

教育部109年度中小學科學教育計畫專案

期末報告大綱

計畫編號：2-5

計畫名稱：實驗室探究課程評量規準發展與校本探究與實作課程之發展與推動

主持人：張珮珊

執行單位：嘉義縣立永慶高中

壹、計畫目的及內容：

研究者任教之永慶高中是嘉義縣立優質的完全中學，以自然領域為例，學校參與科展比賽獲獎比例居嘉義縣之冠，然而有機會經驗科學探究歷程之學生仍占少數，實為可惜！倘若能藉由相關課程與評量的發展，讓全體國中學生都能有機會參與科學實驗，體驗科學探究，應能培養學生科學知能，於其生活中實踐科學。

根據 PISA2015調查顯示臺灣中學生的科學學習有相當大的潛能，科學教育工作者也多認同實驗室課程對科學學習的重要性，強調實驗室的科學探究是促進有效科學教學和學習的重要因子(Walker & Sampson, Southerland, & Enderle, 2016；Crujeiras-Pe'rez & Jimenez-Aleixandre, 2017)。然而，臺灣的教育發展深受升學主義影響，以致於科學探究實驗課程的實施有諸多的阻礙與限制。幸運的是，台灣剛上路的課程改革(108課綱)賦予教師更多的教學自主與彈性，自然領綱也符應總綱素養精神，強調「探究與實作」是科學課程的起點與核心，且為落實藉由科學探究與實作涵養學生的科學素養，在高級中學階段增列「自然科學探究與實作」之四學分必修課程。不過，研究者認為學生的科學思維與科學探究實驗設計與評鑑等知能若能在國小啟蒙、國中階段充分發展，應能在繁忙的高中生涯中，誘發更多高中生從事科學探究與學習的意願，持續涵養科學素養，進而為相關生涯發展做更全面的準備。再者，若這些實驗室的探究實作課程有相稱的實作評量與評量規準，應能更有效客觀的檢核與展現學生的學習表現，將有助於提升第一線教師投入實驗室科學探究課程的發展，並減輕教師評量的負擔。

因此，研究者積極於任教學校組織科學探究的教師社群，奠基「探究與實作」之校本精神，爭取國一至國三的「彈性學習課程」時數，以嘗試發展科學探究導向(統整性主題/專題/探究)的實驗室課程。研究者與社群教師於108學年度已開發並試行七年級的「彈性學習課程-科博文探論之科學花路米」，然而鑒於科學探究與實作之宗旨在以實作培養學生發現問題、解決問題、提出結論與表達溝通之能力，期望學生於科學探究中藉小組對話、課室討論、口頭或書面論證等，積極與他人進行有效溝通來培養其科學素養，因此，如何有效檢視、評量學生此課程中的各種學習表現？如何評鑑以調整此試行課程？是當前必須積極解決的面向之一，基於研究者先前研究成果(Wen, M. L., Chang, P. S., & Lee, S. H., 2019)，本校採用吳心楷教授研究團隊(Kuo, Wu, Jen, & Hsu, 2015)所發展的線上多媒體的探究能力評量(Multimedia-based assessment of scientific inquiry abilities, MASIA)，不過仍有待各試題之評分規準的建置方能評估學生的探究能力表現，而課程教材中各學習單的評量也需要發展。另一方面，研究者與社群教師必須同時發展八年級階段的「彈性學習課程-科博文探論之神廚賽恩師」，並在課程設計時將檢核與評量等相關要素一併納入考量。

因此，研究者擬基於108自然領綱強調之學習表現發展適合本校師生的課程評量與規準，以有效且客觀的方式來評估學生於實驗室探究歷程的表現，一方面協助本社群教師持續精緻化七年級「科博文探論之科學花路米」課程，另一方面讓教師能以掌握學生理解的評量方式來同步發展「彈性學習課程-科博文探論之神廚賽恩師」統整性的探究主題與相應教材，以期

透過有效的科學探究實驗課程來協助學生系統性的提升科學認知、科學探究能力，引導學生實踐科學以涵養科學素養。

貳、研究方法及步驟：

一、研究方法

本研究採混合研究法，蒐集學生量化和質性的資料以作為研究教師社群發展課程評量標準與新教材之依據。此外，也蒐集教師社群評量與討論的資料以建構課程評量標準與規劃新課程的探究主題。

二、研究對象

研究者任教的嘉義縣立永慶高中國中部七年級全體學生六班共計150人，3人為一組進行科學探究與實驗活動。

三、參與教師

研究者於任教學校組織「探究與實作」校本課程發展社群，主要成員為輔導主任及任教國、高中的自然科學領域教師共八人、國文領域教師一人，平均教學年資八年以上。有鑑於本課程探究實驗之屬性，本校長期邀請一位校外教師(協同主持人)協助本社群之課程發展，並協助相關的評量研究。

四、課程評量與規準的發展：

在課程評量與規準的發展方面可分為二部分說明如下：

1. 發展多媒體的探究能力評量(MASIA)規準：

本校108學年初已基於先前研究成果(Wen, M. L., Chang, P. S., & Lee, S. H., 2019)，採用多媒體的探究能力評量(Multimedia-based assessment of scientific inquiry abilities, MASIA)作為診斷學生探究能力的評量，擬於「彈性學習課程-科博文探論之科學花路米」實施一學年後再次進行 MASIA 以作為學生學習表現的總結性評估，然而為了搭配七年級學生學習階段的認知能力，研究者嘗試自題庫中挑選合適的題目發展成國中題本，因此，研究者與社群教師必須根據108課綱學習表現之探究能力向度的評量架構，參考學者林小慧與吳心楷(2019)發表之評量例題與評分規準示例(如圖一)，再搭配本校學生的初步作答表現來發展評分規準(rubric)，規準的發展步驟如圖三，預定在計畫上半年度(即2021年1月)完成 MASIA YCSH-J 試題本之評分規準的建立。

表 2 評量例題與評分規準之示例	
探究能力-觀察與定題	次能力-提出預測
【下沉快慢 1】 小華認為物體在液體中下沉快慢可能與液體密度有關。 針對這個想法，他準備體積相同但質量不同的圓球：20 克 (g)、25 克 (g)、30 克 (g)，將這些圓球分別放入水、牛奶、沙拉油等液體中，測量圓球從液面下沉至深度 0.3 公尺 (m) 所需時間。實驗裝置如下圖：	
	
試題 子題 1-1: 請你依據小華的想法，預測液體密度與物體下沉速度的關係，並選出正確答案。	
我的預測 (下拉式選單)： ○A. 液體密度越大，下沉時間越短 ○B. 液體密度越小，下沉時間越短 ○C. 液體密度與下沉時間無關	
評分標準 答案 C. 液體密度與下沉時間無關 對 2 分	
子題 1-2: 請你依據小華所預測液體密度與物體下沉速度的關係，並利用科學知識說明理由。	
試題 我的預測 (下拉式選單)： ○A. 液體密度越大，下沉時間越短 ○B. 液體密度越小，下沉時間越短 ○C. 液體密度與下沉時間無關 寫出影響或不影響的理由 (填答)：	
評分標準 答案 1. 跟黏稠度比較有關係。 2. 密度不會影響下沉時間，只會決定浮沉。 3. 下沉時間和物體密度與液體密度差有關因為浮力造成的阻力大小不一樣。 對 2 分	
評分標準 答案 1. 因為密度愈大物體愈難往下沉[有提及密度對下沉難易的影響]。 2. 液體密度比水大，則圓球越不易下沉[有比較液體密度與物體密度]。 3. 密度愈大會造成阻力使物體下沉變慢[有以密度與阻力去解釋下沉快慢]。 4. 因為只要液體密度較物體密度小物體較不會受阻[有比較液體密度與物體密度]。 5. 因為密度愈大代表越難沉所以以下沉速度慢密度小下沉速度快[以密度與難度去解釋下沉快慢]。 6. 越難沉的越慢[以密度與難度去解釋]。 7. 液體密度小空間大(空隙多)，阻力小。 對 1 分	

圖一、MASIA 評量例題與評分規準示例。

我的研究設計： Think 本實驗的「操縱變因」為 _____ 本實驗的「控制變因」可能有 _____ 若 _____ 則可能的結果「應變變因」為 _____					
實驗設計示意圖 <table><tr><th>實驗組</th><th>對照組</th></tr><tr><td> </td><td> </td></tr></table>		實驗組	對照組		
實驗組	對照組				
問題探究與討論： ◎：根據研究結果，澱粉酶催化反應最佳的 pH 應該是？ 為什麼？					
我的小結論： ◎：根據探究所得到的結論有符合你的預期(研究假設)嗎？ □有： □無：可能是因為...					

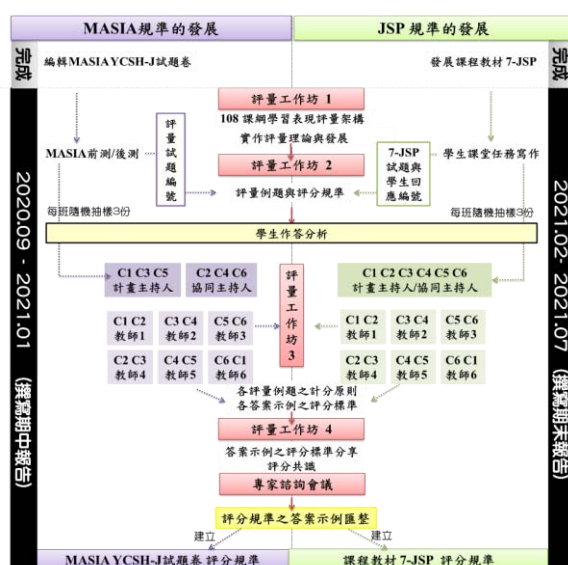
圖二、JSP 的單元學習單。

2. 發展課程教材(JSP)之建構反應評分規準:

課程之形成性評量的部分，主要為「彈性學習課程-科博文探論之科學花路米」試行課程教材(Journal of Scientific Practice, JSP)內的單元學習單(如圖二)。鑒於科學實驗設計、科學論證表達，以及應用科學理論解決問題屬於較高階的能力，研究者試圖以開放式回應框來評量學生知識層次、應用及闡釋表達能力，因此研究者與社群教師也必須根據單元目標、任務類型及參考學生回應來發展「建構反應型評量」的評分規準。課程評量與規準的發展步驟如圖三所示，課程教材 7-JSP 評分規準預定在計畫下半年度執行並於2021年7月完成。

五、「彈性學習課程-科博文探論之神廚饗恩師」之統整性探究主題的研發：

課程主題發展延續「科學花路米」探究與實作之精神，整合開課三位教師的課程發展經驗與科展研究成果，嘗試以花青素為素材來設計一系列科學探究實驗任務，並輔以精選科普文章來引領學生瞭解研究方法、數據分析、科學理論和結論之間的關係，進而培養學生閱讀理解及邏輯推論能力，並從實際的研究歷程中獲得問題解決的樂趣。擬研發之探究單元與預定進度如圖四。



圖三、課程評量與規準發展之步驟與預定進度，C: Class。



圖四、彈性學習課程-科博文探論之之神廚賽恩師擬發展單元與預定進度。



C. 標準 向度	化學廚房-1(SEC)	永慶高中	20200702	
3	1.可用以檢測的資源	2.檢測方式的正確性	3.最優化的檢驗順序	4.分辨結果
3	提到試題所提供的三種檢測資源	三種粉末檢測方式正確	檢驗順序都符合邏輯、精確、簡約性	正確區分三種以上粉末
2	提到試題所提供的二種檢測資源	二種粉末檢測方式正確	檢驗順序大部分符合邏輯、精確、簡約性	正確區分二種粉末
1	提到試題所提供的一種檢測資源	一種粉末檢測方式正確	檢驗順序少部分符合邏輯、精確、簡約性	正確區分二種粉末
0	沒有提到試題所提供的檢測資源	沒有任何粉末檢測方式正確	檢驗順序不符合邏輯、精確、簡約性	無法正確區分任何粉末
各向度滿分	3	3	3	3
各向度得分				
總得分	總得分/滿分×100%			

修改

D. 標準 向度	廚房化學-1(SEC)	3.最優化的檢驗順序	分辨結果	備註
3	1.可用以檢測的資源	2.檢測方式的正確性	3.最優化的檢驗順序 順序:石蕊/碘液先 精確:粉末溶於水/顏色 簡約:逐一刪去	
3	提到試題所提供的三種檢測資源	三種粉末檢測方式正確	檢驗順序都符合邏輯、精確、簡約性	正確區分三種以上粉末
2	提到試題所提供的二種檢測資源	二種粉末檢測方式正確	檢驗順序大部分符合邏輯、精確、簡約性	正確區分二種粉末
1	提到試題所提供的一種檢測資源	一種粉末檢測方式正確	檢驗順序少部分符合邏輯、精確、簡約性	正確區分二種粉末
0	沒有提到試題所提供的檢測資源	沒有任何粉末檢測方式正確	檢驗順序不符合邏輯、精確、簡約性	無法正確區分任何粉末
各向度滿分	3	3	3	3
各向度得分				
示例1 21080068	先把所有粉末加入水中溶解，並標上號碼。加入 <u>碘液</u> ，有變色的是地瓜粉的溶液。接下來用 <u>石蕊試紙</u> 測量所有溶液(地瓜粉溶液除外)， <u>石蕊試紙</u> 變藍色的是 <u>碳酸氫鈉(小蘇打)</u> ，將以確認的兩杯溶液標上粉末的名字，剩下的兩杯溶液用 <u>導電棒</u> 測量， <u>燈泡</u> 較亮的是 <u>氯化鈉(食鹽)</u> ，剩下的就是糖。			
各向度得分	3	3	3	3
示例1 21080011	碳酸氫鈉:將此粉末溶於水再以 <u>石蕊試紙</u> 檢測是否為藍色;氯化鈉:使用 <u>導電棒</u> 看會不會發亮;地瓜粉:將地瓜粉溶於水再以 <u>石蕊試紙</u> 檢測不變色則是地瓜粉;糖:以地瓜粉相同的檢測方式用 <u>導電棒</u> 分辨是地瓜粉還是糖			
各向度得分	2	2	1	2

圖七、下學期 MASIA 評量專家會議與 MASIA 評分規準調整工作坊

2.課程教材(JSP)之建構反應評分規準的發展:

下學期舉辦一場 JSP 評量工作坊(如圖八 A)，陸續完成 JSP 之學生作答分析，初步擬定 JSP 評分規準(如圖八 C)，並透過次專家會議(如圖八 B)完成部分單元之評分規準初稿。

A.

B.

C. 嘉義縣立永慶高級中學
科博文探論
SCIENCE
評量規準 初版

7-JSP

我的研究設計：

Think

本實驗的「操縱變因」為

本實驗的「控制變因」可能有

若.....則可能的結果「應變變因」為

我的研究設計 / 預期結果：

對照組應該是？

註：研究設計須包含變因控制/選擇、儀器操作詳細步驟與簡易流程/圖示、實驗組/對照組等
註：實驗設計尚需考量經濟效益，請斟酌各器材與藥品之實際的需求量，以向老師提出合理需求

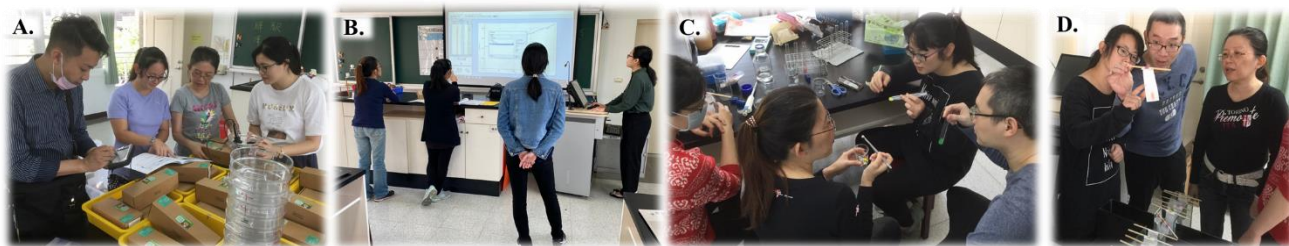
7-JSP 評分規準

D-1 實驗變因的選擇	<input type="checkbox"/> 無法分辨實驗變因	0
	<input type="checkbox"/> 僅能正確選擇與定義一種實驗變因	1
	<input type="checkbox"/> 能正確選擇與定義二種實驗變因	2
	<input type="checkbox"/> 能正確選擇與定義三種實驗變因	3
D-2 實驗變因的控制	<input type="checkbox"/> 無法控制任何實驗變因	0
	<input type="checkbox"/> 僅能考量與控制一種控制變因	1
	<input type="checkbox"/> 能考量與控制一半數量的控制變因	2
	<input type="checkbox"/> 能考量與控制絕大多數的控制變因	3
D-3 實驗流程完整性	<input type="checkbox"/> 無法列出實驗步驟，或條列步驟有誤	1
	<input type="checkbox"/> 僅列出不完整步驟且部分步驟有誤	2
	<input type="checkbox"/> 能概述所有步驟，但不合邏輯，或描述的不夠清楚	3
	<input type="checkbox"/> 能概述所有步驟，且以簡易示意圖協助說明實驗步驟	4
	<input type="checkbox"/> 清楚列出所有步驟，並完整描述每一步驟，且輔以示意圖說明實驗步驟	5
D-4 實驗流程有效性	<input type="checkbox"/> 實驗步驟不包含數字與單位	1
	<input type="checkbox"/> 實驗步驟僅包含正確數字	2
	<input type="checkbox"/> 實驗步驟包含正確數字，但單位不明或有誤	3
	<input type="checkbox"/> 部分實驗步驟包含正確數字與單位	4
	<input type="checkbox"/> 所有實驗步驟包含正確數字與單位	5

圖八、JSP 評量工作坊與專家會議。

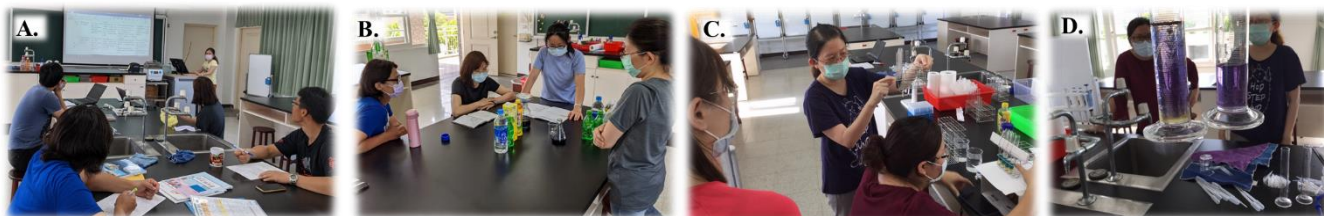
二、「彈性學習課程-科博文探論之神廚賽恩師」的發展

上學期課程發展已藉由探究與實作工作坊(如圖九 A、B)來精緻化108年度於高中端發展之「饅富筋綸 頭頭是道」單元，發展相應課程教材(如圖十一 C)，透過手作饅頭的試行歷程，引導學生發現問題、定題、規劃並執行研究、數據分析、再藉由科普閱讀、表達分享以強化科學理論和研究結論之間的連結(如圖十二 A)。此外，為強化課程連貫性，單元二以「食物色彩學」為主軸，於探究與實作工作坊(如圖九 C、D)發展相應課程教材(如圖十一 D)並於一月八年級彈性課程試行(如圖十二 B)。



圖九、上學期探究與實作工作坊 A、B:搭配科學儀器與軟體分析以精緻化「饅富筋綸 頭頭是道」單元，C、D: 食物色彩學實驗單元與課程研發。

下學期課程發展主要延續單元二「食物色彩學」，透過數次探究與實作工作坊(如圖十 A、B)發展單元三「原色光感大解密」與單元四「趣味玩色蝶豆花～夢幻漸層飲」及其相應教材(如圖十一 E、F)，並於六個班級試行此二單元 (如圖十二 C、D)。



圖十、下學期探究與實作工作坊 A、B:課程單元設計理念與待探究之科學概念討論，C、D: 單元三「原色光感大解密」與單元四「趣味玩色蝶豆花～夢幻漸層飲」之課程研發。



圖十一、科博文探論之神廚賽恩師課程單元教材。A:自編教材封面，B:教材目錄，C:饅富筋綸 頭頭是道， D: 食物色彩學，E:原色光感大解密，F:趣味玩色蝶豆花~夢幻漸層飲。



圖十二、科博文探論之神廚賽恩師課程單元試行。A: 饅富筋綸 頭頭是道, B: 食物色彩學, C: 原色光感大解密, D: 趣味玩色蝶豆花~夢幻漸層飲。

肆、預期完成進度：

一、上半年度：

1. 課程評量與規準的發展方面：
 - (1)舉行至少2次 MASIA 評量工作坊
 - (2)教師完成 MASIA YCSH-J 試題卷之學生作答分析
 - (3)匯整 MASIA YCSH-J 試題卷之評分規準的答案示例
 - (4)邀請專家進行評估並修正
 - (5)完成 MASIA YCSH-J 試題卷 評分規準之建立
2. 「彈性學習課程-科博文探論之神廚賽恩師」統整性探究主題的研發方面：
 - (1)舉行至少3次探究與實作工作坊
 - (2)八年級彈性學習課程之概念分析與整體課程規劃
 - (3)發展2個探究單元之實驗預試、教材編製、材料包開發
 - (4)試行2個探究單元

二、下半年度：

1. 課程評量與規準的發展方面：
 - (1)進行一次專家會議，進行 MASIA YCSH-J 評分規準初稿之評估並修正
 - (2)運用修正後 MASIA YCSH-J 評分規準嘗試評分108學年度之學生前後測表現
 - (3)舉行至少1次 JSP 規準發展的評量工作坊
 - (4)教師完成課程教材 7-JSP 之學生回應分析
 - (5)匯整7-JSP 之評分規準的答案示例
 - (6)邀請專家進行評估並修正
 - (7)完成課程教材7-JSP 評分規準初稿
2. 「彈性學習課程-科博文探論之神廚賽恩師」統整性探究主題的研發方面：
 - (1)舉行至少3次探究與實作工作坊
 - (2)發展2個探究單元之實驗預試、教材編制、材料包開發
 - (3)試行2個探究單元
 - (4)邀請專家指導科博文探論課程教學/教材分析並修正
 - (5)編輯一套完整的「彈性學習課程-科博文探論之神廚賽恩師」課程教材

伍、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

在評量與規準的發展方面，為便於教師於課程評量的便利性，開放反應試題評分朝向「勾選式評分表格」設計，然教師們對評鑑的規準與等級看法相當多元，是以發展單一試題的評量規準與等級就需要非常多時間，再加上社群教師多兼行政、或課務繁忙，為提升開會協商的效率，MASIA YCSH-J 評分規準部分試題則由研究者與協同計畫主持人先行擬定評量規準向度與等級，再透過社群會議討論與調整為 MASIA YCSH-J 評分規準初稿，並根據專家審議之意見修訂。以5 - 1 - 可樂侵蝕2_SEC 為例，實際評分後發現，評分者未討論前之同意度百分比僅約六成左右，討論後大幅提升至近九成，由於本題評分規準分成四個子項度，各自子向度為0、1、2三等級，因此即把此題的反應表現劃分為8等第，之前研究一般劃分為0、1、2三等級不同，若未討論，八等第的同意度百分比要達到八至九成難度更高，勢必要逐一針對不同處討論，專家有建議可根據四個子項度(0、1、2三等級)分別計算同意度百分比做為評分者信度，但研究者的疑惑在於，5 - 1 - 可樂侵蝕2_SEC 在原本題庫中即為評量「產生結論」之次探究能力，研究者因為課程評量之便利性採用「勾選式評分表格」，因此將學生此題反應細分四個子項，若分開計算子項之同意度一來又增加教師負擔，二來也不確定要以何者之同

意度百分作為此題的評分者信度。在 JSP 規準發展方面，考量到八年級課程的相關性(包含實驗設計的探究為主)，社群教師討論先由搞酵科學(單元三四)這類探究實驗設計的學習單內容發展相應評量規準，待初稿擬定並與專家討論修正後，再進行7-JSP 試評分，因為有考量到包含實驗設計之探究單元之通用規準原則，是以此部分進行稍微緩慢。

在統整性探究主題的研發方面，原計畫擬以花青素為課程主軸發展八年級系列課程，但考量彈性課程七年級、八年級甚至式九年級的一貫性，重新定調校本彈性課程為科博文探論，為了釐清學生酵素、發酵之概念差異，八年級課程延續酵素探究實作模式，以饅頭發酵為起始單元，單元尾聲由各色饅頭激發學生對食物色彩學的探討，發展 MM 巧克力色素層析實驗，連結八年級自然課程「顏色、光的三原色」概念，再導入「原色光感大解密」單元，主要是透過分光光度計之科學儀器連接筆記型電腦分析色素的吸光度與透光度，最大的困難即筆電設備全校共用，軟體會被刪除而導致課程活動的延誤。課程最後單完回到以花青素為主軸，探討各種環境因素對色彩變化的影響，並以製作花青素繽紛色彩飲作為實作任務，以提升彈性課程的一貫與統整性，然因疫情停課關係，原本課程設計的分組討論與相關實作活動被迫暫停，小組討論只能改成大班級討論，因此探究問題、研究設計規劃僅有二種版本，分別由授課教師與協同教師根據學生提出的流程或步驟進行，若能在大會議中進行分組討論應該可以有更多組的探究實驗設計，結果的討論也可以更多元。

陸、參考資料

- 林小慧、吳心楷 (2019)。科學探究能力評量之標準設定與其效度檢核。*教育心理學報*，50(3)，473-502。
- Wen, M. L., **Chang, P. S.**, & Lee, S. H. (2019). The development, implementation and assessment of a science inquiry and practices curriculum. Paper presented at the 2019 **Australasian Science Education Research Association** Conference, July 2-5, Queenstown, New Zealand.
- Crujeiras-Pérez, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2017). High school students' engagement in planning investigations: findings from a longitudinal study in Spain. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(1), 99-112.
- Kuo, C. Y., Wu, H. K., Jen, T. H., & Hsu, Y. S. (2015). Development and validation of a multimedia-based assessment of scientific inquiry abilities. *International Journal of Science Education*, 37(14), 2326-2357.
- Walker, J. P., Sampson, V., Southerland, S., & Enderle, P. J. (2016). Using the laboratory to engage all students in science practices. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1098-1113.