

學習理論在生物教學上的運用

Mildred R. Green 原著 莊嘉坤摘譯

最近的生物學課程強調學習重於教學。一九六〇年代生物學教育的重點都在生物學內容、教材的選擇與傳授，却忽略了學習者的學習歷程。但最近的生物課程已能應用有關理論，並顧及學生獲得知識和訊息的方法。現代的教師應瞭解學習的歷程，這是學習理論的重點。有關人類訊息處理 (information processing) 的研究對生物課程發展也有很大的重要性。此外，無論課程設計人或科學教師都應熟悉皮亞傑 (Jean Piaget) 的認知理論，並研究應如何將皮亞傑的理論運用在課程設計或教學上。

皮亞傑以瑞士兒童做研究，指出就進入形式操作期兒童是在青春後期，但根據其他學者的研究發現美國兒童形式結構的發展要遲緩些，尤其住在市區的兒童更慢。這種邏輯思考所以延緩，主要是因為兒童生活的環境缺乏促進智力發展的刺激；就如同要有一座設備完善的體育館，要提供兒童繩索和棒子，才能訓練他們的肌肉。同樣地，要有設計完善的生物學編序教案，才能提供一般的教材進行思考操作，以增進更精、更細的認知結構的發展。在實質上，控制實驗就相當於皮亞傑的聯結系統，亦即學習者在控制實驗中將變因都分析出來，並考慮所有可能與實驗結果有關變因的聯結。形式操作期的另一個特徵是可逆性 (Reversibility)。當應用在控制實驗時，如果假說是正確的，學生就能夠預測可能變因的聯結。由下列包括控制實驗設計和說明的行為目標，讓學生來解決問題，就能看出形式操作的技巧。

行為目標 — 生物課程的形式操作教學目標一例

1. 給一個敘述，學生應能區別其為事實 (fact)，

可觀察的)，或是通則 (generalization，依事實而做概括的敘述)。例：

小雞是從雞蛋孵出來的。(事實)

生命來自先前的生命。(通則)

2. 給一個通例，學生應能依事實，提出假說以證明。例：

生命來自先前的生命。(給予的通則)

垃圾不會生出老鼠。(假說)

3. 給一個假說，學生應能分析其變因 (variables)。

(a) 給一假說，學生應能區別各變因的前因 (Antecedent) 與後果 (Consequent)。例：

垃圾 = 前因

老鼠 = 後果

(b) 給假說的前因和後果，學生應能提出它們的否定。

垃圾 = 前因 無垃圾 = 前因的否定

老鼠 = 後果 無老鼠 = 後果的否定

(c) 給一組的變因及它們的否定，學生應能以代數符號取代。

使 p = 前因 $\bar{p}$ = 前因的否定

q = 後果 $\bar{q}$ = 後果的否定

4. 給一個假說，學生應能用自己的口語來描述，並將前因、後果，以及它們的否定聯結起來。

例如：假說：植物在光照下吸收二氧化碳。這個假說首先必經由三個目標分析出一個目標。

使 p = 光照 q = 二氧化碳被吸收

使 $\bar{p}$ = 黑暗 $\bar{q}$ = 二氧化碳不被吸收

所有可能的聯結 = pq 或 $\bar{p}q$ 或 $\bar{p}\bar{q}$

以學生的口語：如果有光照，則二氧化碳被吸收；或假如沒有光照，則二氧化碳也會被吸收 ($\bar{p}q$)；或假如沒有光照，則二氧化碳

不會被吸收 ($\bar{p}\bar{q}$) ; 但假如有光照, 則二氧
化碳不會不被吸收 (即 $p\bar{q}$ 不發生)。

5. 給予實驗的步驟, 學生應能分析變因、前因和後果, 以及它們的否定等可能的聯結, 而形成假說。

例: 實驗步驟: 有兩組試管, 分別注入 4 吋的水, 每支試管滴入一滴對 CO_2 相當敏感的指示劑——溴甲異丙酚藍 (Bromothymol blue), 再置一水蘊草, 最後透過一臘紙管, 藉呼吸作用呼入 CO_2 , 則每一試管指示劑均由藍色變成黃色, 然後每一試管以橡皮塞拴緊。其中一組以鋁箔包住, 再將兩組試管置於強光下, 隔天後觀察。

學生依此步驟進行實驗, 並能提出下列假說:

- (a) 假如有光照, CO_2 就會被吸收。 (p, q)
- (b) 假如無光照, CO_2 仍會被吸收。 ($\bar{p}, q$)
- (c) 假如無光照, CO_2 就不會被吸收。 ($\bar{p}, \bar{q}$)
- (d) 假如有光照, CO_2 就不會被吸收。 ($p, \bar{q}$)

6. 學生會設定一控制實驗, 以統一所有可能的變因, 僅保留一個變因。

上述的實驗可當做例子, 依實驗數據, 教師可提出一連串的問題。例如: 「你要說明植物在光照下, 才會吸收 CO_2 , 為什麼要將其中一組試管放置在黑暗處? », 「用鋁箔包裝試管有何用途? », 「應如何控制其他變因, 才不會影響 CO_2 的吸收? », 「我們如何控制濕度? 又如何控制溫度? »

7. 學生會設計一控制實驗 (用口頭或材料操作), 用所有可能的變因聯結來試驗假說:

例: 假如我們用目標 5. 所產生的四種假說, 則可能有十六種變元聯結。每一假說提供其中一種基礎的聯結操作 ($p, q + \bar{p}, q + p, \bar{q} + \bar{p}, \bar{q}$)。

8. 學生會解釋控制實驗所有可能的結果在假說上的意義。

本目標加上目標 4、6、7, 學生就能夠解釋

一個實驗的結果在原來假說的影響。由目標 4, 我們得知, 先給假說, 植物在光照下, 會吸收 CO_2 , 在前述目標 5 之四種可能結果中, 只有三種結果是可以預期的。假如控制實驗 (如目標 6), 僅一因素可能在一時發生變化, 在目標 4 和 6 中, 該因素就是光 (p 和 $\bar{p}$)。則可預測假如這個假說是正確的話, 則植物在實驗中接受光照就會吸收 CO_2 , 若實際上可觀察到 $p, q, \bar{p}, q, \bar{p}, \bar{q}$, 而沒有 $p\bar{q}$ 發生, 則該假說增強而證實。假如 $p\bar{q}$ 發生的話, 則假說減弱而矛盾。

失調 (Incongruities)

認知結構之發展係有賴學習者之是否能認識環境中新的因素, 與其對世事觀念之間的「失調」情形。當學習者能認識這些新的因素, 並能適應這些因素的存在時, 智力就會有所發展。這種智力發展的觀點, 對課程的發展和教學都有很重要的啓示, 所以教師應以未平衡情境的結構課程來教導學生做更有效的學習, 才能使學生的思想朝向新的適應而趨於新的平衡。未平衡情境的經驗可能由實驗室或解釋教材時表露出來, 也可能由課堂上討論時看出來。不管如何, 只要教師用心去安排教案和教學, 都會激發學習者智力的發展。對於課程發展者, 更應瞭解「因需要而學習」, 能將過去的主要觀念, 在新的編序教案再加以推展; 另一方面, 教師應確立教學目標, 適當的選擇和組織教材, 來幫助學生的智力發展, 並由問題解決的策略 (strategies) 來發揮學生的潛力和解決失調。

失調在任何情況下, 都會產生困惑或好奇。例如: 當切取一片肝臟加入過氧化氫溶液時, 為什麼會產生大量的氧氣? 或為什麼只要把種子種在地面上就會發芽? 前述的行為目標正可提供尋求解答的策略。

訊息處理 (Information processing)

認知理論及人類在訊息處理中，怎樣產生訊息及怎樣使用不同種類的訊息的問題。在這個理論上，使學習者獲得知覺的每一個因素或訊息，都可稱之為符號 (Symbol)。

訊息處理經由下列步驟：

1. 辨識：辨識符號的特性。
2. 試驗和比較：試驗回憶一物件的訊息，與已經貯存在記憶系統的同一物件的其他訊息做比較。
3. 符號創造：思想上處理物件的訊息，如果試驗和比較顯示對一物件並不熟悉，就會有符號創造。在某方面，每個人都能將這符號與其他符號聯繫起來。例如用文字和圖解。
4. 符號貯存：思想有一種貯存符號的構造系統，用來提回 (retrieval)。

人類訊息處理論學者主張這些事件受到許多思想的不同成份所控制；學習論的學者則將記憶處理系統區分為短期記憶 (short-term memory) 和長期記憶 (long-term memory)。

短期記憶較具活動性，短期記憶從環境中按個人的目標和意向選擇訊息加以處理。同時，短期記憶將訊息轉移成符號，使每一件事在短期記憶中立刻可以回憶。但是短期記憶時間較短，容量也少。

長期記憶在時間和容量則不受限制。其所容下的每一件事都可以記憶得很清楚，這包括主要的觀念和信念、機動的技術及語言的能力。但是提回特殊訊息，首先必須要有適當的方略 (Category)，意即從長期記憶中提回訊息有賴於最初訊息怎樣被製碼 (Coded) 以及在短期記憶中怎樣被組織。

對生物教師的建議

人類訊息處理的研究，迄今已能廣泛的應用到許多課程領域，其中包括在生物學教育上的應用。因為這個理論詳細的說明了學習的歷程。生

物教師對教案設計需給予學生適當的學習策略 (strategies)——如複習 (Rehearsal)，使成為訊息體 (Chunking)，知覺的製碼 (Coding of sensory)。這些策略能夠改善仍停留在短期記憶的訊息，加以組織使能夠提回 (retrieval)。教師和課程設計者亦需考慮到使新的訊息與較熟悉的符號聯貫起來，這樣新的訊息會更容易製碼。記憶術 (Mnemonic devices) 以轉移新的訊息進入熟悉的製碼，並促進提回。複習則在使訊息重覆與製碼處理同時發生。變成訊息體主要在擴展短期記憶的容量，幾個相關的訊息可以聚集，以同一符號來處理。如果這些訊息處理的觀點能應用在課程裏，則訊息在貯存入長期記憶前將會組織得更完善，且更利於提回。

根據人類訊息處理論，教師亦應瞭解如果回復的訊息和已經貯存在記憶裏的訊息一致，則在試驗和比較處理期間，新的學習往往受到阻礙。如果貯存的訊息有了缺陷或不完全，學習者可能對訊息的製碼和組織新的符號，造成錯誤的決定，因而阻礙訊息進入長期記憶和回憶的能力。一般情形下，教師往往不會在評鑑前就檢討學習得失，但是有少數學習者，檢討學習得失會產生新的和已貯存訊息的複習，而協助確定透過試驗和比較過程的回饋，而形成適當的方略 (Categories)。

最後，我們的新課程應編列訊息處理誘導的觀點，使每個人建立以專心 (attending)、製碼 (coding)、及貯存這些環境的線索 (cues) 為第一優先，以符合學習者自己的目標和意向。我們身為教師的，應協助學生去瞭解學習的環境，但是我們也要瞭解在訊息處理中，仍由學習者來做最後的決定。

[本文摘譯自：Mildred R. Green, The American Biology Teacher May 1978, Vol. 40 No. 5 P. 268~271. 譯者現職：屏東師範專科學校生物教師]