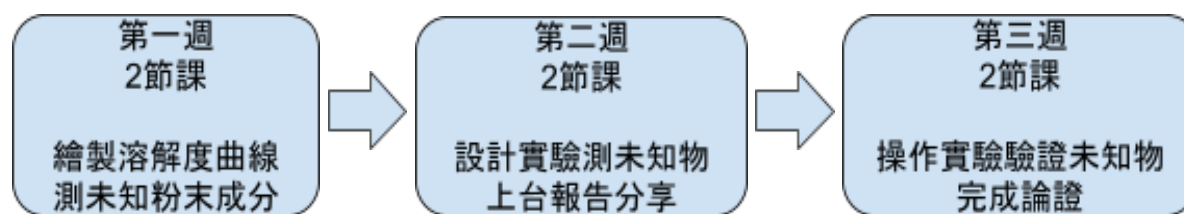


2025年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

教師組 教案表單與學習單

教案設計者:鄭志龍(基隆市立銘傳國中)、廖畚柔(基隆市立銘傳國中)
課程領域:
☒ 物理 ☐ 化學 ☐ 生物 ☐ 地球科學 ☐ 科技領域 ☒ 自然科學探究與實作 ☐ 數學 ☐ 其他_____ (可複選)
教案題目
科學CER論證實戰：溶解度的探究實驗
授課時數
270 分鐘(三週,每週 2 節,每節 45 分鐘)
教案設計理念與動機
108課綱強調探究能力，在學習課本上的知識外，老師更需要提供學生主動建構知識的機會，培養學生探究及解決問題的能力。課本提到溶解度的概念時，學生已用溶解度對溫度的關係圖，學習過溶解度和溫度的關係。此課程利用測量未知粉末的溶解度以及繪製溶解度曲線，讓學生藉由不同於課本的實驗方式，深化溶解度的理解，並培養其正確操作實驗和詳實紀錄數據的能力。在限定材料份量的條件下，挑戰學生的創造力和解決問題的能力，學生必須設計發想可行的實驗流程，以溶解度這個性質找出未知粉末的身分，最後以CER論證模式解釋實驗結果，來發展學生的論證能力。
教學目標
設計課程時以<u>國中的探究能力(問題解決)</u>和資<u>優生獨立研究特需課程的學習表現</u>指標為學習目標，指標內容詳述如下: pe-IV-2 能辨明變項並計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果。pe-IV-2 能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄。 pa-IV-1 能分析歸納、製作圖表，整理資訊或數據。 pa-IV-2能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從所得的資訊或數據，形成解釋，解決問題 特獨3d-IV-2 獨立或依據操作指引，正確安全操作研究物品、器材儀器、科技設備與資源。(依照指示執行實驗，畫出正確的物質溶解度曲線圖) 特獨 3b-V-1 展現自我創意，根據研究問題、資源、期望成果等，規劃最佳化研究計畫(自行設計實驗來驗證未知粉末) 特獨2b-IV-4 運用領域知識，提出自己的主張、理由及證據，解釋自己的觀點(CER論證對實驗結果進行論證)
教育對象:國中二年級學生

課程設計（方法與步驟）



1. 獨立或依據操作指引，正確安全操作研究物品、器材儀器、科技設備與資源

2. 能進行客觀的質性觀察或數值量測並詳實記錄

1. 展現自我創意，根據研究問題、資源、期望成果等，規劃最佳化研究計畫

2. 能辨明變項並計劃適當次數的測試、預測活動的可能結果

1. 運用領域知識，提出自己的主張、理由及證據，解釋自己的觀點

2. 能運用科學原理、思考智能、數學等方法，從所得的資訊或數據，形成解釋，解決問題

第一週(繪製溶解度曲線判斷未知物質)

一、課前準備

將學生分成六組，每組器材清單如下

項目	數量(個)	項目	數量(個)
未知粉末（硝酸鉀）	50(克)	100 mL燒杯	3
電子秤	1	10 mL量筒	1
刮勺	1	陶瓷纖維網	1
酒精燈	1	三腳架	1
玻棒	1	數位溫度計	1
滴管	1	學習單	6

二、教學流程

1. 發下學習單和實驗器材，和學生討論溶解度曲線圖上的四條曲線，複習溶解度的概念和溶解度的表示方法。
2. 說明測量溶解度的方式(記錄析出溫度)，進行實驗、數據紀錄時和繪製溶解度曲線需注意的地方。每組有兩套實驗設備，請學生分工合作，以最有效率的方式測量出可信的數據。
3. 學生根據實驗步驟進行測量並記錄實驗數據，利用實驗記錄表格換算溶解度，最後利用數據繪製未知粉末溶解度曲線圖。

4.對照學習單上四種已知粉末的溶解度曲線，判斷未知粉末的成分。

三、實驗步驟

1. 分別稱取未知粉末10g、15g、20g置入三個100 ml燒杯中，各加入16ml熱水後，以酒精燈加熱至完全溶解，並將數位溫度計放入燒杯中。
2. 靜置使溶液自然降溫(或用冷水浴)，降溫過程使用玻棒不時攪拌，若物質析出，但是攪拌後溶解，繼續等待。直到物質明顯析出，且攪拌時不會消失，將此時溫度記錄下來。
3. 再加入熱水2 ml(溶液總體積18 ml)。加熱至完全溶解。重複步驟二，記錄析出溫度。
4. 再加入熱水2 ml(溶液總體積20 ml)。加熱至完全溶解。重複步驟二，記錄析出溫度。
5. 記錄10g、15g、20g物質在16 ml、18 ml、20 ml溶液中析出的溫度，將物質析出溫度數值紀錄在下面表格中，根據表格中的數據畫出溶解度的曲線圖。

四、數據記錄

物質質量(g)	16 ml	18 ml	20 ml
10 g(析出溫度)	°C	°C	°C
溶解度	62.5 g/100ml水	55.5 g/100ml水	50 g/100ml水
15 g(析出溫度)	°C	°C	°C
溶解度	93.75 g/100ml水	83.3 g/100ml水	75 g/100ml水
20 g(析出溫度)	°C	°C	°C
溶解度	125 g/100ml水	111.1g/100ml水	100g/100ml水



圖 1.粉末秤重



圖 2.升溫溶解攪拌



圖 3.降溫析出



圖 4.讀取析出溫度

參、紀錄表格：

物質質量(g) \ 水(ml)	16 ml	18 ml	20 ml
10 g(析出溫度)	36 °C	35.2 °C	32.8 °C
溶解度	62.5 g/100ml 水	55.5 g/100ml 水	50 g/100ml 水
15 g(析出溫度)	54 °C	47 °C	47 °C
溶解度	93.75 g/100ml 水	83.3 g/100ml 水	75 g/100ml 水
20 g(析出溫度)	66.8 °C	58.7 °C	56.1 °C
溶解度	125 g/100ml 水	111.1g/100ml 水	100g/100ml 水

圖.5 學生記錄各濃度的析出溫度

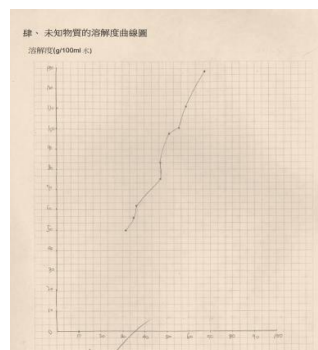


圖.6 學生繪製溶解度曲線圖

第二週(設計溶解度實驗驗證未知物質)

一、課前準備

分成六組，每組器材清單如下

項目	數量(個)	項目	數量(個)
學習單	1張	投影幕	1個

二、教學流程

- 請同學根據以下要求進行實驗設計，和組員進行討論並分工合作。
 - 各組實驗桌上有一種未知白色粉末，粉末是硝酸鉍、硝酸鈉、硝酸鉀或氯化鉍中的一種，利用提供的實驗器材和底下四種物質的溶解度曲線圖，設計實驗來確認這種粉末的身分。
 - 每組有10克未知粉末可供測試，不會再提供額外樣品，而且判別粉末的方式只能根據溶解度的這個特性，請小組集思廣益在這樣的條件限制下，規劃有效的測試流程。。可以利用不同溫度下溶解速度、飽和溶液的觀察等方式，請將討論出來的測試流程紀錄在學習單上。
- 各組一位同學上台報告，老師和同學一起討論方法的可行性與準確性，老師提供樹狀圖或實驗流程圖範例供參考。
- 小組討論和修正實驗設計。

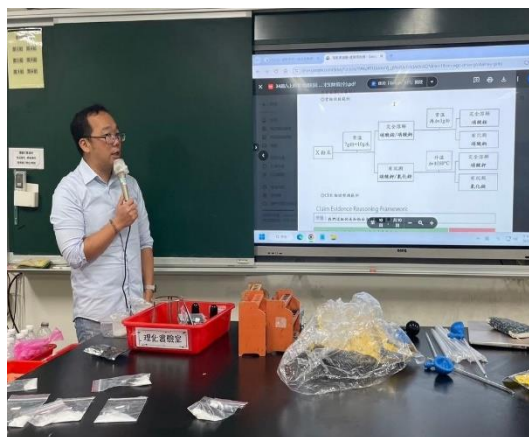


圖 7.講解任務

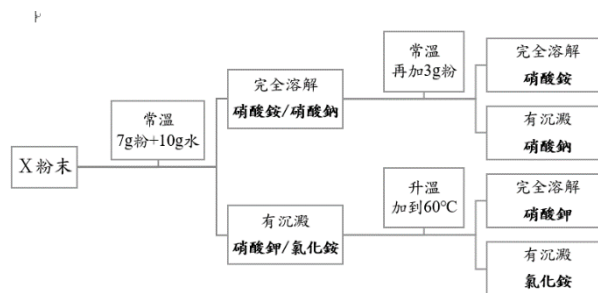


圖 8.樹狀圖範本



圖9.小組討論

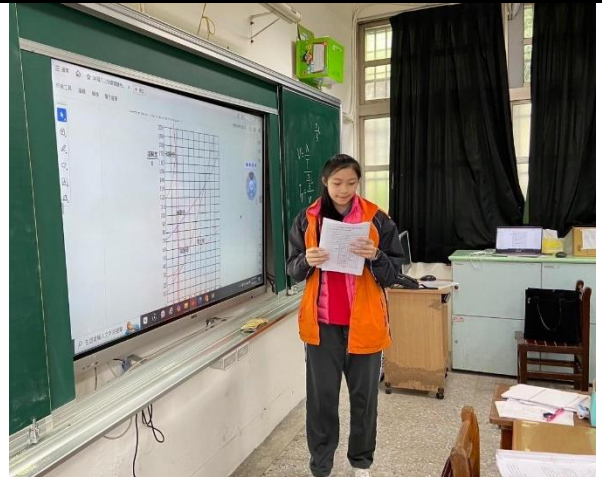


圖10.上台報告

三、學生成果

1. 利用固定溶解量，改變溫度觀察何時析出。
 - (1) 將 5g 白色粉末和 8g 水混合。162.5
 - (2) 加熱後等待析出。
 - (3) 若無析出，再加入 5g 粉末和 2g 水 (10g 粉+10g 水) 110
 - (4) 加熱後等待析出。
2. 利用固定溫度，改變溶解量觀察是否溶解
 - (1) 現在室溫約 16~17°C
 - (2) 先將 3g 白色粉末和 5g 水混合。160 → 是→ 硝酸鉀、硝酸鈉
否→ 硝酸鉀、氯化鉀
 - (3) 再加入 3g 白色粉末。(6g 粉+5g 水) 1120 → 是→ 硝酸鉀
否→ 其他
 - (4) 再加入 15g 水 (6g 粉+20g 水) 130 → 是→ 硝酸鉀
否→ 硝酸鉀

圖11.學生從固定溶解量和固定溶解度兩個方向設計溶解度實驗

參、實驗記錄

1. 觀察到的溶解溫度為 64.4°C (在 10g 的水中加入 10g 物質)
2. 觀察到的析出溫度為 55.5°C
3. 在此區間的溶解/析出溫度可判斷此物質為硝酸鉀

圖12.學生進行自行設計實驗的實驗記錄

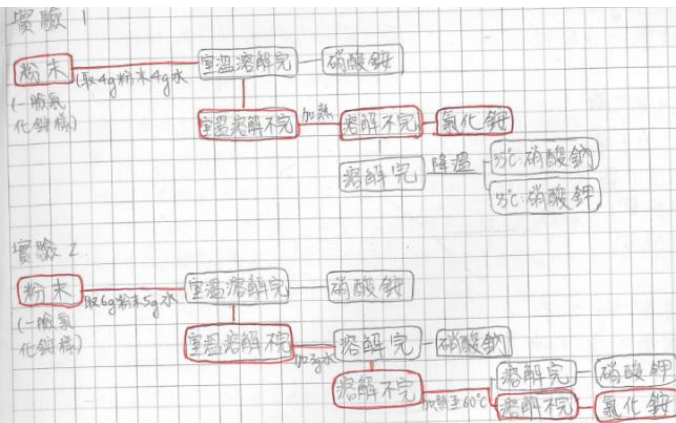


圖13.學生規劃實驗測試流程圖

貳、實驗設計

1. 將 10g 物質及 10g 水混合
2. 若在室溫全部溶解，則是硝酸鉀
3. 加熱，溫度計持續測量，確認完全溶解溫度
4. 若不能全部溶解，則是氯化鉀

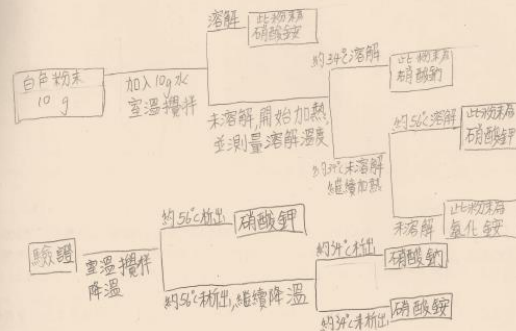


圖14.學生規劃實驗測試流程圖2

第三週(以CER論證架構說明實驗結果)

一、課前準備

分成六組，每組器材清單如下

項目	數量(個)	項目	數量(個)
未知粉末(氯化銨 or 硝酸銨or 硝酸鉀) 隨機編號	10(克)/包 編號1~10	100 mL燒杯	3
電子秤	1	10 mL量筒	1
刮勺	1	陶瓷纖維網	1
酒精燈	1	三腳架	1
玻棒	1	數位溫度計	1
滴管	1	學習單	6

二、教學流程

1. 利用自由落體的範例，複習CER論證架構

2. 複習CER論證架構各部分的意義

- (1) C是Claim /主張。主張不僅僅是「意見」，是具有充分理由與證據所支持的陳述。
- (2) E是Evidence/證據。證據可以來自你的研究發現，或是蒐集到的資料。如果要引用資料來作為證據，優先要注意資料來源的可信度；資料來自於科學社群認可的學術發表、或是具有公信力的期刊雜誌，當然比維基百科，或農場文具有較好的證據效力。
- (3) R是Reasoning/推理。上述資料或研究發現之所以能夠成為支持主張的證據，其間必須倚靠合乎邏輯的推理加以連結。
- (4) 論證架構中還有一個反駁(Rebuttal)的元素，在科學上，一種現象或問題通常會有多種可能的解釋，也就是有和你不相同的主張。反駁的欄位就是列出其他可能的主張，並且證明它是錯誤的。

3. CER架構



4. 利用物體的質量是否會影響掉落的速度，和學生實際討論CER架構的各部分寫法和意義。

問題:物體的質量會影響掉落的速度嗎?			
主張			反駁
不會，物體的質量不會影響掉落的速度			
證據	推理		
有不同質量的木塊，質量分別為 20g、30g 、 44g 、 123g 、 142g，但平均掉落速度都在 1.5-1.8 秒	不同質量的物體，有相近的掉落時間，因此可知道質量不影響物體的掉落速度。	有些人認為質量會影響掉落速度，因為一張紙的掉落速度會比籃球慢，但這有可能是其他因素造成的，例如空氣阻力。	

5. 事先已將氯化銨、硝酸銨、硝酸鉀分裝兩克，隨機編號成十包，各組學生派一位同學到講台前抽取一包。
6. 學生開始依照上週設計的實驗步驟實驗，檢測物質溶解度這個特性來判斷物質的身分，老師提醒未知物質的份量是固定的，以及提醒實驗須注意的細節，如水量太少溫度變化容易造成誤差，或者析出的判定必須是攪拌後還看得見沉澱，以及用水浴降溫會加快實驗速度和也有可能增加誤判的機會，最後提醒學生只能以溶解度這個特性判定物質。
7. 學生進行實驗並記錄實驗結果與數據，根據觀察到的現象和數據判定物質為何。
8. 實驗結束後，學生根據CER的表格的各部分撰寫「白色粉末是什麼物質?」的論證過程。
9. 老師請各組根據CER發表論證過程。
10. 老師公布各組的粉末身分，和同學討論實驗可能的誤差和CER論證需要注意的地方。

主張(Claim): 我們這組的白色粉末是氯化銨		反駁(Rebuttal):
證據(Evidence)	推理(Reasoning)	
常溫下於燒杯內加入10克的水和7克的白色粉末x，攪拌後會產生白色沉澱。 接著再將整杯加熱至60℃左右，攪拌後發現仍然呈現白色沉澱。	常溫下10克的水和7克的粉末會沉澱。表示溶質已達飽和，7/10的比例在25℃超過溶解度。查看圖表得知答案可能為硝酸鉀或氯化銨。 接著加熱至60℃仍有沉澱。表示溶質已達飽和和7/10的比例在60℃超過溶解度。查看圖表得知答案為氯化銨。	若為硝酸銨或硝酸鉀，則在常溫溶於10克水時，7克應可全溶，但證據顯示有沉澱。 若為硝酸鉀，則在60℃溶於10克水時，7克應可全溶，但證據顯示有沉澱。

圖15.複習論證和範例



圖16.抽選粉末ABC



圖17.操作實驗



圖18.小組完成論證

◎ CER 論證架構

問題: 白色粉末是什麼?

主張: 是氯化鉀		反駁
證據	推理	若其他三種, 80°C 溶解度都大於 70g/100g 水, 皆可溶解完
1. 17°C, 3g 粉 + 5g 水 (60g/100g 水) 時, 未溶解完。 2. 80°C, 3.5g 粉 + 5g 水 (70g/100g 水) 時, 未溶解完。	1. 17°C, 溶解度小於 60g/100g 水, 因此粉末只能為硝酸鉀或氯化鉀。 2. 80°C, 溶解度小於 70g/100g 水, 因此粉末為氯化鉀。	

圖19.物質為氯化鉀, 學生的論證過程

◎ CER 論證架構

問題: 未知物質是什麼物質?

主張: 未知物質是硝酸鉀。		反駁
證據	推理	溶解度 40g/100ml 和 60g/100ml 只是從曲線圖中大概取用數值, 因此實驗結果可能有誤差。
未知物質 2g 加入 5g 的水中, 加熱至 30°C, 粉末剛好溶解。取 7g 未知物質加入 5g 的水中, 粉末未溶解。	2g 未知物質加入 5g 水中, 會形成溶解度為 40g/100ml 的溶液, 加熱至 30°C 物質剛好溶解完, 對照四種物質的溶解度曲線圖可知, 硝酸鉀和硝酸鉀應該於 30°C 前後已溶解完, 所以物質應為硝酸鉀或氯化鉀。 而再取 7g 物質加入 5g 水中, 加熱至 70°C 物質可被溶解完, 且溶解度為 40g/100ml, 氯化鉀在 70°C 時的溶解度只有 60g/100ml, 因此未知物質是硝酸鉀。	

圖20.物質為硝酸鉀, 學生的論證過程

學習評量內容

1. 正確的操作實驗(實作評量)
2. 實驗操作技巧實作評量)
3. 實驗設計能力(學習單)
4. 根據CER論證的能力(學習單)
5. 口頭報告

參考資料

1. 邱美虹(2024), 普通型高中化學探究活動手冊, 三民出版
2. 教育部(2022), 《國中 自然科學 (2上)》, 翰林出版
3. 阿簡的生物筆記(2019)<http://a-chien.blogspot.com/2019/04/blog-post.html>