教育部109年度中小學科學教育計畫

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

計畫執行: 嘉義縣立永慶高中　　張珮珊　老師
台大公衛學院 環職所　　李昇翰　研究員

教育部109年度中小學科學教育計畫專案

成果報告

計畫編號：110
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規準與新教材之依據。此外，也蒐集教師社群評量與討論的資料以建構課程評量規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。

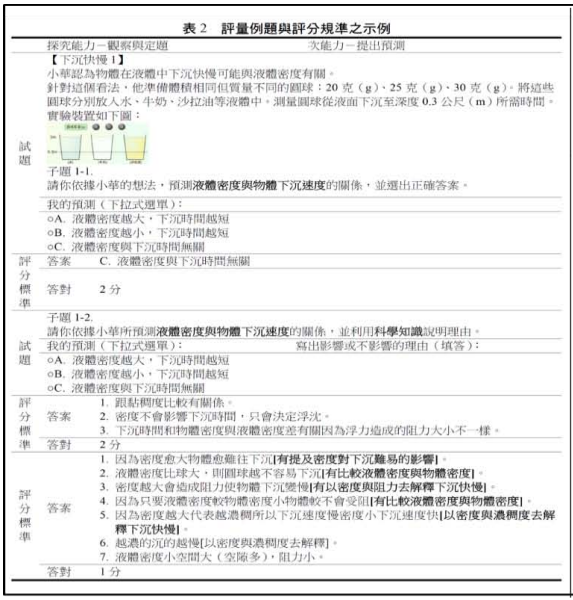
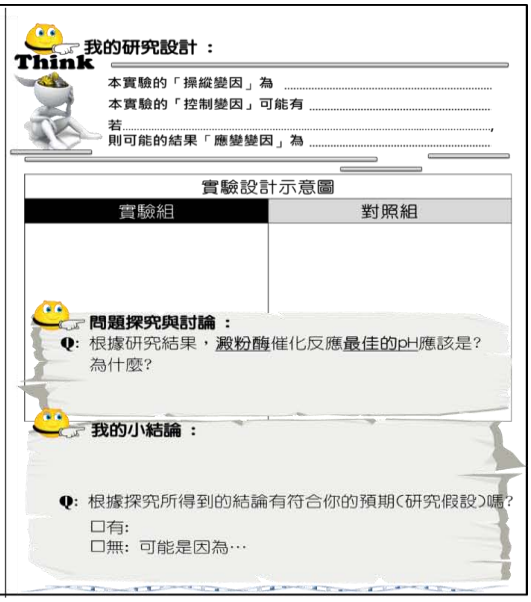


表 2　評量例題與評分規準之示例

探究能力－觀察與定題		次能力－提出預測
試題	【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。 針對這個看法，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： 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
	答對	2 分
試題	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。 我的預測（下拉式選單）:	寫出影響或不影響的理由（填答）:
	○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	1. 跟黏稠度比較有關係。 2. 密度不會影響下沉時間，只會決定浮沈。 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。
	答對	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. 液體密度比球大，則圓球越不容易下沉**[有比較液體密度與物體密度]**。 3. 密度越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. 因為密度越大代表越濃稠所以下沉速度慢密度小下沉速度快**[以密度與濃稠度去解釋下沉快慢]**。 6. 越濃的沉的越慢**[以密度與濃稠度去解釋]**。 7. 液體密度小空間大（空隙多），阻力小。
	答對	1 分



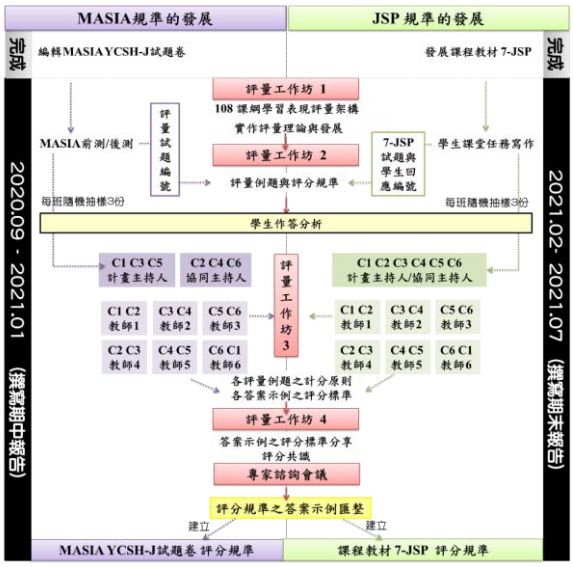
圖一、MASIA 評量例題與評分規準示例。　　圖二、JSP 的單元學習單。

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-科博文探論之神廚賽恩師」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。

參、研究成果與完成進度

表一、計畫實施成果總表

執行情形	教師**評量**專業增能: 1. 109.11.02辦理『評量發展專家會議1』-彰師大簡頌沛教授。 2. 109.11.03辦理『評量規準發展原則1-線上探究評量』知能研習。 3. 109.12.10辦理『評量規準發展原則2-學習講義評分』知能研習。 4. 109.12.12辦理『評量發展專家會議2』-彰師大簡頌沛教授。 5. 110.02.24辦理『評量規準-masia 規準制定原則』知能研習。 6. 110.04.12辦理『評量評鑑專家會議1』-彰師大簡頌沛教授老師。 7. 110.06.10辦理『評量規準-JSP 發展原則暨線上探究教學示範』知能研習。 8. 110.06.14辦理『評量評鑑專家會議2』-彰師大簡頌沛教授。 教師**課程發展**專業增能: 1. 109.11.11辦理『八年級探究課程發展1素材分析』知能研習。 2. 109.12.03辦理『八年級探究課程發展2 數據分析與論證』知能研習。 3. 109.12.26辦理『八年級探究課程發展1食物色彩學 mm 色素探究發展』知能研習。 4. 110.01.19辦理『八年級探究課程發展2食物色彩學五行湯圓探究發展』知能研習。 5. 110.05.18辦理『八年級探究課程發展3原色光感大解密探究發展』知能研習。 6. 110.06.15辦理『八年級探究課程發展4趣味玩色蝶豆花~夢幻漸層飲』知能研習。 課程發展與**學生學習**: 1. 109學年度上學期八年級全體學生(六個班)實施試行單元1-饅富筋綸 頭頭是道、單元2-食物色彩學 2. 109學年度寒假七年級、八年級營隊學生(共計24人) 實施衍生單元-食物色彩學之五行湯圓~幸福「圓」滿 手作料理大比拼探究課程。 3. 109學年度下學期八年級全體學生(六個班)實施試行單元3 -原色光感大解密、單元4-趣味玩色蝶豆花~夢幻漸層飲。
執行效益	●量化效益 1.社群教師: (1)開發發展一套應用於本校學生探究能力評量試卷(MASIA YCSH-J 試題卷)之適切的答案示例與評分規準 (2)發展一套適用於課程教材7-JSP 評分規準 (3)發展並編輯一套適用於本校八年級生之彈性學習課程-科博文探論之神廚賽恩師的課程教材(含課程試行、教材編製、材料包開發)。 2.參與學生: (1)參與四大探究與實作單元 (2)撰寫一份完整科博文探論之神廚賽恩師的課程教材: 8-JSP ●質化效益 1.社群教師: (1)教師能透過增能研習，促進科學探究課程設計與素養導向評量之知能。 (2)教師能精確診斷學生的探究能力起點，搭配學生前後測得分表現分析，提供學生探究學習之總結性的回饋以發展科學探究評量之自我效能的提升。 (3)社群教師於科學課室中，實施多元科學探究實務意願的提升。 (4)教師能運用『課程教材 7-JSP 評分規準』以即時且全面評估學生參與科學探究導向的實驗室課程的學習表現。

	(5)教師能培養科學探究、課程設計、評量發展與有效社群溝通協調、與對話能力，持續進行專業發展之動能。 2.參與學生: (1)透過多元的科學探究歷程、有效且客觀評量來提升學生對科學核心概念、科學探究本質之理解、科學探究能力的培養。 (2)學生透過科學探究歷程發展其批判思考、溝通表達與團隊合作的能力，並能遷移至其他學習情境，以科學思維解決生活所面臨的問題。

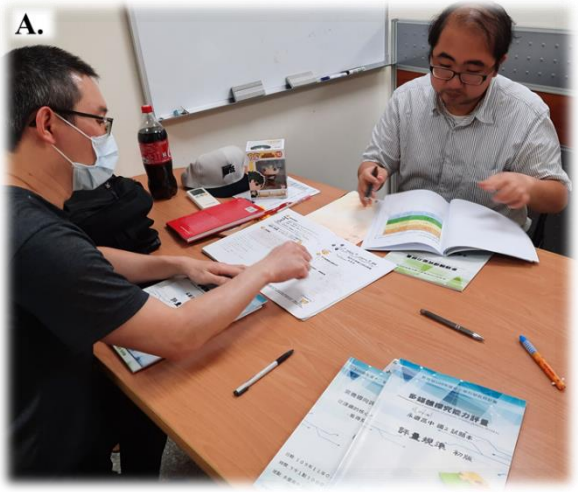
一、課程評量與規準的發展:

1.多媒體的探究能力評量(MASIA)規準的發展:

上學期已透過二場 MASIA 評量工作坊(如圖五 A、B)完成 MASIA YCSH-J 試題卷之學生作答分析、擬定 MASIA YCSH-J 試題卷評分規準，並透過二次專家會議(如圖六 A、B)完成評分規準初稿(如圖六 C)。下學期則再透過一次專家會議(如圖七 A)檢視此評分規準初稿的合理性，社群再針對有疑問的部分(如圖七 B)進行討論、調整與修改，即為評分規準定稿(如圖七 C、D)。研究者(計畫主持人)與協同計畫主持人各別根據此評分規準定稿進行評分。以5 - 1 - 可樂侵蝕2_SEC 為例，先針對一個班級之 MASIA 前測與 MASIA 後測評分(樣本數為48)，並以同意百分比做為評分者信度。討論前二位評分者之評分者信度為68.7%，針對有差異的評分樣本討論後，評分者信度提升至95.8%。討論過程中針對評分規準之定義描述進行修正，並增加學生特殊作答之示例，再各自完成其他五個班級之前後測評分(樣本數為234) ，討論前二位評分者之評分者信度為63.7%，針對有差異的評分樣本討論後，評分者信度提升至85.0%。其他開放性試題依據此流程逐一完成評分與規準修正。

圖五、上學期 MASIA 評量工作坊

圖六、上學期 MASIA 評量專家會議與評分規準初稿



C.

規準向度	化學廚房-1(SEC)		永慶高中	20200702	
	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	正確區分一種粉末	
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	滿分:12
各向度得分					總得分
實際得分	總得分/滿分×100%				

修改

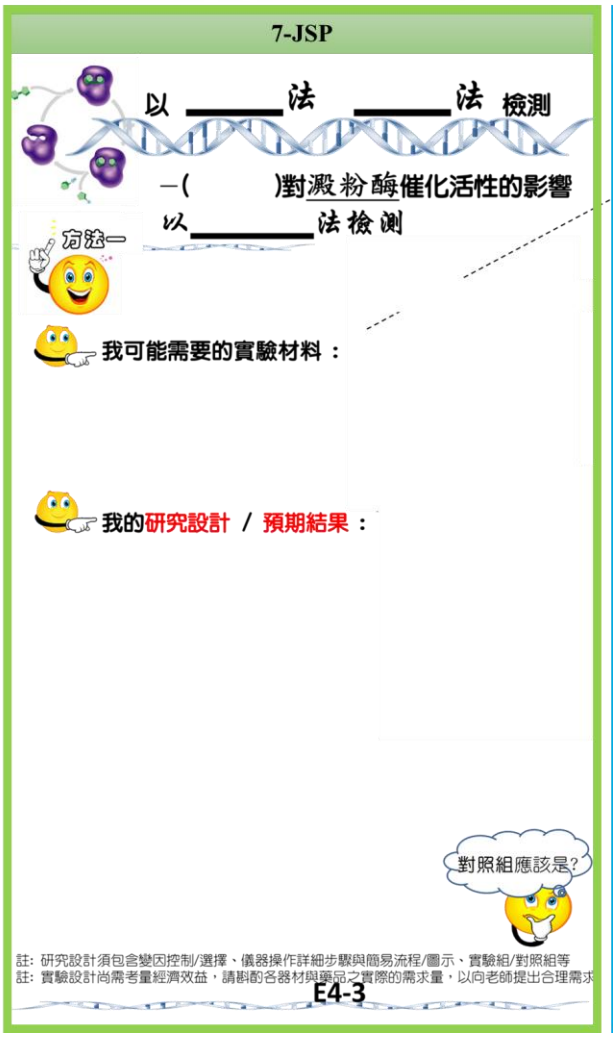
D.

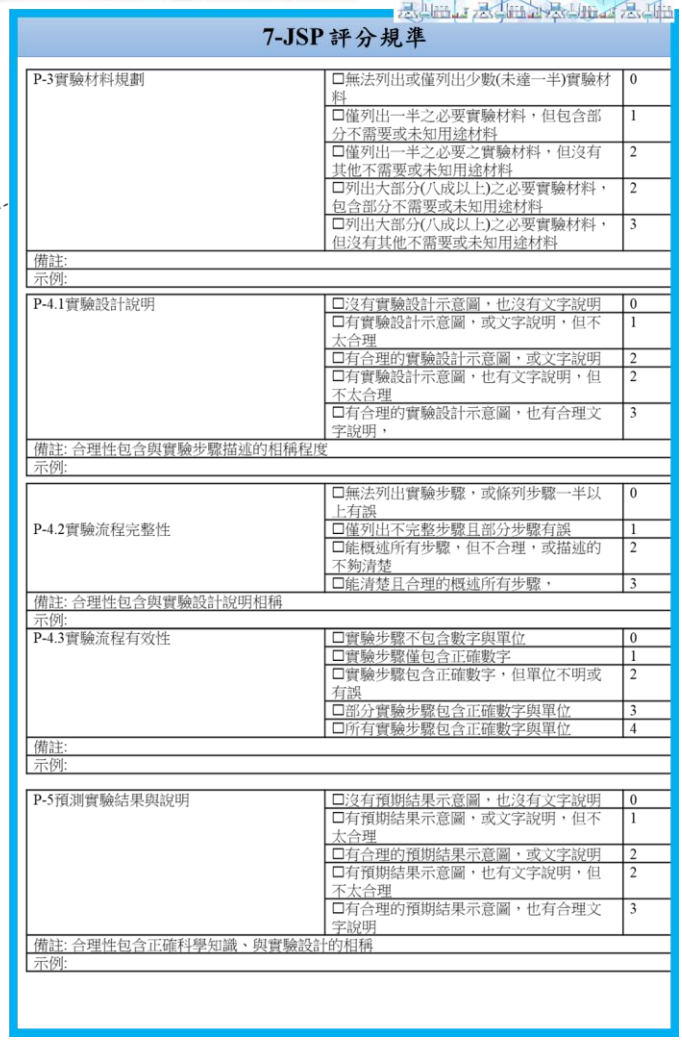
規準向度	化學廚房化學-1(SEC) 1.可用以檢測的資源	2.檢測方式的正確性	3.最優化的檢驗順序 順序:石蕊/碘液先 精確:粉末溶於水/顏色 簡約:逐一剔去	分辨結果	備註
3	□	□	□	□	
	提到試題所提供的三種檢測資源	三種粉末檢測方式正確	檢驗順序都符合邏輯、精確、簡約性	正確區分三種以上粉末	
2	□	□	□	□	
	提到試題所提供的二種檢測資源	二種粉末檢測方式正確	檢驗順序大部分符合邏輯、精確、簡約性	正確區分三種粉末	
1	□	□	□	□	
	提到試題所提供的一種檢測資源	一種粉末檢測方式正確	檢驗順序少部分符合邏輯、精確、簡約性	正確區分二種粉末	
0	□	□	□	□	
	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。加入碘液，有變色的是地瓜粉的溶液。接下來用石蕊試紙測量所有溶液(地瓜粉溶液除外)，石蕊試紙便藍色的是碳酸氫鈉(小蘇打)，將以確認的兩杯溶液標上粉末的名字，剩下的兩杯溶液用導電棒測量，燈泡較暗的是氯化鈉(食鹽)，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石蕊試紙檢測是否為藍色,氯化鈉:使用導電棒看會不會發光.地瓜粉:將地瓜粉溶於水再以石蕊試紙檢測不變色則是地瓜粉.糖:以地瓜分相同的檢測方式用導電棒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。





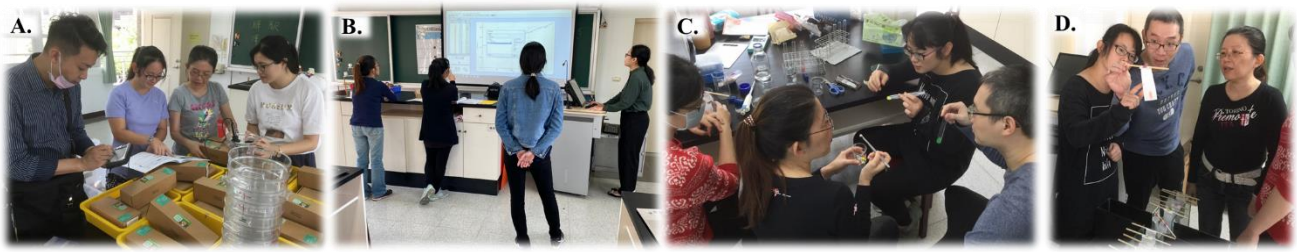
7-JSP 評分規準

P-3實驗材料規劃	□無法列出或僅列出少數(未達一半)實驗材料	0
	□僅列出一半之必要實驗材料，但包含部分不需要或未知用途材料	1
	□僅列出一半之必要之實驗材料，但沒有其他不需要或未知用途材料	2
	□列出大部分(八成以上)之必要實驗材料，包含部分不需要或未知用途材料	2
	□列出大部分(八成以上)之必要實驗材料，但沒有其他不需要或未知用途材料	3
備註:		
示例:		
P-4.1實驗設計說明	□沒有實驗設計示意圖，也沒有文字說明	0
	□有實驗設計示意圖，或文字說明，但不太合理	1
	□有合理的實驗設計示意圖，或文字說明	2
	□有實驗設計示意圖，也有文字說明，但不太合理	2
	□有合理的實驗設計示意圖，也有合理文字說明，	3
備註: 合理性包含與實驗步驟描述的相稱程度		
示例:		
P-4.2實驗流程完整性	□無法列出實驗步驟，或條列步驟一半以上有誤	0
	□僅列出不完整步驟且部分步驟有誤	1
	□能概述所有步驟，但不合理，或描述的不夠清楚	2
	□能清楚且合理的概述所有步驟，	3
備註: 合理性包含與實驗設計說明相稱		
示例:		
P-4.3實驗流程有效性	□實驗步驟不包含數字與單位	0
	□實驗步驟僅包含正確數字	1
	□實驗步驟包含正確數字，但單位不明或有誤	2
	□部分實驗步驟包含正確數字與單位	3
	□所有實驗步驟包含正確數字與單位	4
備註:		
示例:		
P-5預測實驗結果與說明	□沒有預期結果示意圖，也沒有文字說明	0
	□有預期結果示意圖，或文字說明，但不太合理	1
	□有合理的預期結果示意圖，或文字說明	2
	□有預期結果示意圖，也有文字說明，但不太合理	2
	□有合理的預期結果示意圖，也有合理文字說明	3
備註: 合理性包含正確科學知識、與實驗設計的相稱		
示例:		

圖八、JSP 評量工作坊與專家會議。

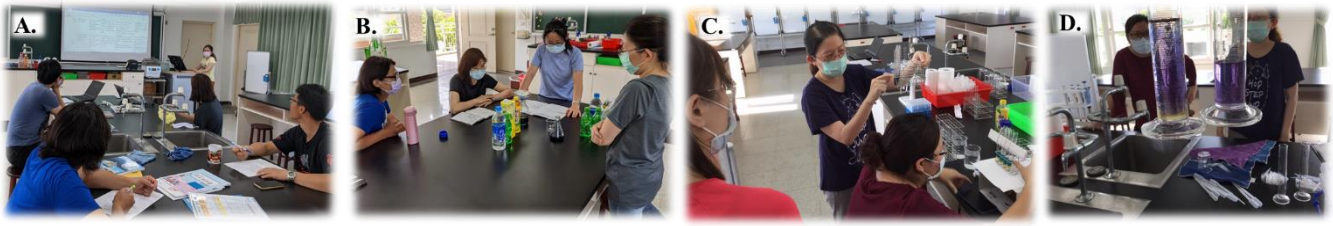
二、「彈性學習課程-科博文探論之神廚賽恩師」的發展

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。

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.