

下最好的決定與控制命運

—中小學科學教育的另兩個目標—

國立臺灣師範大學科學教育中心 魏明通

前言：中小學科學教育的目標，各國均有不同的標準。我國過去的中小學科學教育，很注重科學基本知識的傳授以及培養學生應用這些知識於日常生活的能力。美國則以科學概念、科學方法及科學態度的平均發展為主；日本即以培養科學的人生觀為其科學教育的主要目標。近年來，我國中小學科學教育受這些國家的影響，以啓發科學知能，培養科學情趣，養成具有科學素養的國民為目標。最近，著者在美國曾留意到有些人對中小學科學教育的目標提出兩個很特殊的觀點——即培養學生下最好的決定(Make the best decision)與控制命運(Fate control)的能力。

在美國巴爾底摩城的一醫院裏，有一次人們讓一新生嬰兒活活的餓死。這一個可憐的嬰兒，生下來就被診斷為患蒙古病，依賴靜脈注射以維持其生命。醫生們準備做例行的開刀以除去這嬰兒的腸障礙，使其能夠從口攝取食物，可是，這嬰兒的父母覺得要負起這嬰兒的重擔，對他們本身及其他孩子將是一件很不公平的事，因此拒絕在開刀同意書上簽字。自從這嬰兒的雙親下此決定後十一天，他逝世了。這嬰兒的父母所下的決定是對的嗎？從法律上、倫理上及道德上的觀點

來看，每一個人都不應該憑自己的判斷，立刻下決定救或不救這一個嬰兒的。可是，他的雙親却下了這一個無情的決定了。如果在十多年前，他們也不必下此決定，因為那時的醫學尚無法診斷初生嬰兒的腸障礙，因此，這嬰兒也會因飢餓而死，但沒有人會瞭解嬰兒的死因。科學技術的發展，使人們必須要做更複雜更困難的決定。當我們下決定時，價值觀念的衝突是不可避免的。

以上實例是1971年甘奈迪基金會(Joseph P. Kennedy, Jr., Foundation)主辦的一個週末討論會裏，八十位科學家、神學家、精神病學者、法律學者、道德哲學家和心理學者聚集在一起的席上，由其中的一人提出並做為該次討論基礎的。討論會的主題為“根據我們的良心下決定(Choices on our conscience)”。他們針對生物與行為科學緊迫着我們的問題來討論，他們覺得過去人們從未遭遇過的社會、道德、法律、經濟等問題，現在需要人們根據能力的成長去解決，即科學給予人類去創造及改變自己的命運。我們如何去下這些決定呢？我們能夠及時做嗎？很明顯的，下一個很適當的決定是很困難的。我們的日常生活時常面對必須下大大小小的決定的機會。例如，外出時穿甚麼衣服，家庭主婦的買菜購物，學生的選課及參加聯考時的選擇科系，各行業主管的批閱公文，以至選擇職業或結婚對

象到行政官員的重大決策等，都是要人們不斷地下決定。有的決定根據自己的直覺判斷就能夠下，有的則需要收集資料，聽聽別人的意見並根據這些資料來下決定。惟有時自己的能力，或社會系統跟不上科學的進展而所下的決定可能產生未能預測的結果時，常常引起很大的困擾。例如，由於科學家及行政人員的錯誤判斷，倫敦、匹茲堡及洛杉磯等城市曾有數千人因空氣污染而死亡；一九七九年春天，美國三哩島核能發電廠的重大事故等。過去我們總覺得決定權是在於上帝或自然的，生與死、健康與疾病、優生與遺傳、人口與污染等問題，現在要由人類自己來決定，自己來控制命運。下這些決定是很困難的，一九七六年的秋天，美國國內就有很多爭執，使為政者很難下決定。例如，是否使用豬的感冒疫苗於人類？容不容許協和機（SST）在新大陸上空飛行及降落？加拿大政府發表糖精為可能引起癌症的物質後，美國是不是也禁止糖精的使用？是不是允許癌症病人安樂死？有沒有甚麼方法讓我們能夠下最好決定？

中小學科學課程所強調的科學過程可訓練學生下最好決定的能力。科學過程大致可分下列五個步驟：

1. 發現問題，把握問題。
2. 提出假設。
3. 驗證。
4. 修正假設，再驗證。
5. 下結論及傳達。

環繞在我們周圍的大自然包羅萬象，變化無窮，時常引起人們的關心而發現一些問題。遇到這些問題時，通常要以細心及耐心的觀察，比較及測量等過程來收集有關此一問題的資料。為了把握問題的要點，把所搜集的資料加予整理、分類及解釋；經過預測、推理的過程形成一假設，並以實驗、觀察及測量等步驟驗證此一假設。如

果驗證結果顯示所設定的假設是適當時，即到達結論；如果驗證結果表示假設不適當，則必須修正假設並從事再驗證來下結論。這樣的科學過程也就是我們遇到複雜問題時，幫助我們能夠下最好決定的過程。

關於婚姻的對象，現在的年青人都有喜歡仿效歐美的趨勢。他們大談自由戀愛，提倡一見鍾情的作風而往往很草率地決定結婚的對象。我總覺得他們的作法很不科學而我國傳統的婚姻習慣才是最科學的。我們傳統的婚姻不但要請媒人傳達對方的資產、血統、遺傳、性情、興趣、嗜好及健康等資料，雙方家長還要設法從親戚朋友那裏打聽並訪問對方家庭來探門風。經過分析研討全部的資料，認為滿意後才舉行訂婚典禮，這和形成假設的過程是相符的。在漫長的訂婚期間，考驗兩個人是不是適合於長久的共同生活，這過程也是科學方法中的驗證。通過這些很科學的過程後，沒有甚麼困擾問題時才決定結婚。從我國離婚率遠較歐美各國離婚率低的現象，可知我國的婚姻過程較歐美各國更適當。

現在我國的中小學科學課程不完全以傳授科學基本知識為主要目標。我們強調學生從科學活動中學習科學過程、科學態度及科學概念。訓練學生在學習活動中獲得觀察、應用時間或空間關係、分類、應用數字、測量、傳達、預測、推理、控制變因、解釋資料、形成假設、下操作型的定義及實驗等科學方法。具備如此科學素養的人們，遇到各種問題時，不但可應用科學過程自己解決問題，而且能夠適時的下最好的決定並控制命運。

科學課程所討論的控制命運較單純，要我們的學生不必隨時受到環境的支配，設法改善環境，以達到支配環境的目標。例如，學生在放風箏時，往往風箏向着風吹來的方向舉起風箏，即風箏較易飛上。可是，沒有風的日子，學生亦可設

法放風箏，如果他們用跑步方式施放風箏並讓風箏在上昇氣流的上空（例如：柏油路、屋頂上的氣流往往是上昇的）飛翔時，雖然沒有風，亦可放風箏。假使風太大而風箏在空中滾轉時，可設法加長風箏的尾巴，即可穩住。如此，以學生自己的智慧及科學方法的技巧來改善環境的影響，

適應各種不同的環境是科學教育的主要目標之一。在我們從事科學教學時，設法讓我們的學生瞭解並實踐科學過程去下最好的決定，不抱聽天由命的態度而設法控制命運，相信我們的教育成果將更豐碩。 □

用尺規可作那些正多邊形

本社

只用圓規及沒有刻度的直尺，可以作出那些正多邊形？這是一個有趣的問題。遠在希臘時期，正三角形，正方形，正五邊形，以及這些邊數的二倍、四倍、八倍，等等邊數的正多邊形之作圖，就都有正確的方法。其中正五邊形的作圖，乃是使用所謂的黃金分割法。

正七邊形的作圖法，雖然有不少人加以研究過，但是，後來已經被證明是不可能的。

十八世紀末葉時，後來與 Newton 被譽為人類有史以來最偉大的兩位數學家的年輕學生 Gauss (1777—1855)，發現了：當 n 是一個 Fermat 質數的時候，則正 n 邊形可以用尺規作圖。

若一個正整數可以表示成 $2^{2^m} + 1$ 的形式，則稱之為 Fermat 數。若一個 Fermat 數是一個質數，則稱之為 Fermat 質數。

Fermat 數中較小的幾個是：3, 5, 17, 257, 65537，這五個數都是質數。因為如此，而使得 Fermat 有過一個錯誤的臆測，他以為：每一個形如 $2^{2^m} + 1$ 的整數都是質數。這個臆測後來被 Euler 證明是錯誤的，因為 $2^{2^5} + 1$ 是 641 的倍數。事實上，依賴電子計算機的幫助，許多 Fermat 數已被探討過。

就在 Gauss 提出他的發現後不久，Richelot

與 Schwenkheim 兩人於 1898 年作出了正 257 邊形。更有趣的是：O. Hermes 花了十年的時間，作出了正 65537 邊形，並將該圖裝進一個大盒子裏，收存在德國 Göttingen 大學。

讓我們再回到原來的問題：那些正多邊形可以用尺規作圖呢？這個問題的完整答案可以寫成一個定理：

正 n 邊形 ($n > 2$) 可以用尺規作圖的充要條件是： n 可以表示成 $n = 2^k p_1 p_2 \cdots p_r$ 之形式，其中 k 為非負整數，而 $p_1, p_2, \dots, p_r$ 為相異的 Fermat 質數。

這個定理的證明，需要利用 Galois 理論，本文中當然無法提出。

由於小於 100 的 Fermat 質數只有 3, 5, 與 17 等三個，利用上面的定理，很容易就可知道：邊數不大於 100 而可用尺規作圖的正多邊形只有下列 24 種：

4, 8, 16, 32, 64,
3, 6, 12, 24, 48, 96,
5, 10, 20, 40, 80,
17, 34, 68,
15, 30, 60,
51, 85。

□