Berg, K. C. (1995). Student understanding of the volume, mass, and pressure of air within a sealed syringe in different states of compression. *International Journal of Science Education*, 32(8), 871-884.
- de Berg, K. C., & Treagust, D. F. (1993). The presentation of gas properties in chemistry textbooks and as reported by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 871-882.
- de Leeuw, N., & Chi, M. T. H. (2003). The role of self-explanation in conceptual change learning. In G. Sinatra & P. Pintrich (Eds.) *Intentional Conceptual Change*. Erlbaum. P 55-78.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. London: Routledge.
- Gabel, D. L., Sherwood, R. D., & Enochs, L. (1984). Problem solving skills of high school chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 221-233.
- Hausmann, R. G. M., & Chi, M. T. H. (2002). Can a computer interface support self-explaining? *Cognitive Technology*, 7(1), 4-14.
- Hirshman, E., & Bjork, R. A. (1988). The generation effect: Support for a two-factor theory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14, 484-494.
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4),

393-412.

Novick, S., & Nussbaum, J.(1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, 62(3), 273-281.

Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65(2), 187-196.

Pirolli, P., & Anderson, J. R. (1985). The role of learning from examples in the acquisition of recursive programming skills. *Canadian Journal of Psychology*, 39, 240-272.

Reif, F. (1983). How can chemists teach problem solving? *Journal of Chemical Education*, 60, 948-953.

中文部分

史嘉章（2002）。發展二階層試題以探討國高中學生氣體迷思概念。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。

洪振方（1987）。學生空氣體積及壓力之粒子模型概念與推理能力之相關研究。國立臺灣師範大學化學研究所碩士論文（未出版）。

陳盈吉（2004）。探究動態類比對於科學概念學習與概念改變歷程之研究－以國二學生學習氣體粒子概念為例。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。

邱美虹（1994）。從「自我解釋」所產生的推論探究高中生化學平衡的學習。師大學報，39，489-524。

邱美虹（2005）。臺灣地區中學生「粒子與化學平衡」概念之心智模式與成因之探討(IV)(計畫編號：NSC92-2511-S-003-010)，行政院國家科學委員會專題研究計畫。

陳郡鳳（2005）。探討理想氣體動力論之建模教學對高一學生建構微觀氣體粒子運動心智模式的影響。國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。