

如何增進學生的解題能力

蘇育任

臺南市立安南國中

一、前言

教理化時，幫助學生成功而有效地解題是一項極有挑戰性的工作。根據研究⁽¹⁾，理化的解題歷程甚為複雜，它涉及四個步驟：

- (1) 了解問題中所用的語文。
- (2) 分析問題中的「已知條件」及「所求目標」。
- (3) 熟稔答題時所牽涉到的各項科學概念。
- (4) 有能力完成答題時所涉及的各種數學運算。

本文擬從現有的研究與實務的教學經驗，探討學生解題歷程中所遭遇的問題，進而提出增進學生解題能力的方法。

二、題目的遣詞用字對解題的影響

欲成功地解題首要條件是學生必須了解題目的真義，因而必得對題目中的每一用辭確切加以掌握。題目中常用詞彙可分為兩種，即日常用語和術語。前者如觀察、推論、判斷、比較和計算等，乃教師通常認定學生皆明白而無需再加解釋者；後者如壓力、密度、活性、滲透和溫室效應等，和理化的特定觀念有關的專用語。Gardner 發現許多教師習以為常的日常用語卻是學生所不明白的，換言之，不少學生無法成功解題，導源於他們對題目中的日常用語一知半解，這些詞彙如：對照、置換、因素、變項、基本的、微視的、相關的、自然發生…等。⁽²⁾ 另外，題目中的用詞、語氣、正反面敘述等變化，皆會影響學生解題的成功率。下面為一些有趣的研究：

(1) 題幹敘述的用詞由「最少」改成「最多」，可降低學生解題困難，使答對的人數百分比增加 26 %。⁽³⁾

例一 下列四種鹽類水溶液，何者濃度最小？(59 %)

下列四種鹽類水溶液，何者濃度最大？(85 %)

(2) 題幹敘述的形式，由「反面」改成「正面」，可提高解題成功率，使答對的人數百分比增加 56 %。⁽⁴⁾

例二 下列那一個粒子不具有與鈣離子相同的電子數？(24 %)

下列那一個粒子具有與鈣離子相同的電子數？(80 %)

(3) 將冗長繁複的題幹敘述加以簡化，有助於提高解題成功率，使答對的人數百分比增加 20 %。⁽⁵⁾

例三 金屬 Z 加入含金屬 X 的硫酸鹽中，產生沉澱；以相同步驟，將 T 代替 Z 加入上液，則無反應發生；將 Y 代替 Z 加入上液，則從液中冒出氣泡。由以上所述，將四種金屬的活性由大至小排列之。(47 %)

三種金屬 Z、T、Y 分別加入含 X 金屬離子的溶液後，Z 產生沉澱，T 沒有反應，Y 則從溶液中釋放出氣體，則四種金屬活性的順序為何？(67 %)

雖然教師都期望學生應該在各種不同的文意敘述下，皆能正確解題，但對於上述一些造成學生解題困擾的細微變化，仍應加以注意，平時命題時稍予加強訓練，則應能提高學生的解題能力。

三、概念的理解為解題的基本要件

知道理化的現象和事實是發展概念的基石，但這樣子並不能保證學生真正了解概念。理化的學習，首由現象的觀察，再形成若干概念，由這些概念進而導出其它的概念。除非學生已精熟了某一概念，否則他無法將它由特例應用到各種新的狀況中。在解題時，學生遇到了題目所示的新狀況，他必須由長期記憶的認知結構 (cognitive structure) 中，找出和題目有關的概念，經由分析、比較、推理等方式，求得所要的答案。科教專家指出⁽⁶⁾，學生無法順利解題的主要原因，在於他們不了解題目是根據什麼概念命題而來的。在他們的研究中，比較理化專家與學生解題的歷程，發現理化專家很容易從他們的長期記憶裏汲取解題所需的相關概念，換言之，他們的觀念係以網路的形式相互聯結在記憶中，故只須花費極短的時間，即能加以組織而擬出解題的策略；反之，學

生是生手，對概念不夠熟稔，概念間無法完密形成概念網路，解題時則往往盲目地一再嚐試或套用公式，直到碰上正確的答案為止。

過去幾年來，科教學者一直盡力試著找出那些理化概念是學生易於了解的，那些又是他們不易了解的。由於理化是探討物質性質的學科，舉凡與物質有關的概念，如質量、體積以及質量、能量間的關係，是理化解題所必須了解的基本概念。令人訝異的是，為數極多的中學生不了解質量、體積、熱、溫度及狀態變化等概念。為什麼學生難以理解這些概念呢？據筆者經驗推測，通常教師在課堂上教學時，往往認為這些概念很簡單，只輕描淡寫的一筆帶過。學生因缺乏具體的經驗，紛紛以日常生活中的經驗來建構其物質的概念，導致許多錯誤概念（misconceptions）。⁽⁷⁾又如莫耳概念、物質的粒子性、熱的分子模型、化學平衡、光的波動性質、原子說等，和化學計量均對學生解題有極大的困擾。

四、增進解題能力的方法

(1) 善用「等待時間」(waiting time)，以利學生複習、思考。⁽⁸⁾以講授法教理化時，每講課8—12分鐘，即應停頓2分鐘，讓學生有時間可複習所呈現的材料、補充不足的資料和解釋資料間的關係，以增強概念的獲得(acquisition)與發展。

(2) 運用概念圖(concept map)，幫助學生了解概念以及概念之間的關聯。⁽⁹⁾每教完一章或完整的一單元後，可在黑板上列出相關的概念，讓學生畫出概念圖，涵括性最廣的概念位於最上面，最狹隘或涵括性最低的概念位於最下面，依序即構成一具有階層關係的概念網路。概念圖業經證實對促進學生的認知發展甚有助益，多加練習，一則可使學生理化知識結構中諸概念的層次……？，二則幫助學生將其認知結構重組成有力的統整形式以增強解題能力。圖一是有關水的概念圖，顯示水的一些相關概念。

(3) 熟用解題草案，使學生養成循序漸進、逐步破題的習慣。⁽¹⁰⁾訓練學生解每一個題目時，都使用運算紙，以列出題目中的已知條件、所求的目標，並寫出所想到的其他相關概念，以充分了解題目的情況。若時間許可，尚可寫出運算式子，以利核驗所得答案。

(4) 有關莫耳數的化學計量題目，應視學生數學運算能力而教以不同的解題法。⁽¹¹⁾對於數學能力較強的學生，可用「比例法」或「標出係數法」。

例四 碳酸鈉(Na_2CO_3) 42.4克與充分的鹽酸作用，可生成食鹽若干克？(

$\text{Na} = 23$ ， $\text{Cl} = 35.5$)

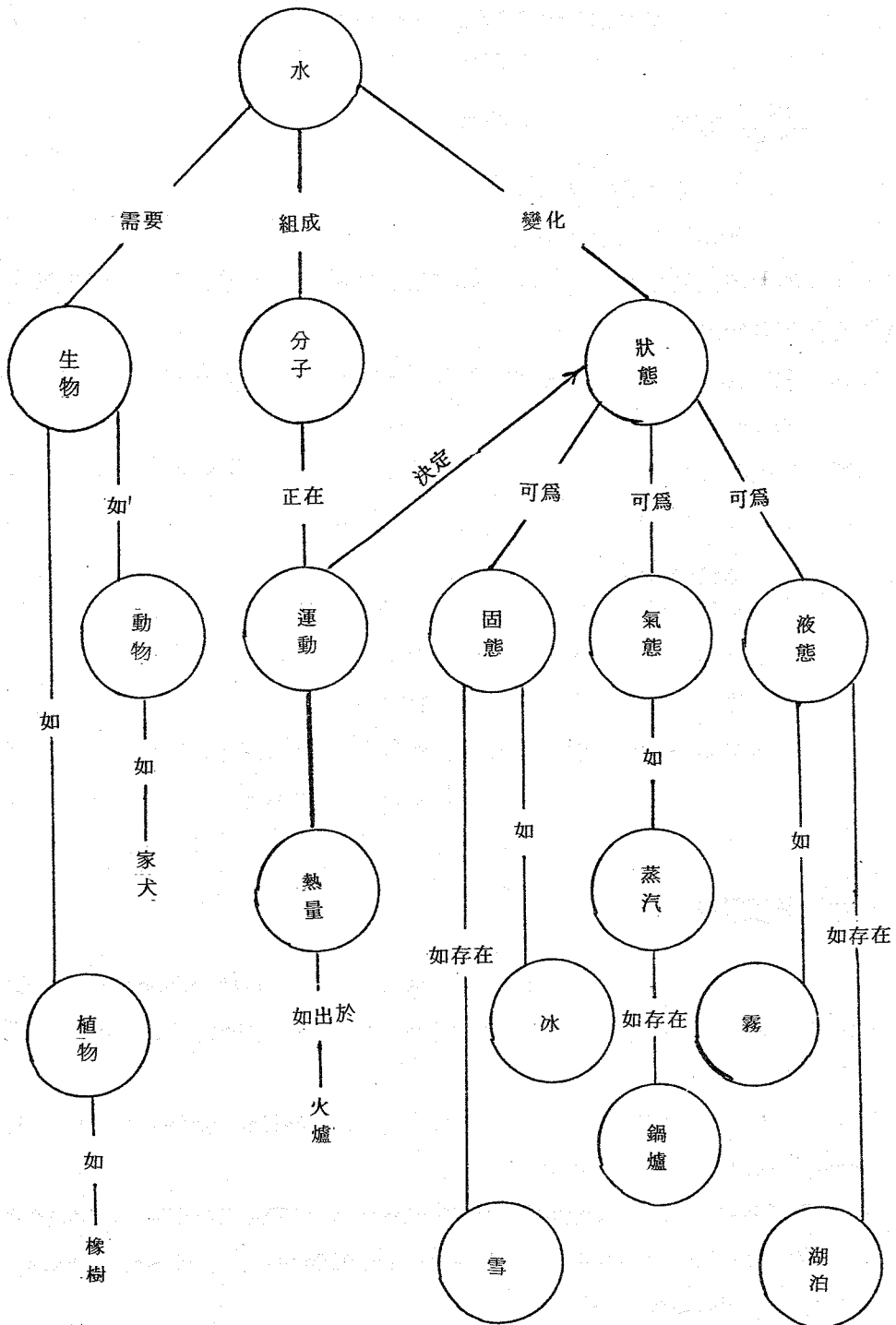


圖1 水的概念圖例



1 莫耳

2 莫耳

$\frac{42.4}{106}$ 莫耳

x 莫耳

$$1 : 2 = 0.4 : x, x = 0.8 \text{ (莫耳)}$$

$$58.5 \times 0.8 = 46.8 \text{ (克)}$$

若學生運算能力或比例推理能力較差，則可用「類推法」，可大大提高學生解決莫耳數、莫耳濃度等有關的問題。

例五 12.26 克氯酸鉀 (KClO_3) 中，含有若干個氧原子？($\text{K} = 39.1$, $\text{Cl} = 35.5$)

解 1 莫耳 KClO_3 的重量 = $39.1 + 35.5 + 16.0 \times 3 = 122.6$ (克)

1 莫耳 KClO_3 ————— 0.1 莫耳 KClO_3

重量 為 122.6 克 — 重量 為 12.26 克

1 莫耳 KClO_3 含 3 莫耳氧原子

0.1 莫耳 KClO_3 含 0.3 莫耳氧原子

1 莫耳氧原子 含 6.02×10^{23} 個氧原子

0.3 莫耳氧原子 含 $(6.02 \times 10^{23}) \times 0.3$ 個氧原子

$$= 1.81 \times 10^{23} \text{ 個氧原子}$$

伍、參考文獻

1. Danny R. Moates & Gary M. Schumacher , " An Introduction to Cognitive Psychology " , Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, California , 1980.
2. P.L. Gardner, " Words in Science " , Australian Science Education Project, Melbourne, 1972.
3. J.R.T. Cassels, " Language in Chemistry : The Effect of Some Aspects of Language on 0 Grade Chemistry Candidates " , M.Sc. thesis, University of Glasgow, 1976.
4. J.R.T. Cassels, " Language and Thinking in Science : Some Investigat-

- ions with Multiple Choice Questions ” , Ph.D. thesis, University of Glasgow, 1980.
5. J.R.T. Cassels & A.H. Johnstone, ” Report of Education Division Conference : Research for the Classroom and Beyond ” , The Chemical Society , London, 1977, pp. 48 – 54.
 6. Dorothy Gabel, ” Problem Solving in Chemistry, ” The National Association for Research in Science Teaching, Washington. D.C., 1987.
 7. John K. Gilbert & D. Michael Watts, ” Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions : Changing Perspectives in Science Education ” , Studies in Science Education, 10 (1983) , pp. 61 – 98.
 8. Mary. B. Rowe, ” Wait-time and Rewards as Instructional variables : Their Influence on Language, Logic, and fate Control ” , Journal of Research in Science Teaching, 11 (1974) , pp. 81 – 94.
 9. J.D. Novak, D.B. Gowin & G.T. Johansen, ” The Use of concept Mapping and Knowledge Vee mapping with Junior High School Students ” , Science Education 67 (1983) , pp. 625 – 646.
 10. D.L. Gabel & R.D. Sherwood, ” Facilitating Problem Solving in High School Chemistry ” , Journal of Research in Science Teaching, 20 (1983) , pp. 163 – 178.
 11. M.J. Hudson, ” Introducing the Mole ” , Education in Chemistry, 13 (1976) , pp. 110 – 114.