

【文／課程及教學研究中心副研究員 葉家棟】

實驗教學可促進學生的認知以及對科學的瞭解，學生經由設計良好的科學實驗活動，瞭解科學探究的方法，從中學習科學過程技能、分析推理、相互溝通的能力，並能將科學的現象經由具體的操作而概念化，並且提供學生建構知識的途徑（Tobin, 1990；鐘建坪, 2009）。但是，由於科學實驗活動設計的原理的相關著作相當少見，這使得教師自行設計實驗活動的工作，面臨極嚴酷的挑戰。基本上，科學實驗活動設計的原理包括假說－演繹法（hypothetico－deductive method）、假言推理（hypothetical syllogism）、檢驗假說的方法及對照實驗（contrastive experiment），科學實驗活動的設計是一個高層次的思考技能。例如：

問題：請設計一個合理實驗步驟，驗證白磷的著火點比紅磷低，並提出可能的實驗結果和相應的實驗結論。

設計思路分析：

一、確定實驗目的及邏輯學原理。

實驗目的是為了證明「白磷的著火點比紅磷低」，為了證明這一個假設只需直接證明即可，也就是用酒精燈直接加熱白磷和紅磷，觀察白磷是否比紅磷易著火燃燒即可證明。從邏輯學原理來看，證明「A 是 B 的充分條件」，即「白磷的著火點比紅磷低（A）」是「白磷比紅磷易著火燃燒（B）」的充分條件，所以只要直接證明「由 A 得 B」即可。

二、建立推理規則及對照實驗組。

大前題：如果白磷的著火點比紅磷低，那麼白磷比紅磷易著火燃燒。

小前提：通過檢驗後件的真假。

結論：

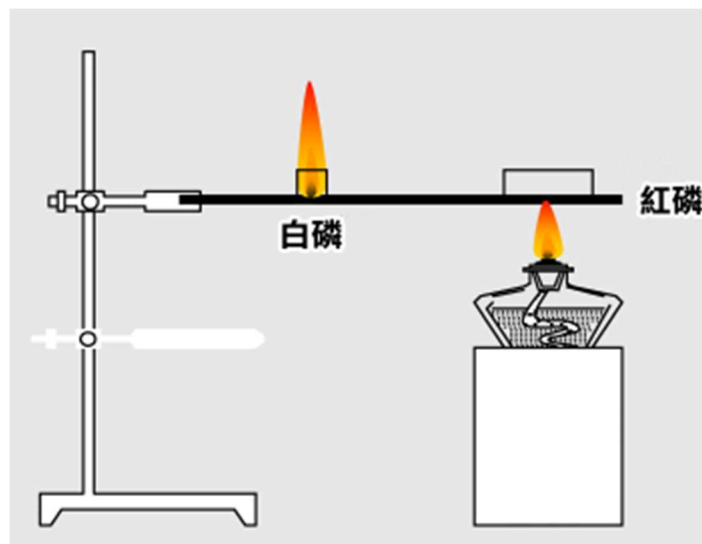
- ①若否定後件，則否定前件。
- ②若肯定後件，則前件可能成立。

運用比較思維法，把實驗對照組置於除實驗變量外其餘條件完全相同的情況下，所得的實驗結果不同，可歸因為實驗變量的作用。

實驗變量：著火點的高低。	操縱方法：白磷與紅磷的著火點不同。
無關變量：可燃物的純淨、適宜的空氣、相同的加熱器材等。	控制方法： ①消除法：濾紙吸去白磷表面的水。 ②恆定法：使用同一酒精燈並同時在空氣中加熱。
反應變量：著火燃燒的難易。	檢測方法：觀察白磷與紅磷著火燃燒現象發生。

三、設計實驗步驟

- 1.用鐵架台上的試管夾固定著一個薄銅片。
- 2.用藥匙取紅磷一匙放於薄銅片一邊；用鑷子再取白磷一小塊，用濾紙吸去白磷表面的水後，將其放在薄銅片的另一邊。
- 3.在鐵架台上放上酒精燈，調整好酒精燈高度及位置，使酒精燈置於紅磷的正下方。
- 4.點燃酒精燈。觀察白磷與紅磷著火燃燒現象，並記錄燃燒現象發生的時間。



四、推論可能的實驗結果和相應的實驗結論

- 1.白磷與紅磷同時發生著火燃燒（或差異不顯著），則「白磷的著火點比紅磷低」的假設不成立。
- 2.白磷比紅磷先發生著火燃燒（或差異顯著），則「白磷的著火點比紅磷低」的假設成立；該實驗結果說明：白磷的著火點可能比紅磷低。
- 3.白磷比紅磷晚發生著火燃燒（或差異顯著），則「白磷的著火點比紅磷低」的假設不成立。