

解決科學基本問題的理化實驗範例 ——兼談科學過程技能中的變因

楊水平

國立彰化師範大學化學系

本文所舉範例的設計主要是利用科學過程技能解決科學基本問題的六種範例，每種範例的模式都有(一)問題 (Questioning)，(二)產生假說 (Generating hypotheses)，(三)設計實驗 (Designing experiments) 即驗證階段，(四)推論 (Inference)，(五)形成假說 (Formulating hypotheses)，(六)探討新問題 (Investigating for new questions) 等六個過程 (許榮富，民 74 年)。其中產生假說是針對問題所提出的數個假說，然後設計實驗加以驗證假說是否正確，倘若正確即為形成假說。最後的探討新問題是根據實驗中的變因，發掘新問題，依照所提供的範例模式加以解決。本文所舉的範例模式，不講求實驗的誤差或實驗的限制等的批判性討論，也不著重在由問題提出產生假說的過程和由形成假說建立新的解釋或構成原理原則的過程之創造層面 (Creative phase)。

在本文各範例的設計實驗的過程中，特別加入「實驗中所涉及的變因 (variables)」，這與一般教科書的實驗設計不同，其目的是在揭示科學過程技能中變因實為解決科學問題必經的途徑，同時可讓讀者深入瞭解科學過程的重要內涵，遇到科學問題才能有系統、完整地尋求解決之道。除了區別變因之外，還增列「操作型定義 (operational definitions)」 (H. James Funk et al. 1985，王文科，民 75 年)。如果不能區分各種變因和如何下操作型定義，那麼所設計的實驗必會相當的偏離主題，所獲得結論當然也會有相當的瑕疵。

文中所述之各種變因和操作型定義等專有名詞之定義以及六種解決模式中變因和次因子所扮演的角色，請參見文末附錄，可得更深入的了解。

就探討新問題來說，發掘問題的重點為(一)更改或增加自變因中的次因子，(二)將自變因與依變因互換，(三)取控制變因中的某變因為自變因，(四)同時更換自變因和依變因，但

與原問題類似，這些新問題會重覆或延伸，以便讓讀者瞭解科學過程技能可以容易解決科學上的基本問題。

範例一：用觀察或測量的解決模式

(一) 問題A：氯化鈣在水中溶解，會有放熱現象嗎？

(二) 產生假設：有下列三項假說

1. 氯化鈣在水中溶解，會使水溫上升。
2. 氯化鈣在水中溶解，水溫維持不變。
3. 氯化鈣在水中溶解，會使水溫下降。

(三) 設計實驗：

1. 實驗目的：利用測量來驗證假說何者正確。

2. 實驗器材和藥品：

- | | |
|------------|-------------------|
| (1) 氯化鈣 3g | (2) 燒杯(100 mL) 1個 |
| (3) 溫度計 1支 | (4) 蒸餾水 50 mL |

3. 實驗中所涉及的變因和下操作型定義

(1) 涉及的變因：

- ① 自變因：氯化鈣〔次因子只有一個：氯化鈣〕。
- ② 依變因：水溫〔次因子只有一個：某一特定溫度值〕。
- ③ 控制變因：水。

(2) 下操作型定義：

- ① 氯化鈣：用含結晶水的氯化鈣。(或省略，當作實驗誤差。)
- ② 水溫：用攝氏溫度計測量水溫。
- ③ 水：用蒸餾水。(或省略，當作實驗誤差)

4. 實驗步驟：

- (1) 取一個燒杯，加水約二分之一滿。
- (2) 插入一支溫度計，測量水溫並記錄。
- (3) 加3g氯化鈣放在燒杯中，並用溫度計小心地攪拌。
- (4) 測量水的最高溫度並記錄。

5. 測量與記錄：

(1) 加氯化鈣前水溫： 31.3°C

(2) 加氯化鈣後水溫： 36.8°C

(四) 推論：由測量而推論，氯化鈣在水中溶解，會使水溫上升，此結論與產生假說1一致。

(五) 形成假說：氯化鈣在水中溶解，會使水溫上升。

(六) 探討新問題之舉隅：

1. 氯化鈣在酒精中溶解，會有放熱現象嗎？（解決方法與範例一相同）
2. 食鹽在水中溶解，會有放熱現象嗎？（解決方法與範例一相同）
3. 氯化銨在水中溶解，會有放熱現象嗎？（解決方法與範例一相同）
4. 氯化鈣在水中和酒精中溶解，何者放熱較多？（解決方法在範例二）
5. 氯化鈣、氯化鈉和氯化鎂在水中溶解，使水溫改變的高低排列為何？（解決方法在範例二）
6. 所有的氯化物在水中溶解，都會有放熱現象嗎？（解決方法在範例四）
7. 所有的鹽類在水中溶解，都有放熱現象嗎？（解決方法在範例四）
8. 氯化鈣在水中溶解，若氯化鈣的量愈多，則使水溫的變化量愈多嗎？（解決方法在範例五）
9. 氯化鈣在水中溶解，若水的量愈多，則使水溫的變化量愈多嗎？（解決方法在範例五）

範例二：用比較或分類的解決模式

(一) 問題B：氯化鈣、氯化鈉和氯化鎂在水中溶解，使水溫改變的高低排列為何？

(二) 產生假說：有下列六項假說

1. 三種氯化物在水中溶解，使水溫改變的高低排列為：氯化鈣>氯化鈉>氯化鎂。
2. 三種氯化物在水中溶解，使水溫改變的高低排列為：氯化鈣>氯化鎂>氯化鈉。
3. 三種氯化物在水中溶解，使水溫改變的高低排列為：氯化鎂>氯化鈉>氯化鈣。
4. 三種氯化物在水中溶解，使水溫改變的高低排列為：氯化鎂>氯化鈣>氯化鈉。
5. 三種氯化物在水中溶解，使水溫改變的高低排列為：氯化鈉>氯化鈣>氯化鎂。
6. 三種氯化物在水中溶解，使水溫改變的高低排列為：氯化鈉>氯化鎂>氯化鈣。

(三) 設計實驗：

1. 實驗目的：利用測量後加以比較來驗證假說何者正確。

2. 實驗器材及藥品：

- | | | | |
|---------|--------|-----------------|-----|
| (1) 氯化鈣 | 3 g | (2) 氯化鈉 | 3 g |
| (3) 氯化鎂 | 3 g | (4) 燒杯 (100 mL) | 3 個 |
| (5) 溫度計 | 1 支 | (6) 量筒 (50 mL) | 1 支 |
| (7) 蒸餾水 | 150 mL | | |

3. 實驗中所涉及的變因及下操作型定義：

(1) 涉及的變因：

- ① 自變因：氯化物〔次因子有三個：氯化鈣、氯化鈉、氯化鎂〕。
- ② 依變因：水溫〔次因子有三個：三個特定溫度值〕。
- ③ 控制變因：水量、氯化物的量、容器、攪拌方法。

(2) 下操作型定義：

- ① 氯化物：用氯化鈣、氯化鈉和氯化鎂三種氯化物。
- ② 水溫：使用攝氏溫度計測量水溫。
- ③ 水量：用蒸餾水 50 mL。
- ④ 氯化物的量：用氯化物的重量。
- ⑤ 容器：均用 100 mL 玻璃燒杯。
- ⑥ 攪拌方法：使用溫度計手動攪拌。(或省略，當作實驗誤差)

4. 實驗步驟：

- (1) 取三個燒杯並標明 A、B、C，各加入 50 mL 蒸餾水。
- (2) 插入溫度計，測量水溫並記錄。
- (3) 取 3 g 氯化鈣放在燒杯 A 中，用溫度計小心地攪拌，測量水的最高溫度並記錄。
- (4) 分別取 3 g 氯化鈉、氯化鎂放在燒杯中，攪拌和測量如上(1)~(3)步驟並記錄。

5. 測量和記錄：

- (1) 加氯化鈣前後水溫；前：31.1°C，後：36.4°C，水溫差：+5.4°C。
- (2) 加氯化鈉前後水溫；前：31.2°C，後：31.3°C，水溫差：+0.1°C。
- (3) 加氯化鎂前後水溫；前：31.2°C，後：32.0°C，水溫差：+0.8°C。

- (四) 推論：由測量後加以比較而推論，三種氯化物在水中溶解，使水溫改變的高低排列為氯化鈣（水溫差： $+5.4^{\circ}\text{C}$ ） $>$ 氯化鎂（ $+0.8^{\circ}\text{C}$ ） $>$ 氯化鈉（ $+0.1^{\circ}\text{C}$ ）。此結論與產生假設 2 一致。
- (五) 形成假說：三種氯化物在水中溶解，使水溫改變的高低排列為氯化鈣 $>$ 氯化鎂 $>$ 氯化鈉。
- (六) 探討新問題之舉隅：
1. 氯化鈣、氯化鈉和氯化鎂在酒精中溶解，使水溫改變的高低排列為何？是否與在水中溶解的排列相同？（解決方法與範例二相同）
 2. 氯化鈣、氫氧化鈉和濃硫酸在水中溶解，使水溫改變的高低排列為何？（解決方法與範例二相同）
 3. 硝酸鈣、硝酸銅和硝酸鈉在水中溶解，使水溫改變的高低排列為何？（解決方法與範例二相同）
 4. 氫氧化鈉、氯化鈉和硝酸鈉三種鈉鹽在水中溶解，使水溫改變的高低排列為何？（解決方法與範例二相同）
 5. 含結晶水氯化鈣和無水氯化鈣於水中溶解，何者使水溫的上升較高？（解決方法與範例二相同）
 6. 硫酸、鹽酸和硝酸各為 6 M 在水中溶解，使水溫改變的高低排列為何？（解決方法與範例二相同）

範例三：用辨正法的解決模式

(一) 問題 C：無水氯化鈣吸收空氣中的什麼成份，使氯化鈣變重？

(二) 產生假說：有下列 n 項假說

1. 無水氯化鈣吸收空氣中的氧氣，使氯化鈣變重。
2. 無水氯化鈣吸收空氣中的氮氣，使氯化鈣變重。
3. 無水氯化鈣吸收空氣中的氫氣，使氯化鈣變重。
4. 無水氯化鈣吸收空氣中的二氧化碳，使氯化鈣變重。
- ：
- n . 無水氯化鈣吸收空氣中的水蒸氣，使氯化鈣變重。

(三) 設計實驗：

1. 實驗目的：利用連續嘗試錯誤的辨正法來驗證假設何者正確。

2. 實驗器材及藥品：

- (1) 無水氯化鈣 若干克
- (2) 試管 (15 mL) 1 支
- (3) 透明膠布 1 片
- (4) 氯化亞鈷試紙 1 張
- (5) 其他 (視需要而定)

3. 實驗中所涉及的變因和下操作型定義：

(1) 涉及的變因：

- ① 自變因：檢驗方法〔次因子有 n 個： n 個不同檢驗的方法〕。
- ② 依變因：空氣成份〔次因子有 n 個：空氣中的 n 個不同成份〕。
- ③ 控制變因：無水氯化鈣。

(2) 下操作型定義：

- ① 檢驗方法：利用物理和化學的基本方法檢驗空氣各成份。
- ② 空氣的成份：地球表面的空氣成分。
- ③ 無水氯化鈣：將 10 g 氯化鈣放在 200°C 烘箱內加熱 3 小時。

4. 實驗步驟：

- (1) 設計檢驗無水氯化鈣吸收氧氣方法之步驟。(略)
- (2) 設計檢驗無水氯化鈣吸收氮氣方法之步驟。(略)
- (3) 設計檢驗無水氯化鈣吸收氫氣方法之步驟。(略)
- (4) 設計檢驗無水氯化鈣吸收二氧化碳方法之步驟。(略)
- ：
- (n) ① 取一支乾淨試管。
- ② 剪一片 3×3 公分透明膠布，中央貼一小片 0.7×0.7 公分的粉紅色氯化亞鈷試紙。
- ③ 將約 3 g 無水氯化鈣放入試管中。
- ④ 將該試紙對準試管口中間並迅速地將膠布貼緊試管口。
- ⑤ 靜置一段時間，觀察氯化亞鈷試紙的變化。

5. 檢驗方法之記錄：

- (1) 無水氯化鈣吸收氧氣方法之記錄。(略)
- (2) 無水氯化鈣吸收氮氣方法之記錄。(略)
- (3) 無水氯化鈣吸收氫氣方法之記錄。(略)
- (4) 無水氯化鈣吸收二氧化碳方法之記錄。(略)

：

(n) 無水氯化鈣能使粉紅色氯化亞鈷試紙變為藍色。

(四) 推論：由上述檢驗方法可推論，無水氯化鈣吸收空氣中的水蒸氣，使氯化鈣變重。

此結論與產生假設 n.一致。

(五) 形成假說：無水氯化鈣吸收空氣中的水蒸氣，使氯化鈣變重。

(六) 探討新問題之舉隅：

1. 氫氧化鈉潮解增重是吸收空氣中的那一或那些成份？（解決方法與範例三相同）
2. 氫氧化鈉固體和氯化銨固體混合加水後，產生的氣體是什麼？（解決方法與範例三相同）
3. 大理石加鹽酸產生的氣體是什麼？（解決方法與範例三相同）
4. 鎂帶加鹽酸所產生的氣體是什麼？（解決方法與範例三相同）
5. 氨氣和鹽酸煙霧混合產生的白色煙霧是什麼？（解決方法與範例三相同）
6. 碘化氫和過氧化氫混合所產生的紫色固體為何物？（解決方法與範例三相同）
7. 銅和濃硫酸混合加熱所產生的氣體是何物？（解決方法與範例三相同）
8. 鈉放入水中所產生的氣體是什麼？（解決方法與範例三相同）

範例四：用例外或否定的解決模式

(一) 問題 D：所有的氯化物在水中溶解，都會有放熱現象嗎？

(二) 產生假說：有下列二項假說

1. 所有的氯化物在水中溶解，都會使水溫上升。
2. 只有部份的氯化物在水中溶解，會使水溫上升。

(三) 設計實驗：

1. 實驗目的：利用找出例外的實例來驗證假說何者正確。
2. 實驗器材及藥品：

(1) 氯化鈣	3 g	(2) 氯化鈉	3 g
(3) 氯化鋇	3 g	(4) 氯化銨	3 g
(5) 氯化鎂	3 g	(6) 燒杯 (100mL)	1 個
(7) 溫度計	1 支	(8) 量筒 (50 mL)	1 支
(9) 蒸餾水	若干 mL	(10) 其他 (視需要而定)	

3. 實驗中所涉及的變因和下操作型定義：

(1) 涉及的變因：

- ① 自變因：氯化物〔次因子有 n 個：所有 n 個不同的氯化物〕。
- ② 依變因：水溫〔次因子有 n 個： n 個特定溫度值〕。
- ③ 控制變因：水量、氯化物的量、容器、攪拌方法。

(2) 下操作型定義：

- ① 氯化物：所有含氯離子的化合物。
- ② 水溫：利用攝氏溫度計測量水溫。
- ③ 水量：皆用蒸餾水 50 mL。
- ④ 氯化物的量：氯化物的重量。
- ⑤ 容器：皆用同一個 100 mL 玻璃燒杯。
- ⑥ 攪拌方法：皆用溫度計手動攪拌。（或省略，當作實驗誤差）

4. 實驗步驟：

- (1) ① 取一個燒杯，加入 50 mL 蒸餾水。
- ② 插入溫度計，測量水溫並記錄。
- ③ 取 3 g 氯化鈣放在燒杯中，用溫度計小心地攪拌，測量水的最高溫度並記錄。
- (2) 以氯化鈉代替氯化鈣，步驟與(1)相同。
- (3) 以氯化鋇代替氯化鈣，步驟與(1)相同。
- (4) 以氯化鎂代替氯化鈣，步驟與(1)相同。
- ⋮
- (n) 以氯化銨代替氯化鈣，步驟與(1)相同。

5. 測量與記錄：

- (1) 加氯化鈣前後水溫；前： 31.1°C ，後： 36.3°C ，水溫差： $+5.2^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 加氯化鈉前後水溫；前： 31.1°C ，後： 31.2°C ，水溫差： $+0.1^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 加氯化鋇前後水溫；前： 31.0°C ，後： 31.1°C ，水溫差： $+0.1^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) 加氯化鎂前後水溫；前： 31.0°C ，後： 31.1°C ，水溫差： $+0.8^{\circ}\text{C}$ 。
- ⋮
- (n) 加氯化銨前後水溫；前： 31.0°C ，後： 27.1°C ，水溫差： -3.9°C 。

(四) 推論：由測量數據而推論，除氯化銨(等)在水中溶解，使水溫下降外，其餘的氯化物在水中溶解，均使水溫上升。此結論與產生假說 2 一致。

(五) 形成假說：只有部份的氯化物在水中溶解，會使水溫上升。

(六) 探討新問題之舉隅：

1. 所有的鹽類在水中溶解，都有放熱現象嗎？（解決方法與範例四相同）
2. 所有能與水互溶的液體溶於水中，都會有放熱現象嗎？（解決方法與範例四相同）
3. 所有的無機酸在水中溶解，都會有放熱現象嗎？（解決方法如範例四或在範例五）
4. 所有能溶於水中的硝酸根鹽類在水中溶解，都會有放熱現象嗎？（解決方法與範例四相同）
5. 所有的氫氧化鈉溶液和金屬離子作用的產物，都能溶解在水中嗎？（解決方法與範例四相同）

範例五：用歸納法的解決模式

(一) 問題E：氯化鈣在水中溶解，若氯化鈣的量愈多，則水溫的變化量愈大嗎？

(二) 產生假說：有下列三項假說

1. 氯化鈣在水中溶解，若氯化鈣的量愈多，則水溫的變化量愈大。
2. 氯化鈣在水中溶解，氯化鈣的量與水溫的變化量無關。
3. 氯化鈣在水中溶解，若氯化鈣的量愈多，則水溫的變化量愈小。

(三) 設計實驗：

1. 實驗目的：利用歸納法來驗證假說何者正確。

2. 實驗器材及藥品：

- | | | | |
|----------------|------|-----------------|--------|
| (1) 氯化鈣 | 14 g | (2) 燒杯 (100 mL) | 5 個 |
| (3) 量筒 (50 mL) | 1 支 | (4) 溫度計 | 1 支 |
| (5) 方格紙 | 1 張 | (6) 蒸餾水 | 250 mL |

3. 實驗中所涉及的變因和下操作型定義：

(1) 涉及的變因：

① 自變因：氯化鈣的量〔次因子有 n 個：取 n 個不同重量的氯化鈣〕。

② 依變因：水溫〔次因子有 n 個：有 n 個特定的溫度值〕。

③ 控制變因：水量、容器、攪拌方法。

(2) 下操作型定義：

- ① 氯化鈣的量：氯化鈣的重量。
- ② 水溫：用攝氏溫度計測量水溫。
- ③ 水量：皆用蒸餾水 50 mL。
- ④ 容器：皆用 100 mL 玻璃燒杯。
- ⑤ 攪拌方法：用溫度計手動攪拌。（或省略，當作實驗誤差）

4. 實驗步驟：

- (1) 取 5 個燒杯分別標示 A、B、C、D、E 並分別放入 50mL 蒸餾水。
- (2) 用溫度計測量燒杯的水溫並記錄於表一。
- (3) 取 1 g 氯化鈣放在燒杯 A 中，用溫度計小心地攪拌，測量水的最高溫度並記錄於表一。
- (4) 分別取 2 g、3 g、4 g、5 g 氯化鈣放入燒杯 B、C、D、E 中，測量、攪拌和記錄如上步驟。

5. 測量和記錄：（包括作表和作圖）

表一 氯化鈣的溶解與水溫的變化

加氯化鈣 前後	氯化鈣重量(g) 溫度 (°C)	1	2	3	4	5
加氯化鈣前水溫		31.1	31.1	31.1	31.1	31.1
加氯化鈣後水溫		33.1	34.5	36.5	38.4	40.0
水溫變化量		+2.0	+3.4	+5.4	+7.3	+8.9

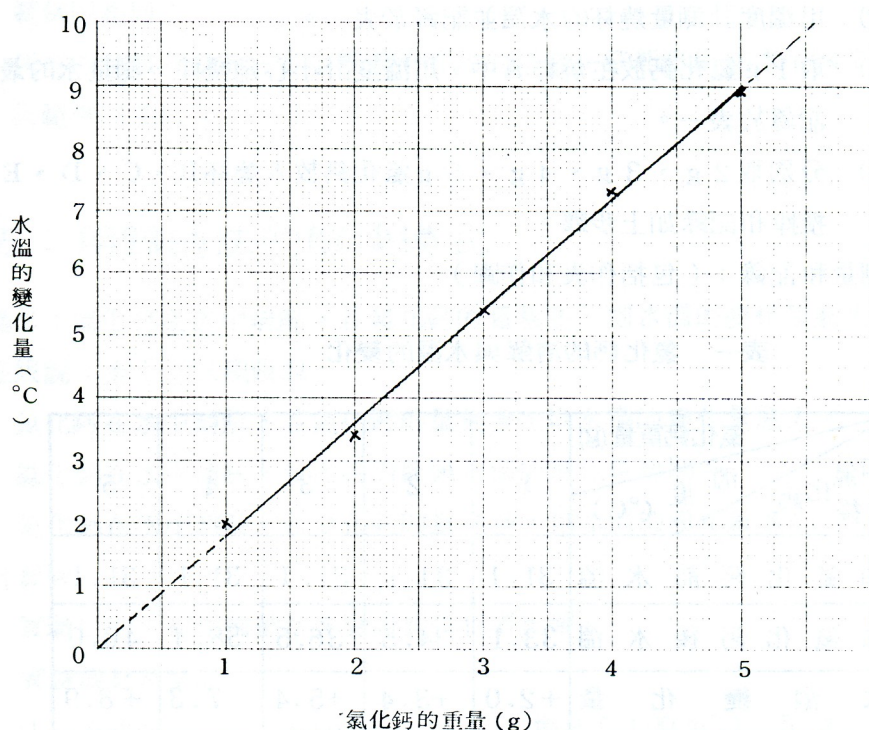
(四) 推論：由圖一關係曲線而推論，氯化鈣在水中溶解，若氯化鈣的量愈多，則水溫的變化量愈大。此結論與產生假說 1. 一致。

(五) 形成假說：氯化鈣在水中溶解，若氯化鈣的量愈多，則水溫的變化量愈大。

(六) 探討新問題之舉隅：

1. 氯化鈣在水中溶解，若水的量愈多，則水溫的變化量愈大嗎？（解決方法與範例五相同）

2. 氯化銨在水中溶解，若氯化銨的量愈多，則水溫的變化量愈大嗎？（解決方法與範例五相同）
3. 氯化鈣在酒精中溶解，若氯化鈣的量愈多，則酒精溫度的變化量愈大嗎？（解決方法與範例五相同）
4. 氯化鈣、氯化鎂在水中溶解，若氯化物的量愈多，則水溫的變化量愈大嗎？（解決方法在範例六）
5. 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨在水中溶解，若氯化物的量愈多，則水溫變化量愈大嗎？（解決方法在範例六）



圖一 氯化鈣的溶解與水溫的變化

範例六：用多次的歸納法的解決模式

- (一) 問題 F：氯化鈣、氯化鎂和氯化銨在水中溶解，若氯化物的量愈多，則水溫變化量愈大嗎？

(二) 產生假說：有下列三項假說

1. 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨在水中溶解，若氯化物的量愈多，則水溫上升或下降的變化量愈大。
2. 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨在水中溶解，三種氯化物的量與水溫上升或下降的變化量沒有一定的關係。
3. 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨在水中溶解，若氯化物的量愈多，則水溫上升或下降的變化量愈小。

(三) 設計實驗：

1. 實驗目的：利用多次的歸納法來驗證假說何者正確。

2. 實驗器材及藥品：

(1) 氯化鈣	14 g	(2) 氯化鎂	14 g
(3) 氯化銨	14 g	(4) 燒杯 (100mL)	5 個
(5) 量筒 (50mL)	1 支	(6) 溫度計	1 支
(7) 方格紙	1 張	(8) 蒸餾水	750 mL

3. 實驗中所涉及的變因和下操作型定義：

(1) 涉及的變因：

- ① 自變因：(a)氯化物〔次因子有三個：氯化鈣、氯化鎂和氯化銨〕。
(b)氯化物的量〔次因子有 $3 \times n$ 個：每一種氯化物各有 n 個次因子〕。

② 依變因：水溫〔次因子有 $3 \times n$ 個：有 $3 \times n$ 個特定的溫度值〕。

③ 控制變因：水量、容器、攪拌方法。

(2) 下操作型定義：

① 氯化物：指氯化鈣、氯化鎂和氯化銨。

② 氯化物的量：氯化物的重量。

③ 水溫：用攝氏溫度計測量水溫。

④ 水量：均用蒸餾水 50 mL。

⑤ 容器：均用 100 mL 玻璃燒杯。

⑥ 攪拌方法：用溫度計手動攪拌。（或省略，當作實驗誤差）

4. 實驗步驟：

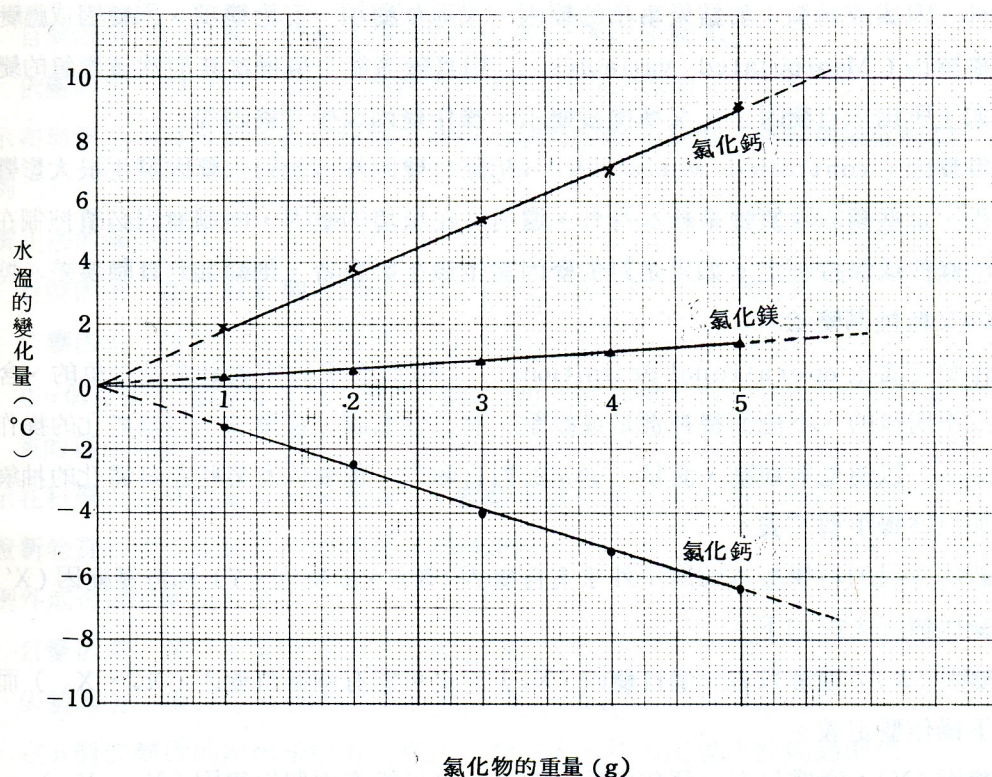
- (1) 取 5 個燒杯分別標示 A、B、C、D、E 並分別放入 50 mL 蒸餾水。

- (2) 用溫度計測量燒杯A的水溫並記錄於表二。
 - (3) 取 1 g 氯化鈣放在燒杯A中，用溫度計小心地攪拌，測量水的最高溫度並記錄於表二。
 - (4) 分別取 2 g，3 g，4 g，5 g 氯化鈣放入燒杯B、C、D、E中，測量、攪拌和記錄如上步驟(1)~(3)。
 - (5) 以氯化鎂代替氯化鈣，步驟如上(1)~(4)。
 - (6) 以氯化銨代替氯化鈣，步驟如上(1)~(4)。
5. 測量和記錄：(包括作表和作圖)

表二 不同氯化物的溶解與水溫的變化

重量(g)	氯化物 加氯化物前 溫度(°C) 後	氯化鈣			氯化鎂			氯化銨		
		前	後	水溫差	前	後	水溫差	前	後	水溫差
1		31.2	33.1	+1.9	31.3	31.6	+0.3	31.2	29.9	-1.3
2		31.2	35.0	+3.8	31.3	31.8	+0.5	31.3	28.8	-2.5
3		31.2	36.6	+5.4	31.3	32.1	+0.8	31.3	27.3	-4.0
4		31.3	38.3	+7.0	31.3	32.4	+1.1	31.2	26.0	-5.2
5		31.3	40.4	+9.1	31.3	32.7	+1.4	31.2	24.8	-6.4

- (四) 推論：由圖二關係曲線可推論，氯化鈣、氯化鎂和氯化銨在水中溶解，若氯化物的量愈多，則水溫上升或下降的變化量愈大。此結論與產生假說 1.一致。
- (五) 形成假說：氯化鈣、氯化鎂和氯化銨在水中溶解，若氯化物的量愈多，則水溫上升或下降的變化量愈大。
- (六) 探討新問題之舉隅：
1. 硫酸、鹽酸和硝酸各為 6M 溶於水，若酸的量愈多，則水溫改變量愈大嗎？
(解決方法與範例六相同)
 2. 氫氧化鈉、氯化鈉和蔗糖的未飽和水溶液，若重量百分濃度愈大，則其密度愈大嗎？(解決方法與範例六相同)



圖二 不同氯化物的溶解與水溫的變化

附錄：專有名詞的界定

在本篇所述各種變因和操作型定義等專有名詞之定義以及六種解決模式中變因和次因子所扮演的角色簡釋如下：

- (一) 變因 (variables)：指實驗者所操縱、控制或觀察測量的條件、因素或特徵。在測量上分為名義變因（屬性變因）、次序變因、等距變因及比率變因。變因又稱變項、變數、因素、因子或因元。
- (二) 次因子 (subvariables 或 subfactors)：指實驗中某變因中的某一特定觀察現象、測量值或某一特定條件、事件、物質。
- (三) 自變因 (Independent variables)：指實驗者試圖確定所要觀察現象或測量值的關係時，所主導操縱的條件、因素和特徵；即原因事項的變因。又稱自變項、主變項、主變因、獨立變項、獨變項或對應數。

- (四) 依變因 (dependent variables)：指實驗者導入或改變自變因時，出現或改變的條件、因素或特徵；即結果事項的變因。又稱依變項、反應變項、因變因或應變數。
- (五) 操縱變因 (Manipulated variables)：指實驗者能主導操縱其層次或數值的變因；即如上所指「自變因」。又稱操縱變項、操作變因或操弄變因等。
- (六) 控制變因 (controlled variables)：指除自變因外可能對依變因發生很大影響的變因，這些變因除實驗系統本身外，還有外在環境的變因，控制變因必須控制在相同的條件或保持恒定。如果是對依變因發生微小影響者，則歸類到實驗誤差。控制變因又稱控制變項。
- (七) 操作型定義 (operational definitions)：指概念名詞定義通常是抽象的、含糊的或不明確的，不能直接被測量或觀察，將這些名詞（或變項）以具體化的操作方式表示，以便能夠觀察、測量。通常針對自變因、依變因及某些非具體化的抽象名詞加以下操作型定義。

一般所探討的科學基本問題不外乎有自變因 (X)、依變因 (Y) 和控制變因 (X')，其中各變因情況大約如下：

- (一) 自變因 (X)：通常只有一個自變因 (X_a)，也可能有兩個自變因 (X_a, X_b) 而且可下操作型定義。
- (二) 依變因 (Y)：通常只有一個依變因 (Y_a)，也可能有兩個依變因 (Y_a, Y_b)，但問題就變得複雜，可下操作型定義。
- (三) 控制變因 (X')：探討問題會遇到很多變因影響依變因，除實驗系統本身的變因外，還有外在環境引起的變因，這些變因可能再細分更多的次因子。

如 X_a' ：細分為 $X_{a_1}', X_{a_2}', X_{a_3}' \dots$ 等次因子，

X_b' ：細分為 $X_{b_1}', X_{b_2}', X_{b_3}' \dots$ 等次因子，

X_c' ：細分為 $X_{c_1}', X_{c_2}', X_{c_3}' \dots$ 等次因子，

⋮

由上述自變因和依變因間的關係，基本的科學問題大致可分為下列六種不同層次的問題及解決模式。

- (一) 用觀察或測量的解決模式：

1. 自變因有一項且只有一個次因子 (X_{a_1})；
2. 依變因有一項且只有一個次因子 (Y_{a_1})。

顯示在科學上的意義是某一個特定的測量值、觀察現象或特徵。如範例一。

(二) 用比較或分類的解決模式：

1. 自變因有一項且有二個或三個次因子 (X_{a_1} , X_{a_2} 或加 X_{a_3})；

2. 依變因有一項且有二個或三個次因子 (Y_{a_1} , Y_{a_2} 或加 Y_{a_3})。

顯示在科學上的意義是比較或分類二個或三個特定的測量值、觀察現象或特徵。如範例二。

(三) 用辨正法的解決模式：

1. 自變因有一項且有 n 個次因子 (X_{a_1} , X_{a_2} , X_{a_3} , …, X_{a_n})；

2. 依變因有一項且有 n 個次因子 (Y_{a_1} , Y_{a_2} , Y_{a_3} , …, Y_{a_n})。

在 n 個自變因的次因子中有一個或一個以上可支持依變因的一個或一個以上的新物質的產生或新事件之發現。

顯示在科學上的意義是在 n 個測量值、觀察現象或特徵中，有一個或一個以上可以驗證新物質的產生或新事件的發現。如範例三。

(四) 用例外或否定的解決模式：

1. 自變因有一項且有 n 個次因子 (X_{a_1} , X_{a_2} , X_{a_3} , …, X_{a_n})；

2. 依變因有一項且有 n 個次因子 (Y_{a_1} , Y_{a_2} , Y_{a_3} , …, Y_{a_n})。

在 n 個依變因的次因子中有一個或一個以上無法形成規律性或通則化。

顯示在科學上的意義是在 n 個測量值、觀察現象或特徵中，無法形成或只有部份形成規律性或通則化。如範例四。

(五) 用歸納法的解決模式：

1. 自變因有一項且有 n 個次因子 (X_{a_1} , X_{a_2} , X_{a_3} , …, X_{a_n})；

2. 依變因有一項且有 n 個次因子 (Y_{a_1} , Y_{a_2} , Y_{a_3} , …, Y_{a_n})。

在依變因的 n 個次因子中可形成規律性或通則化。

此驗證方法原必須一直地進行，處理非常多的實驗數據，但是科學方法上可利用有限的數據，利用內插法和外推法，進行歸納的驗證。

顯示在科學上的意義是在 n 個測量值、觀察現象或特徵有規律性或通則化。如範例五。

(六) 用多次的歸納法的解決模式：

1. 自變因有二項，其中一項自變因有二個或三個次因子 (X_{a_1} , X_{a_2} 或加 X_{a_3})，

另一項自變因之於前某一次因子有 n 個次因子 (X_{b_1} , X_{b_2} , X_{b_3} , …, X_{b_n})；

2. 依變因有一項且共有 $2n$ 或 $3n$ 個次因子 ($Y_{a_1}, Y_{a_2}, Y_{a_3}, \dots, Y_{a_n}; Y_{b_1}, Y_{b_2}, Y_{b_3}, \dots, Y_{b_n}$ 或加 $Y_{c_1}, Y_{c_2}, Y_{c_3}, \dots, Y_{c_n}$)。

此驗證方法與(五)相似，都是歸納法，只是一項自變因中的次因子多一個或二個（如多一種或兩種物質），在處理數據方面大約為(五)的兩倍或三倍。二個或三個次因子（如二種或三種物質）分別所相對的 n 個次因子可使其分別地形成規律性或通則化。

顯示在科學上的意義是如三種物質的測量值、觀察現象或特徵有不同程度的規律性或通則化。如範例六。

參考書目

1. 王文科，民 75 年，教育研究法，臺北市五南圖書公司。
2. 洪蘭和曾志朗合譯，民 78 年，心理學實驗研究法，臺北市遠流公司。
3. 許榮富，民 74 年，科學探究的模式，國立臺灣師範大學學術演講專集第一輯，國立臺灣師範大學主編。
4. 歐滄和、李茂能合編，民 74 年，社會科學研究辭典，高雄市復文圖書出版社。
5. H. James Funk, Ronald L. Fiel, James R. Okey and Harold H. Jaus, 1985, Learning Science process Skills (2nd edition), Kendall/Hunt publishing company.