

# 科學過程技能中的資料處理和解釋 之教學實例

楊水平

國立彰化師範大學化學系

英國 A P U 對科學探究中解決科學問題提出一個模式，此模式中的「記錄數據」和「解釋數據並下結論」，即為「資料處理」，它是使整個實驗過程完整且具有意義的重要步驟。許榮富（民 77 年）引述 K. Popper 說實驗數據的處理及實驗數據的解釋（下結論）是科學探究中不可或缺的重要步驟。

美國 SAPA II 將科學過程技能分為觀察等八項基本過程技能 and 解釋資料等五項統整過程技能，基本過程技能是幼稚園到國小三年級學生所必須學習的技能，統整過程技能是國小四年級到六年級或以上的學生所必須學習的技能。然而國內研究報告顯示：有關資料處理和解釋方面，開放式問答題的通過率較封閉式選擇題低很多。江武雄等（民 78 年）發現國三和高二學生對於作圖能力（含刻度選擇、變因和單位標示於兩軸、畫曲線等）之通過率分別為 36 % 和 48 %，畫出圓滑曲線的能力很低，兩者的通過率均約 1 % 左右。毛松霖（民 77 年）認為曲線變化率的認識以及自行根據已知資訊以關係曲線圖方式表現之能力，以選擇題或填充題或開放式的文字或圖形說明，其難度層次差距甚大。許榮富（民 77 年）發現我國中小學學生之「下結論技能」，選擇式均較作答式為優。因此，對科學過程技能的教學宜加強。

本文的教材編有三個實驗單元，各單元分別有(1)實驗教材，(2)實驗報告紙和(3)參考答案。實驗 A 和 B 係改編自楊水平（民 79 年）的「解決科學基本問題的理化實驗範例」，實驗 C 係改編自王佩蓮和許順吉（民 73 年）的「“反應速率與溫度的關係”實驗的探討與改進」；在參考答案中資料處理分為作表和作圖，資料解釋分為描述性、定性和定量的不同層次之三種解釋。在教學上採探究教學法為主，在教學程序上採學生撰寫實驗報告後發給參考答案再討論或解說，引起學生的注意或心智衝突。此教學曾在八十年暑假的國中優秀學生、國中資優學生和高中資優學生的科學研習活動實施過教學。由教學中觀察、從實驗報告中和問卷調查後發現：學生的資料處理和解釋的技能是可經由教學而獲得。

## 一、教材部分

本教材分三個實驗單元A、B和C，可供不同程度學生的教學之用。

### (一) 實驗教材

#### 實驗A 氯化鈣在水中溶解與水溫度變化情形

1. 問題：氯化鈣在定量的水中溶解，若氯化鈣的質量愈大，則水溫的變化量愈大嗎？

2. 產生假說：有下列三項

- (1) 氯化鈣在定量的水中溶解，若氯化鈣的質量愈大，則水溫的變化量愈大。
- (2) 氯化鈣在定量的水中溶解，氯化鈣的質量與水溫的變化量無關。
- (3) 氯化鈣在定量的水中溶解，若氯化鈣的質量愈大，則水溫的變化量愈小。

3. 設計實驗：

(1) 實驗目的：利用歸納法來驗證上列三種假說何者正確？

(2) 實驗器材及藥品：

- |            |       |             |     |
|------------|-------|-------------|-----|
| ① 無水氯化鈣    | 14 g  | ② 燒杯(100mL) | 5 個 |
| ③ 量筒(50mL) | 1 支   | ④ 溫度計       | 1 支 |
| ⑤ 蒸餾水      | 250mL | ⑥ 三杆天平      | 1 台 |
| ⑦ 標籤紙      | 1 小張  |             |     |

(3) 實驗中所涉及的變因：

- ① 自變因：氯化鈣的質量。
- ② 依變因：水溫的變化量。
- ③ 控制變因：無水氯化鈣、蒸餾水量、容器和攪拌方法。

(4) 實驗步驟：

以下測量值以及4.推論和5.形成假說，請填寫在實驗報告紙A。

- ① 取5個100mL的燒杯分別標示A、B、C、D和E並分別盛入50.0mL蒸餾水。
- ② 用溫度計測量燒杯的水溫並記錄於表一。
- ③ 分別取1.0g、2.0g、3.0g、4.0g和5.0g氯化鈣放入燒杯A、B、C、D和E中，用溫度計小心地攪拌，測量此水溶液的最高溫度並記錄於表一。

- ④ 資料處理（含作表與作圖）和解釋。
- 4. 推論：（根據資料解釋加以推論）
- 5. 形成假說：（那一項產生假說與推論符合）

#### 實驗B 氯化物在水中溶解與水溫變化情形

1. 問題：氯化鈣、氯化鎂和氯化銨分別在定量的水中溶解，若氯化物的質量愈大，則水溫的變化量愈大嗎？
2. 產生假說：有下列三項
  - (1) 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨分別在定量的水中溶解，若氯化物的質量愈大，則水溫上升或下降的變化量愈大。
  - (2) 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨分別在定量的水中溶解，氯化物的質量與水溫上升或下降的變化量沒有一定的關係。
  - (3) 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨分別在定量的水中溶解，若氯化物的質量愈大，則水溫上升或下降的變化量愈小。
3. 設計實驗：
  - (1) 實驗目的：利用多次的歸納法來驗證上列三種假說何者正確？
  - (2) 實驗器材與藥品：

|          |         |      |
|----------|---------|------|
| ① 與實驗A相同 | ② 無水氯化鎂 | 14 g |
| ③ 無水氯化銨  | 14 g    |      |
  - (3) 實驗中所涉及的變因：
    - ① 自變因：(a)氯化物， (b)氯化物的質量。
    - ② 依變因：水溫的變化量。
    - ③ 控制變因：無水氯化物、蒸餾水量、容器和攪拌方法。
  - (4) 實驗步驟：

以下測量值以及4.推論和5.形成假說，請填寫在實驗報告紙B。表二中氯化鈣的實驗數據可抄自實驗A。

    - ① 如實驗A之實驗步驟①～③。
    - ② 以氯化鎂、氯化銨代替氯化鈣，步驟如上①。
    - ③ 資料處理（含作表和作圖）和解釋。
4. 推論：（根據資料解釋加以推論）

## 5. 形成假說：（那一個產生假說與推論符合）

## 實驗C 溫度與化學反應速率的關係

## 1. 問題：化學反應速率隨溫度的升高而加快嗎？

## 2. 產生假說：有下三項

- (1) 過氧化苯甲醯和苯胺的反應速率隨溫度的升高而加快。
- (2) 過氧化苯甲醯和苯胺的反應速率與溫度之間無一定的關係。
- (3) 過氧化苯甲醯和苯胺的反應速率隨溫度的升高而減慢。

## 3. 設計實驗：

## (1) 實驗目的：利用過氧化苯甲醯和苯胺反應來驗證上列三種假說何者正確？

## (2) 實驗器材及藥品：

- |                            |     |              |       |
|----------------------------|-----|--------------|-------|
| ① 塑膠試管(12×95mm)            | 10支 | ② 試管夾        | 2支    |
| ③ 大燒杯(500mL)               | 1個  | ④ 小燒杯(100mL) | 1個    |
| ⑤ 滴管                       | 1支  | ⑥ 馬錶         | 1個    |
| ⑦ 藥匙                       | 1支  | ⑧ 溫度計        | 1支    |
| ⑨ 標籤紙                      | 1小張 | ⑩ 冰塊和沸水      | 若干    |
| ⑪ 過氧化苯甲醯(Benzoyl peroxide) |     |              | 約20克  |
| ⑫ 苯胺(Aniline)              |     |              | 約10mL |

## (3) 實驗中所涉及的變因：

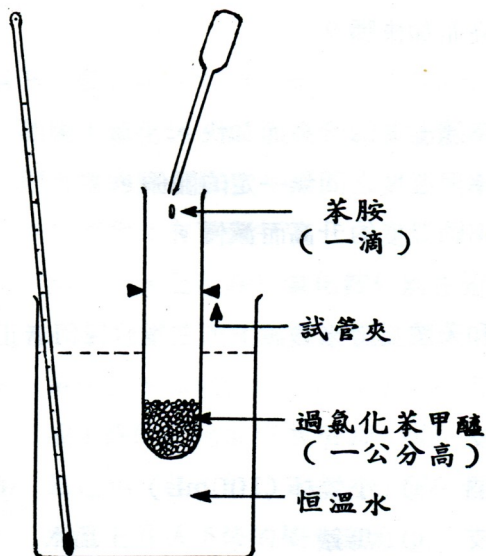
- ① 自變因：溫度。
- ② 依變因：反應速率。
- ③ 控制變因：過氧化苯甲醯的量、過氧化苯甲醯粒子大小、苯胺的量和恆溫裝置。

## (4) 實驗步驟：

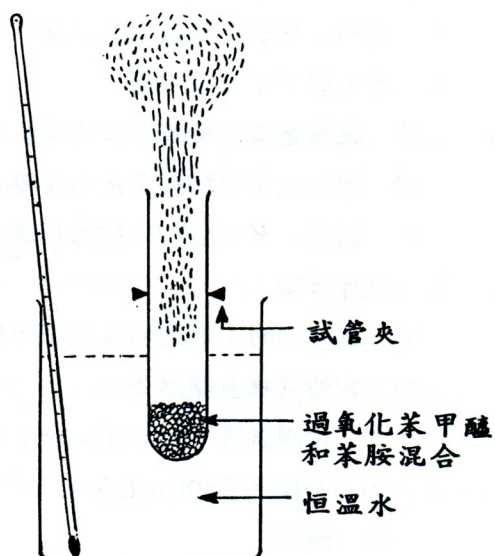
以下測量值以及4.推論和5.形成假說，請填寫在實驗報告紙C。在學生未操作實驗之前，先由教師示範在室溫時的實驗並講解注意事項。

- ① 在10支塑膠試管中分別標示A、B、……和J並各加入1.0 cm高的過氧化苯甲醯。（如粒子連成塊狀，利用藥匙或玻棒攪成均勻狀。）
- ② 把試管A放入大燒杯的水中並插入溫度計，使溫度控制在10°C～60°C之間的任何一值（每間隔約5°C），並使試管在水中保持恆溫達五分鐘，如

圖a所示。(可加少許的熱水或冷水以維持熱平衡且隨時搖動試管以利平衡)



圖a 反應系統恒溫裝置



圖b 滴苯胺後產生白色煙霧

- ③ 用滴管小心地滴入一滴苯胺在過氧化苯甲醯上並開始計時。(若不慎將苯胺滴到試管內壁，則實驗可能有誤差，要重新操作。)
- ④ 看到白色煙霧出現如圖b所示，立即停止計時，記錄所需時間和水溫於表三。
- ⑤ 其他各支試管B、C、……和J的操作步驟如上②~④。
- ⑥ 資料處理(含作表和作圖)和解釋。

4. 推論：(根據資料解釋加以推論)

5. 形成假設：(那一項產生假說與推論符合)

## (二) 實驗報告紙

在報告紙上分配有作表、作圖、推論、形成假說和不同的資料解釋之五個空格。在作圖空格內只附方眼紙，餘由學生自由填答；在不同的資料解釋空格內寫有“如果資料處理後，除在推論時所作的資料解釋外，認為尚可作不同的資料解釋者，請寫在背面，若需要方眼紙者，請向老師索取。”

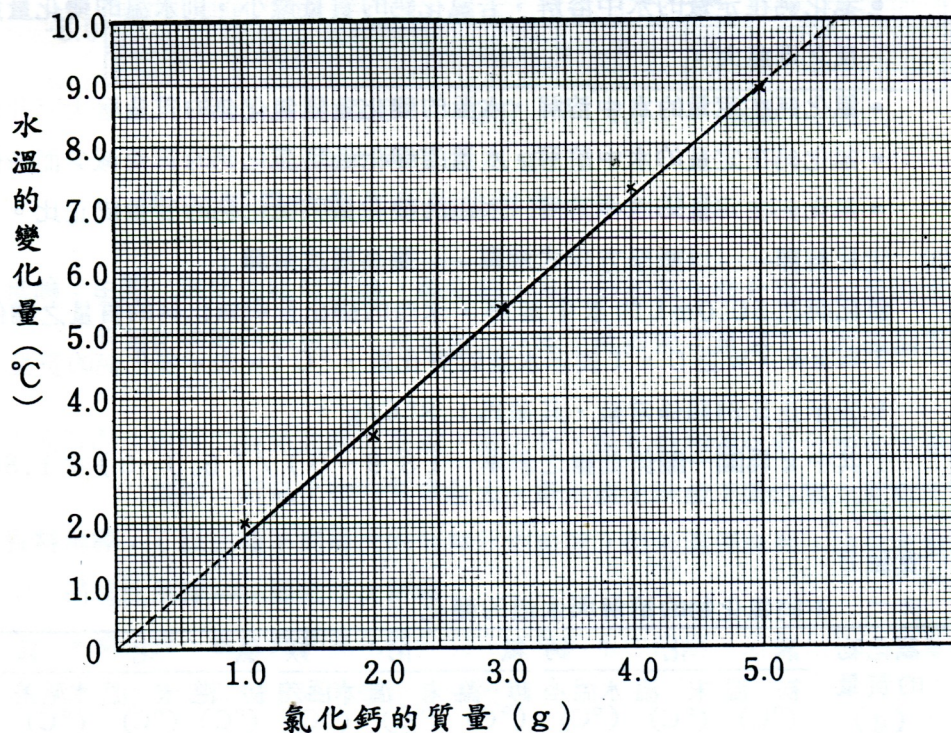
## (三) 參考答案

## 1. 實驗A

表一 氯化鈣的溶解與水溫的變化

| 變化量<br>(°C) | 溫度<br>(°C) | 氯化鈣的質量<br>(g) |      |      |      |      |
|-------------|------------|---------------|------|------|------|------|
|             |            | 1.0           | 2.0  | 3.0  | 4.0  | 5.0  |
| 初           | 溫          | 31.1          | 31.1 | 31.1 | 31.1 | 31.1 |
| 末           | 溫          | 33.1          | 34.5 | 36.5 | 38.4 | 40.0 |
| 水溫的變化量      |            | +2.0          | +3.4 | +5.4 | +7.3 | +8.9 |

〔亦可採用如表二的格式〕



圖一 氯化鈣的溶解與水溫的變化

推論：由圖一關係曲線可推論，氯化鈣在定量的水中溶解，若氯化鈣的質量愈大，則水溫的變化量愈大。此推論與產生假說(1)一致。

形成假說：氯化鈣在定量的水中溶解，若氯化鈣的質量愈大，則水溫的變化量愈大。

資料解釋：（以三種不同層次的解釋分別敘述）

(1) 描述性解釋——屬低層次解釋，其描述有如下數種：

- 氯化鈣在定量的水中溶解，氯化鈣的質量與水溫的變化量有關。
- 氯化鈣在定量的水中溶解，氯化鈣的質量對水溫的變化量有影響。
- 氯化鈣在定量的水中溶解，若氯化鈣的質量改變，則水溫的變化量也改變。
- 氯化鈣在定量的水中溶解，水溫的變化量隨氯化鈣質量的變化而變化。

(2) 定性解釋——屬中層次解釋，其描述有如下數種：

- 氯化鈣在定量的水中溶解，若氯化鈣的質量愈大，則水溫的變化量愈大，反之則愈小。

〔此解釋與根據產生假說的推論相同〕

- 氯化鈣在定量的水中溶解，若氯化鈣的質量愈小，則水溫的變化量愈小，反之則愈大。
- 氯化鈣在定量的水中溶解，水溫的變化量隨氯化鈣的質量增大而升高。
- 氯化鈣在定量的水中溶解，水溫的變化量隨氯化鈣的質量減少而降低。
- 氯化鈣在定量的水中溶解，水溫的變化量與氯化鈣的質量成正比。

(3) 定量解釋——以數學方程式解釋——屬高層次解釋：

氯化鈣在 50.0mL 的水中溶解，水溫的變化量與氯化鈣的質量之關係如下：

$T = kw$ ,  $w \geq 0$ 。T 表示水溫的變化量， $^{\circ}\text{C}$ ；w 表示氯化鈣的質量，g；k 表示正比例關係常數，其值為  $1.8^{\circ}\text{C/g}$ 。

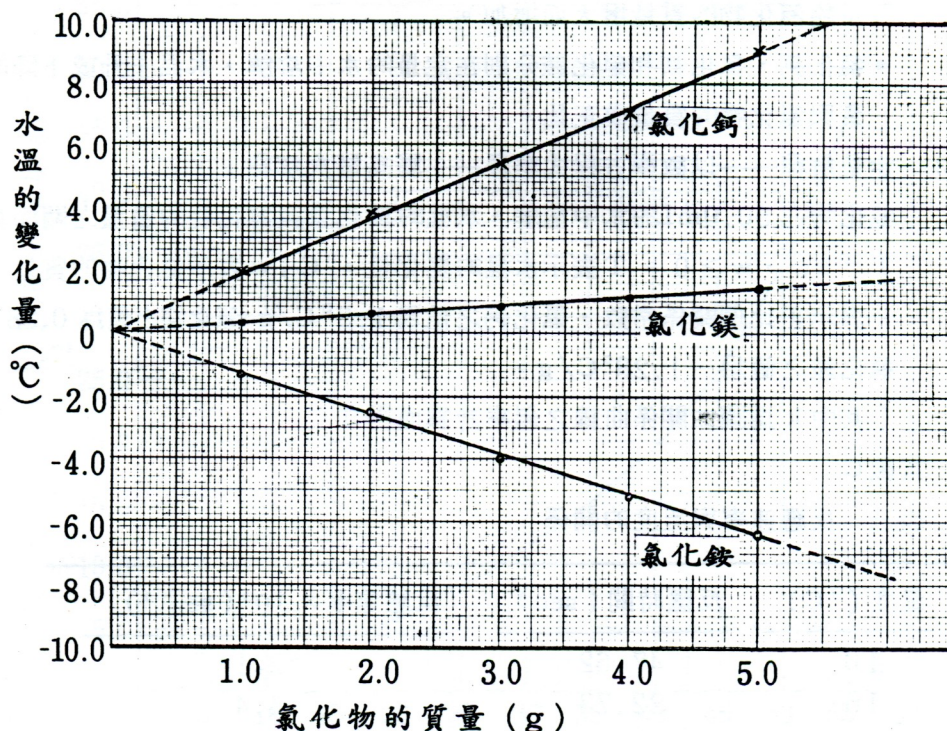
〔其中 k 為圖一關係曲線之斜率 =  $(8.9 - 0) / (5.0 - 0) \div 1.8(^{\circ}\text{C/g})$ 〕

## 2. 實驗 B

表二 不同氯化物的溶解與水溫的變化

| 氯化物<br>的質量<br>(g) | 氯 化 鈣                         |                               |                               | 氯 化 鎂                         |                               |                               | 氯 化 鋁                         |                               |                               |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                   | 初 溫<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 末 溫<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 水溫差<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 初 溫<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 末 溫<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 水溫差<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 初 溫<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 末 溫<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 水溫差<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |
| 1.0               | 31.2                          | 33.1                          | +1.9                          | 31.3                          | 31.6                          | +0.3                          | 31.2                          | 29.9                          | -1.3                          |
| 2.0               | 31.2                          | 35.0                          | +3.8                          | 31.3                          | 31.8                          | +0.5                          | 31.3                          | 28.8                          | -2.5                          |
| 3.0               | 31.2                          | 36.6                          | +5.4                          | 31.3                          | 32.1                          | +0.8                          | 31.3                          | 27.3                          | -4.0                          |
| 4.0               | 31.3                          | 38.3                          | +7.0                          | 31.3                          | 32.4                          | +1.1                          | 31.2                          | 26.0                          | -5.2                          |
| 5.0               | 31.3                          | 40.4                          | +9.1                          | 31.3                          | 32.7                          | +1.4                          | 31.2                          | 24.8                          | -6.4                          |

〔亦可採用如表一的格式〕



圖二 不同的氯化物的溶解與水溫的變化

推論：由圖二關係曲線可推論，氯化鈣、氯化鎂和氯化銨分別在定量的水中溶解，若氯化物的質量愈大，則水溫上升或下降的變化量愈大。此推論與產生假說(1)一致。

形成假說：由圖二關係曲線可推論，氯化鈣、氯化鎂和氯化銨分別在定量的水中溶解，若氯化物的質量愈大，則水溫上升或下降的變化量愈大。

資料解釋：（以三種不同層次的解釋分別敘述，但未逐條詳列，請參考實驗A。）

(1) 描述性解釋——屬低層次解釋：

- 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨分別在定量的水中溶解，若氯化物的質量改變，則水溫上升或下降的變化量亦改變。

(2) 定性解釋——屬中層次解釋：

- 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨分別在定量的水中溶解，若氯化物的質量愈大，則水溫上升或下降的變化量愈大，反之則愈小。

〔此解釋與根據產生假說的推論相同〕

- 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨分別在定量的水中溶解，水溫上升或下降的變化量隨氯化物的質量增大而增加。
- 氯化鈣、氯化鎂和氯化銨分別在定量的水中溶解，水溫上升或下降的變化量與氯化物的質量成正比。

(3) 定量解釋——以數學方程式解釋——屬高層次解釋：

氯化物在 50.0mL 的水中溶解，水溫的變化量與氯化物的質量之關係如下：

$T = kw$ ， $w \geq 0$ 。T 表示水溫的變化量， $^{\circ}\text{C}$ ；w 表示氯化物的質量，g；k 表示正比例關係常數，氯化鈣之值為  $1.8^{\circ}\text{C/g}$ ，氯化鎂之值為  $0.28^{\circ}\text{C/g}$ ，氯化銨之值為  $-1.28^{\circ}\text{C/g}$ 。

〔其中 k 為圖二關係曲線之斜率計算而得〕

3. 實驗 C

表三 反應速率與溫度的關係

| 溫度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 反應時間 (sec) | 反應速率 $\times 10^2$ ( $\text{sec}^{-1}$ ) |
|---------------------------|------------|------------------------------------------|
| 10                        | 47.62      | 2.1                                      |
| 16                        | 22.73      | 4.4                                      |
| 20                        | 17.85      | 5.6                                      |
| 24                        | 14.08      | 7.1                                      |
| 30                        | 9.35       | 10.7                                     |
| 35                        | 7.04       | 14.7                                     |
| 40                        | 5.05       | 19.8                                     |
| 45                        | 3.98       | 25.1                                     |
| 50                        | 2.82       | 35.5                                     |
| 55                        | 2.09       | 47.8                                     |

推論：由圖三關係曲線可推論，過氧化苯甲醯和苯胺反應，若溫度愈高，則反應速率愈快。此推論與產生假說(1)一致。

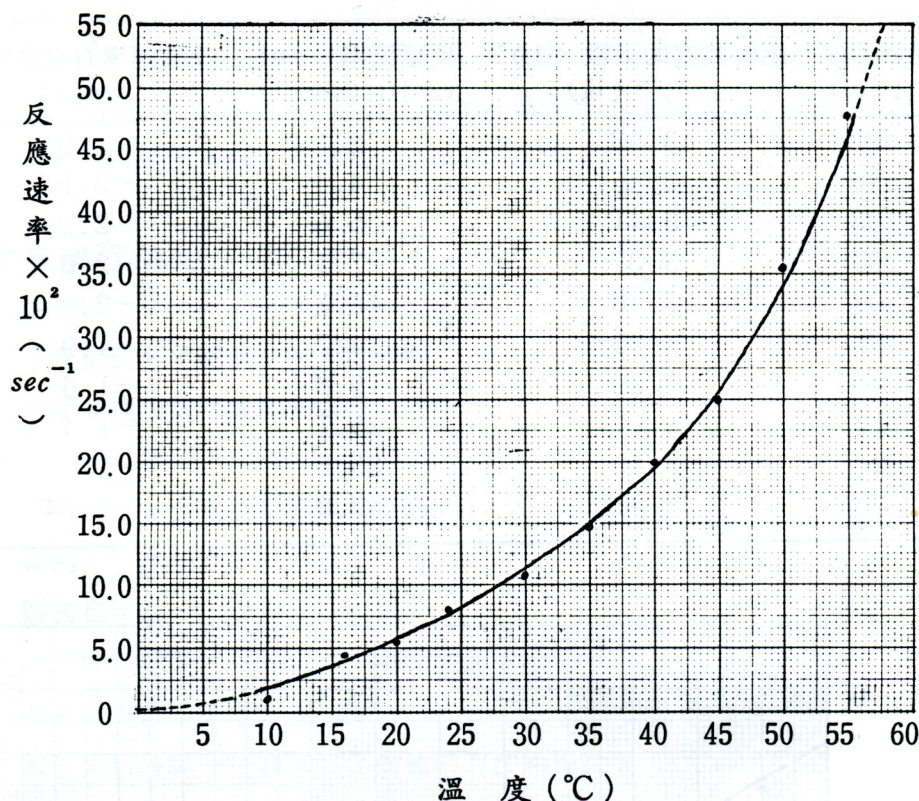
形成假說：過氧化苯甲醯和苯胺反應，若溫度愈高，則反應速率愈快。

資料解釋：(以三種不同層次的解釋分別敘述，但未逐條詳列，請參考實驗 A。)

(1) 描述性解釋——屬低層次解釋：

- 過氧化苯甲醯和苯胺反應，其反應速率隨溫度的變化而變化。

(2) 定性解釋——屬中層次解釋：



圖三 反應速率與溫度的關係

- 過氧化苯甲醯和苯胺反應，若溫度愈高，則反應速率愈快，反之則愈慢。
- 過氧化苯甲醯和苯胺反應，其反應速率隨溫度的升高而加快。

〔此解釋與根據產生假說的推論相同〕

- 過氧化苯甲醯和苯胺反應，若溫度愈高，則反應速率的增加比率愈大。

〔可由圖三的關係曲線各點的斜率而得知〕

- 過氧化苯甲醯和苯胺反應，若溫度每上升 10°C，則反應速率之增加比率在 0.7 ~ 2.2 之間。

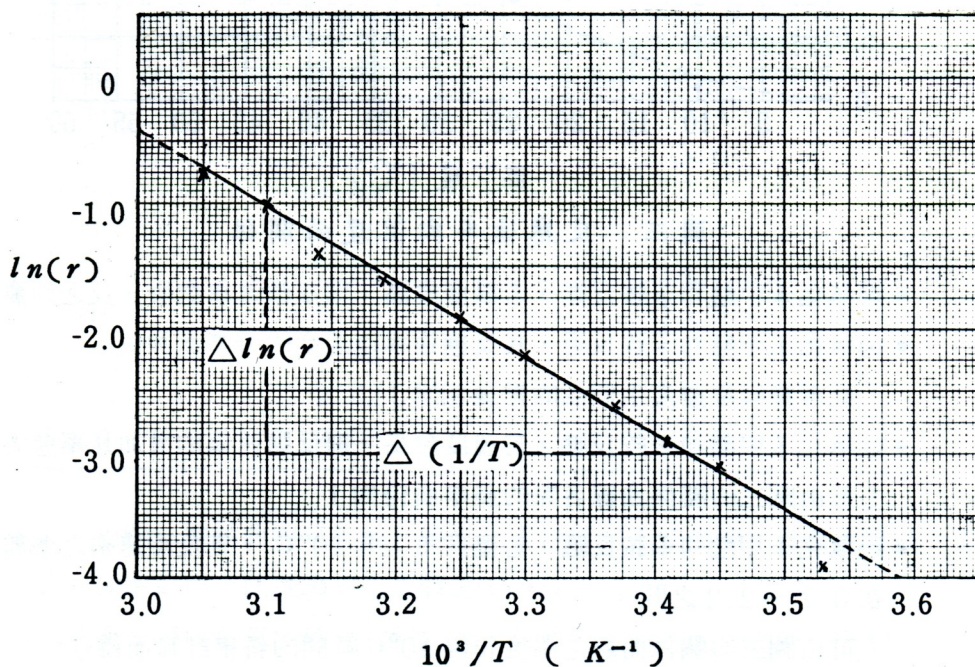
〔可由圖三的關係曲線之溫度每隔 10°C 區間的斜率計算而得〕

(3) 定量解釋——以數學方程式解釋——屬高層次解釋：

由圖三似無法得知，宜以經驗法則，續作表四和圖四再試作解釋。

表四 反應速率的自然對數和絕對溫度的倒數之關係

| 絕對溫度<br>T(K) | 絕對溫度的倒數 $\times 10^3$<br>$10^3/T(K)$ | 反應速率 $\times 10^2$<br>$r \times 10^2(\text{sec}^{-1})$ | 反應速率的自然對數<br>$\ln(r)$ |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| 283          | 3.53                                 | 2.1                                                    | -3.9                  |
| 289          | 3.46                                 | 4.4                                                    | -3.1                  |
| 293          | 3.41                                 | 5.6                                                    | -2.9                  |
| 297          | 3.37                                 | 7.1                                                    | -2.6                  |
| 303          | 3.30                                 | 10.7                                                   | -2.2                  |
| 308          | 3.25                                 | 14.7                                                   | -1.9                  |
| 313          | 3.19                                 | 19.8                                                   | -1.6                  |
| 318          | 3.14                                 | 25.1                                                   | -1.4                  |
| 323          | 3.10                                 | 35.5                                                   | -1.0                  |
| 328          | 3.05                                 | 47.8                                                   | -0.74                 |



圖四 反應速率的自然對數與絕對溫度的倒數之關係

此關係曲線與數學方程式  $y = mx + b$  相同，其中斜率  $m = \Delta \ln(r) / \Delta(1/T)$   
 $= [-3.0 - (-1.0)] / [(3.43 - 3.10) \times 10^3] = -6.1 \times 10^3(\text{K})$ ，截距

$b = \ln(r) - (-6.1 \times 10^3)(1/T) = -1.0 + (6.1 \times 10^3)(3.1 \times 10^{-3})$   
 $\div 18$ 。因此，過氧化苯甲醯和苯胺反應，其反應速率與溫度關係如下：  
 $\ln(r) = k/T + 18$ ，其中  $r$  表示反應速率， $\text{sec}^{-1}$ ； $T$  表示絕對溫度， $K$ ；  
 $k$  表示關係常數，其值為  $-6.1 \times 10^3 K$ 。

## 二、教學過程部分

### (一) 教學目標：

1. 了解解決科學問題的模式和步驟。
2. 了解並運用資料處理和解釋的技能。

### (二) 具體行為目標：

1. 指出解決科學問題的模式和步驟。
2. 區別產生假設和形成假設。
3. 區別自變因、依變因和控制變因。
4. 說出資料處理——作表和作圖的注意事項。
5. 區別不適當與適當的表和圖。
6. 說出資料解釋——敘述關係曲線的方法和層次。
7. 運用資料處理並敘述適當的資料解釋。

### (三) 教學流程：

#### 1. 實驗 A 和實驗 B 的教學流程：

- (1) 教師講述科學內涵（尤其是科學方法）。
- (2) 教師提出實驗 A 的問題。
- (3) 學生和老師共同討論解決問題的方法，教師提供解決的模式和步驟。
- (4) 發給學生教材及實驗報告紙並請學生詳閱教材後，提出問題再由教師回答。
- (5) 教師指導三杆天平的使用方法。
- (6) 學生操作實驗並撰寫實驗報告 A。
- (7) 收回實驗報告 A 後發給參考答案 A。
- (8) 由老師和學生共同討論學生所提出的問題或老師解說參考答案 A。
- (9) 教師提出實驗 B 的問題。
- (10) 請學生詳閱實驗 B 的實驗教材後，提出問題再由教師回答。
- (11) 學生操作實驗並撰寫實驗報告 B。

(12) 收回實驗報告B後發給參考答案B。

(13) 由老師和學生共同討論學生所提出的問題或老師解說參考答案B。

2. 實驗C的教學流程：

(1) 教師提出實驗C的問題。

(2) 指導學生使用馬錶的方法。

(3) 請學生詳閱實驗C的實驗教材後，提出問題再由教師回答。

(4) 教師示範在常溫下過氧化苯甲醯和苯胺反應的實驗並說明注意事項。

(5) 學生操作實驗並撰寫實驗報告C。

(6) 收回實驗報告C後發給參考答案C。

(7) 由老師和學生共同討論學生所提出的問題或老師解說參考答案C。

(四) 教學時間：

1. 實驗A和實驗B：3.5～4小時。

2. 實驗C：2.5～3小時。

3. 針對較優秀學生可選擇實驗A和B中之氯化鈣和氯化銨合併成一個實驗單元並加入實驗C：3.5～4小時。

(五) 討論時機、範圍和問題：

1. 學生操作實驗前的討論：以不涉及資料處理和解釋為原則，以解決問題的模式和步驟以及實驗步驟為主，讓學生充份自由地撰寫實驗報告。

2. 學生撰寫實驗報告後的討論：以資料處理和解釋為原則，發給參考答案後引起學生的注意或心智衝突，在討論後或老師講解後再指出錯誤所在可加深學生的印象。

3. 學生在學習過程中所提問題或教師對參考答案的解說，可分三方面的問題。

(1) 解決問題的模式和步驟方面的問題（註一）。

(2) 資料處理和解釋方面的問題（註二）。

(3) 科學知識方面的問題（註三）。

以上問題之參考資料來源如許榮富（民74、75和77年），張惠博（民73年），黃定加（民78年），王佩達和許順吉（民73年），Ronald J. Gillespie et al.（1989），H. James Funk et al.（1985）。

### 三、結 語

就學生的解決問題方面：學生不甚熟悉解決問題的模式和步驟，也不甚了解造成實驗誤差的原因，在教學時常需要花一些時間讓他們了解，無法立即切入教學主題，以後宜先訓練學生對解決問題的模式和步驟（尤其是產生假設和形成假設以及自變因、依變因和控制變因）熟悉之後再實施資料處理和解釋的教學。

就學生的資料處理方面：原先學生對於自行設計簡要而完整的表格有困難，填入表格中的數據、變因和單位顯得沒有系統且不完整，但在教學後已有相當進步。對於作圖時的刻度選擇、變因和單位的書寫位置也不熟悉，畫曲線常以鋸齒狀表現（可能與無誤差觀念和統計觀念有關），但在解說或討論後，即能以平滑化曲線表現。

就學生的資料解釋方面：學生平日不善以文字完整地描述實驗結果，在經以各種變因強化其組織之說明後，大部份學生的表達已相當完整。

因時間不足，未實施前測和後測，以致無法客觀地詳細分析學生的學習成就，但經教學中觀察、從實驗報告中和問卷調查後可發現：學生的資料處理和解釋的技能是可經由教學而獲得。

## 附 註

### 註一、解決問題的模式和步驟方面的問題

1. 產生假說和形成假說之定義及其區別？形成假說和定律原理有何區別？如何敘述產生假說？
2. 自變因、依變因和控制變因之定義及其區別？實驗中如何操作控制變因？那些因素可能造成實驗誤差？
3. 形成假說是如何形成的？推論的根據是什麼？資料解釋的根據是什麼？圖裡的曲線之根據是什麼？表裡數據的來源是什麼？

### 註二、資料處理和解釋方面的問題

1. 表的格式及數據如何編排和登錄？如何敘述主題及寫在什麼位置？為什麼要填入變因和單位？
2. 表中數據如何力求簡化？變因和單位如何用代號、縮寫或符號代替而簡單明確？
3. 如何使用方眼紙？圖的主題寫在什麼位置？刻度如何選擇最佳？變因和單位寫在什麼位置？自變因（或依變因）依慣例要寫在那一座標軸？
4. 圖上的點如何標示？若有兩條或以上曲線，各點及各曲線要如何區別？畫曲線

如何平滑化？為什麼要平滑化？如何平均各點於曲線上下？

5. 如何利用內插法和外推法？曲線會不會通過原點？
6. 常見的曲線圖有那些？座標曲線與數學方程式的關係？
7. 如何用文字敘述資料的描述性、定性和定量之不同層次的解釋？如何由經驗法則找到數學方程式？

### 註三、科學知識方面的問題

1. 氯化物在水中溶解為什麼會放熱或吸熱？
2. 過氧化苯甲醯和苯胺的結構為何？反應的產物（白色煙霧）是什麼？
3. 反應速率的定義為何？影響反應速率的因素有那些？

### 參考資料

- 王佩蓮和許順吉。民73年。反應速率與溫度的關係之實驗探討與改進。科學教育月刊。第66期。
- 毛松霖。民77年。國中學生處理與解釋資料能力之層次分析。中華民國第三屆科學教育學術研討會論文彙編。
- 江武雄、郭重吉、黃曼麗和林振霖。民78年2月。我國學生科學過程技能學習成就水準之研究——化學概念在資料處理與解釋和形成假設的應用(二)。臺灣教育學院化學系。
- 許榮富。民75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。
- 許榮富。民75年。科學過程技能組織因子結構分析研究。中日科學教育研討會。
- 許榮富。民77年。中、小學生處理數據、下結論技能之學習層次變化分析研究。中華民國第三屆科學教育學術研討會論文彙編。
- 黃定加。民78年。物理化學實驗上册。四版。高立圖書公司。
- 張惠博。民73年。淺談實驗作圖的方法。科學教育月刊。第75期。
- 楊水平。民79年。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。科學教育月刊。第134期。
- H. James Funk, Ronald L. Fiel, James R. Okay et al. (1985). Learning Science Process Skills (2nd ed.). Kendall/Hunt Publishing Co.
- Ronald J. Gillespie, David A. Humphreys, N. Colin Baird et al. (1989). Chemistry (2nd ed.). Allyn and Bacon Inc.