

【文／課程及教學研究中心副研究員 葉家棟】

實驗設計不僅需靈活應用知識與實驗技能，而且必須掌握相關的科學方法（如假說－演繹法、假言推理、檢驗假說的方法、對照實驗、實驗條件的控制、實驗結果處理與表達等）。實驗設計能力是一種解決問題與創新能力的具體表現。由於科學實驗活動設計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，面臨挑戰。基本上，實驗設計包括四個要素：確定實驗目的及邏輯學原理、建立推理規則及對照實驗組、設計實驗步驟及推論可能的實驗結果和相應的實驗結論。例如：

問題：在常溫下，鐵在乾燥的空氣中很難跟氧氣發生化學反應。但是，鐵在潮濕空氣中卻能跟氧氣發生反應，生成鐵鏽，請你設計一個合理實驗步驟，驗證鐵生鏽需要水和氧氣，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：「鐵生鏽需要水和氧」可設計成兩個假設的驗證實驗，分別為「鐵生鏽需要水」、「鐵生鏽需要氧氣」假設的驗證實驗；為了證明這兩個假設需使用反證法，如在沒有水的條件下，觀察鐵是否發生鏽蝕現象；從邏輯學原理來看，證明「A 是 B 的必要條件」，即「水」是「鐵生鏽」的必要條件，直接證明顯然證明不了，所以反過來證明「沒有水就沒有發生鐵生鏽現象」，相當於由「非 A 則非 B」推論出「A 是 B 的必要條件」。

#### 二、建立推理規則及對照實驗組

（第一組）

大前提：如果鐵生鏽需要水（前件），那麼缺少水條件的鐵不會生成鐵鏽（後件）。

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。

（第二組）

大前提：如果鐵生鏽需要氧氣（前件），那麼缺少氧氣條件的鐵不會生成鐵鏽（後件）。

小前提：通過檢驗後件的真假。

結論：

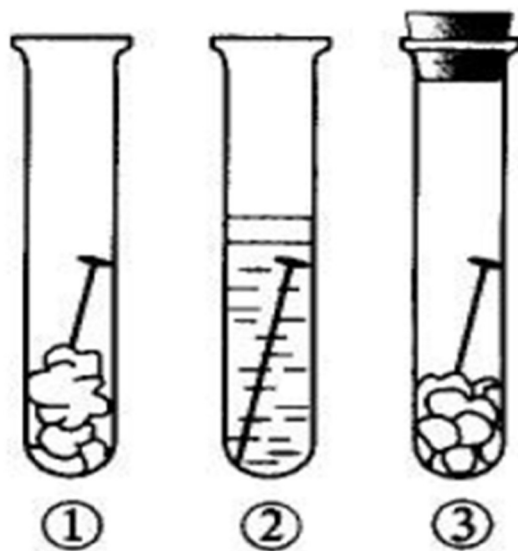
- ①若否定後件，則否定前件。
- ②若肯定後件，則前件可能成立。

運用比較思維法，把實驗組與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。實驗設計策略：取三隻潔淨無鏽鐵釘，分別放入三個不同條件的試管內進行實驗，在試管①中，使鐵釘與水和氧氣接觸（作為對照組），在試管②中，使鐵釘只與水接觸（作為實驗組），在試管③中，使鐵釘只與氧氣接觸（作為實驗組）。

|                        |                                                                |
|------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 實驗變量：水、氧氣。             | 操縱方法：隔離氧氣的方法：蒸餾水經煮沸後迅速卻，在水面上注入一層植物油。隔離水的方法：密封的試管置放乾燥劑。         |
| 無關變量：空氣、溫度、鐵釘種類、試管種類等。 | 控制方法：<br>①消除法：使用砂紙、清水除去鐵釘表面雜質。<br>②恆定法：保持穩定的溫度，使用相同品質的鐵釘及玻璃試管。 |
| 反應變量：鐵釘鏽蝕。             | 檢測方法：觀察鐵釘鏽蝕現象發生。                                               |

### 三、設計實驗步驟

- 1.在試管①中把鐵釘放在一團濕棉花球上，使鐵釘與空氣和水接觸；
- 2.在試管②中放入鐵釘，注入經煮沸迅速冷卻的蒸餾水，蒸餾水要浸沒鐵釘，然後在水面上注入一層植物油，使鐵釘只與水接觸；
- 3.在試管③中加入少量乾燥劑（袋裝餅乾等食品中放的小袋中有氯化鈣乾燥劑），再放一團乾棉球，把鐵釘放在乾棉球上，塞緊橡皮塞，使鐵釘只與空氣接觸。
- 4.注意每天觀察鐵釘鏽蝕的現象，連續觀察約一周。



#### 四、推論可能的實驗結果和相應的實驗結論

##### 1.第一組實驗對照組：

(1) ①號和②號試管的鐵釘皆無鏽蝕現象（或差異不顯著），則「鐵生鏽需要水」的假設不成立。

(2) ①號試管的鐵釘發生鏽蝕現象，②號試管的鐵釘無鏽蝕現象（或差異顯著），則「鐵生鏽需要水」的假設成立；該實驗結果說明：鐵生鏽可能需要水。

(3) ①號和②號試管的鐵釘皆發生鏽蝕現象（或差異不顯著），則「鐵生鏽需要水」的假設不成立。

##### 2.第二組實驗對照組：

(1) ①和③號試管的鐵釘皆無鏽蝕現象（或差異不顯著），則「鐵生鏽需要氧氣」的假設不成立。

(2) ①號試管的鐵釘發生鏽蝕現象，③號試管的鐵釘無鏽蝕現象（或差異顯著），則「鐵生鏽需要氧氣」的假設成立；該實驗結果說明：鐵生鏽可能需要氧氣。

(3) ①號和③號試管的鐵釘皆發生鏽蝕現象（或差異不顯著），則「鐵生鏽需要氧氣」的假設不成立。