

教育部 101 年度中小學科學教育計畫專案

期中報告

計畫編號：61

計畫名稱：科學寫作教學方案對國小資優生獨立研究學習成效之研究

主持人：林雅慧

壹、計畫目的及內容

(一) 研究計畫背景：

1. 寫作與學生之科學學習

Yore (2003) 整理文獻指出，自 1970 年代後期開始，強調科學學習與語言藝術平衡的觀點陸續出現，因而造成 1978-2003 年的科學教育研究聚焦於探究語言與科學學習彼此之間的關係。Champagne 和 Kouba (2000) 認為，AAAS 和 NRC 皆強調以探究為主的科學，以及發展科學的心智習性 (habits of minds)，亦即「手到/心到」的科學。課室實務強調的多是動手操作的「手到」策略，若能在探究中進行寫作，則寫作是一種能讓學生保持「心到」的最有效策略。Prain (2006) 指出，研究學生的寫作活動與科學學習之關係可大致分為兩種觀點，一種主張學生的寫作活動應強調學習科學，學生若想具備科學素養，必須根本地理解並且重製科學社群的傳統寫作言談 (Gee, 2004; Halliday & Martin, 1993; Kelly & Chen, 1999)；另一些學者如 Hodson (1998)，Their 和 Daviss (2002)，則強調學生的寫作活動應當是多元，藉由使用更多樣式的寫作風格，學生才得以具備科學素養，培養科學探究的獨特態度。

很多課室中的寫作都是機械性的，僅讓學生扮演不用思考、消極的角色，教師是唯一的聽眾。學生的科學筆記僅是一種被拿來讓學生紀錄實驗，並將結果陳列的日誌。但僅是簡要的紀錄並陳列實驗的方式會限制學生對於現象真實意義的建構，並且降低對知識以及對記憶訊息的轉換之經驗，在此種情境下，學生的寫

作也同時被限制了。事實上，學生的科學筆記之功用不只是一種報導教師所期待結果的工具而已 (Shepardson & Britsch, 2001)。Shepardson 和 Britsch 引用 Santa 和 Havens 的觀點，認為有意義的寫作應該連結新訊息以及先前的知識，提供對非特定觀眾的真實任務，鼓勵心到的學習，促進概念的組織以及重建並促進後設認知。有意義的寫作也會促使曖昧的想法轉化成清楚的概念並促進意義的建構。Hand (2004) 分析 Bereiter 和 Scardamalia (1987) 提出的兩種產生知識過程的寫作理論模型：

(1) 知識告知模式 (knowledge-telling model)：寫作的人對寫作文本中產生問題的一般回應。基本的步驟包括對寫作任務的心智表徵，此種任務表徵可以被分析成辨識主題 (the generation of topic identifiers)、寫作文體或是言談形式。以及利用對於這些主題的確認當作線索，以形成一種記憶探針去提取來自記憶中或是其他來源的訊息。在此種模型中，寫作的人會傾向提取並寫下他所有的想法，直到所有的線索都被用盡了，作者才會更新文本的心智表徵。

(2) 知識轉化模式 (knowledge-transforming model)：寫作的人可以經由內容處理 (content process) 和言談處理 (discourse process) 的互動而增加知識的獲得，介於問題間的互動能刺激寫作時的反思。知識講述模式無法促進並產生新的知識 (Keys, 1999; Keys, 2000)，此種模式被認為僅是一種回顧過程但不涉及對已存有知識的轉化。相對地，Keys (1999) 認為，知識轉化模式的內容空間 (content space) 和修辭空間 (rhetorical space) 間的動態關係，正描述了為何寫作在科學學習扮演重要的角色。因為在修辭問題空間 (rhetorical problem space) 的認知投注 (cognitive engagement) 會刺激寫作者去對資料的意義做重新的思考。作者寫作時，會藉由內容的問題 (包括與寫作內容相關的事實、信念與資料) 與論述的問題 (包括修辭與使用的寫作文體) 彼此間的互動而產生出知識，而經由此種動態的過程，新知識會被以能對資料做有意義推論的方式所創造。

計劃主持人針對孩童利用寫作學習科學做系列的研究，發現，利用研究教師設計的寫作模式加以引導，以學習者在先前學習單元中所獲得的具體學習經驗當

做思考的引導錨定物，能促使學習者反思與轉化他們對於科學概念的理解，能提升學生整合觀察的現象與專有術語或定義的學習成效（林雅慧、張文華和張惠博，2007a）。而在探究寫作對象對於學生利用寫作學習科學的影響之研究，發現，寫作任務中的假想對象會影響學生提供說明訊息的內容要點。以家人為對象時，學生傾向描繪自己在課室學習的情意面；以同儕為對象時，學生會嘗試釐清學習的內容概念及程序；以學生為對象時，則會模擬運用教師上課的程序、進行之活動、以及術語（林雅慧、蔡佩穎、張惠博和張文華，2007b）。

由學生的寫作文本分析可發現，學生表達想法的方式，除了利用文字外，少數學生更會利用插圖、小格文字說明等不同的表徵方式，試圖能更完整的建構、表達自己的想法。融入多元表徵寫作的研究則發現，中、高年級大部分學生均能掌握到文本間需整合重要概念、注意句子間之聯貫性與重點主軸的描述，並能利用圖說來強調聚焦文本內容（林雅慧、張惠博、葉辰楨和張文華，2010）。依據上述的理論與實徵性研究結果可以確定，透過科學寫作來學習科學，對小學生而言是可行有效的教學策略。

2. 「科學-工程實作 (scientific and engineering practices)」教學模式

Bybee (2011) 提出一個對 k-12 學生的科學-工程實作模式。Bybee 認為，當學生能進行科學和工程的實作，他們便能夠提更多的問題，並能改進定義問題的能力。下圖一至圖八，分別描述科學與工程實作。

圖一：提問及定義問題

	科學 (science)	工程 (engineering)
	關於現象的問題。如「天空為何是藍的？」	始於一個需要被解決的問題
實作 (practice)	科學家針對現象，藉由系統性闡述（使公式化）去證實問題的可回答程度，包括哪些是已經知道的，哪些問題是目前科無法回答的。	工程學家藉由發問問題去釐清問題、決定成功地解決辦法的判準 (criteria) 並定義限制性。

圖二、發展並使用模型

	科學 (science)	工程 (engineering)
	藉由建立及使用模型去發展對自然現象的解釋。	使用模型與模擬去分析現存的系統去定義可能發生的瑕疵，或測試對新問題的可能解決方法。
實作 (practice)	利用「假如... 然後... 因此...」的形式去檢驗假設性的解釋。	設計並使用多種模型去檢驗建議的系統並釐清計劃的強度與限制性。

圖三、計劃並進行研究

	科學 (science)	工程 (engineering)
	在現場或實驗室中實施	工程研究的實施是為了獲得對測試計劃中特殊判準的資料。
實作 (practice)	科學家會設計並進行系統性的研究，因此必須釐清什麼是資料以及變項	工程學家必須定義相關的變項，決定要測量的變項並蒐集資料。藉由研究能釐清在不同情況下計劃的有效性、持久性。

圖四、分析及解釋資料

	科學 (science)	工程 (engineering)
	科學研究產生的資料必須進行分析以產生意義。	工程研究包括對計劃的各種測試的資料蒐集。
實作 (practice)	科學家利用包括製表、圖形解釋、抽象化 (visualization) 及標準化分析去呈現資料的顯著性特徵及趨勢。	藉此以比較不同解決方法對特殊判準的有效性。工程學家需要工具去定義結果的主要趨勢與解釋。

圖五、利用數學及電腦思考

	科學 (science)	工程 (engineering)
	數學及電腦是表徵物理變項及關係的基本工具。	利用數學與電腦來表徵已建立的關係是計劃的一個統整部分。
實作 (practice)	藉由使用模擬、標準化分析資料等方式進行。能預測物理環境中的行為。	結構工程學家提出一個數學分析的計劃去測量工程是否能承受更多壓力。

圖六、建立解釋並設計解決方法

	科學 (science)	工程 (engineering)
	目標在建立一個能解釋物質世界的理論。	目標在於建立一個對問題而言為系統式的解決方案
實作 (practice)	當一個理論具有多種實務性證據、能對證據提供強大的解釋力、並具有一致性，即能被接受。	每個被提出的解決方案起因於對於偏好功能、科技可能性、經費、美學及合法的需求等競爭性判準的平衡結果。最理想的選擇係依據提出的解決方案能契合判準與限制性。

圖七、由證據去進行論辯

	科學 (science)	工程 (engineering)
	推理與論辯是對自然現象提出澄清與定義解釋的必需要素	推理與論辯是發現對問題最好的解決方法的必須條件。
實作 (practice)	科學家需要為自己的解釋作辯護、利用資料去形成證據、檢驗其他人的證據與建議，搜集同儕的資料整合為對現象最好的解釋。	工程學家在設計過程會蒐集同儕的想法，利用系統性的方法去比較異同、產生證據並作推論，評鑑其他人的想法並修正計劃。

圖八、認同、評鑑並報導

	科學 (science)	工程 (engineering)
	當學家無法對自己的發現做有效的溝通與說服時，科學並無法精進。	當設計無法有效的溝通與說服時，工程並無法產生或提升科技。
實作	科學家需要藉由口語、寫作、	工程學家需要藉由口語、寫

(practice)	圖表畫圖與模型等來溝通表達自己的想法與發現，並參與同儕的討論。科學需要藉由科學文本例如報導、解釋演講等來衍生意義。	作、圖表畫圖與模型等來表達自己的想法，並參與同儕的討論。與科學相同，工程學家需要由同儕的檢視、評鑑資訊衍生出意義，並有效的應用。
------------	---	--

因為科學與工程的主要目標不同——科學聚焦於對自然世界的提問與解答：工程則依據人類的需要與渴望，針對新產品的形式或產生過程提出解決方案——科學與工程的實作是彼此平行、互補的。在科學方案的設計上，如何將「科學-工程實作 (scientific and engineering practices)」教學模式的特質整合到科學寫作方案，是值得探究的方針。

3. 資優生與科學性獨立研究

Clark (2007) 認為，資優生具備高度智能、好奇、能在複雜的資訊中找到共通性、喜歡進行隱喻式和象徵性的思考等特質。科學現象具有因果關係、解釋簡明及一致的通則性等特性，恰能符合資優生在學習上的需求。

毛連塏(1995)認為指導資優生進行獨立研究的教學活動，可提供資優生：
 1.實際研究的經驗；2.培養研究的精神與興趣；3.加強研究方法的訓練；4.培養獨力和自學的能力；5.提高問題解決的能力；6.發展高層次思考的能力。獨立研究課程之基本意義則是研究者在學習過主題研究或專題研究後，獨自從事研究時，能根據自己的興趣，選擇主題，訂定研究計畫，選擇適當的研究方法，有效的蒐集資料、分析與解釋資料，並推論出研究結果。潘裕豐(1999)認為獨立研究課程具備以下幾個特色：1.強調師生在交互過程中共同建構課程的內容；2.課程的主要目的不是在於理解前人發現的知識；3.強調在學習活動展開的過程中，必須創設一種有助於探索的開放式情境與途徑，使學生圍繞某一主題主動的蒐集信息、選擇信息、加工處理信息，並應用知識解決問題。綜觀來看，獨立研究教學是一種強調師生共同探索、共同解決問題、相互合作與交流的學習歷程(潘裕豐，2004)。

資優生的科學課程規劃，已外加許多動手做活動，學生對動手做科學的動機與興趣已被激發。然，對於學習、呈現完整的科學研究，尚無經驗。獨立研究能帶領資優生經歷科學知識形成的完整歷程，並在歷程中，形塑科學素養。

整合研究者先前研究經驗與學校學習環境，本研究擬定透過發展科學寫作方案的行動研究歷程，聚焦、強調學生的科學實作（science practice），並融入適合小學生的工程實作（engineering practice）教學模式，引導資優生發展出自己的獨立研究主題與成果。教師在教學歷程中需融入適合學生層級的 engineering practice 教學模式，而如何經由行動研究過程中，讓資優學生體會科學與工程的不同，亦是研究發展的指標。

（二）研究目的：

1. 資優生形成獨立研究主題的歷程與困擾為何？
2. 寫作方案介入資優生的獨立研究後，學生的寫作文本表徵特特色為何？
3. 學生在科學寫作方案的引導下，獨立研究報告的品質為何？

貳、研究方法及步驟

（一）研究對象與研究題材：以參與研究教師所任教學校之中年級資優生為研究對象（18名資優生）。參與研究的教師以協助資優生發展獨立研究為核心，發展協助資優生的科學寫作方案。初始的科學寫作任務以引導學生藉由與寫作文本的互動，思考並建構探究主題，藉由寫作任務的引導，協助學生完成一份完整的獨立研究報告。研究者透過課程討論的過程，協助教師在科學寫作方案中融入「科學-工程實作（scientific and engineering practices）」模式，藉由模式中八個要素的實踐，讓學生體會科學與工程的不同，融入價值判斷的學習，得以更完整建構學生的科學素養。

（二）研究工具：

1. 寫作學習單：研究者依據學生擬定探究的主題，分析學生在進行獨立研究時遭

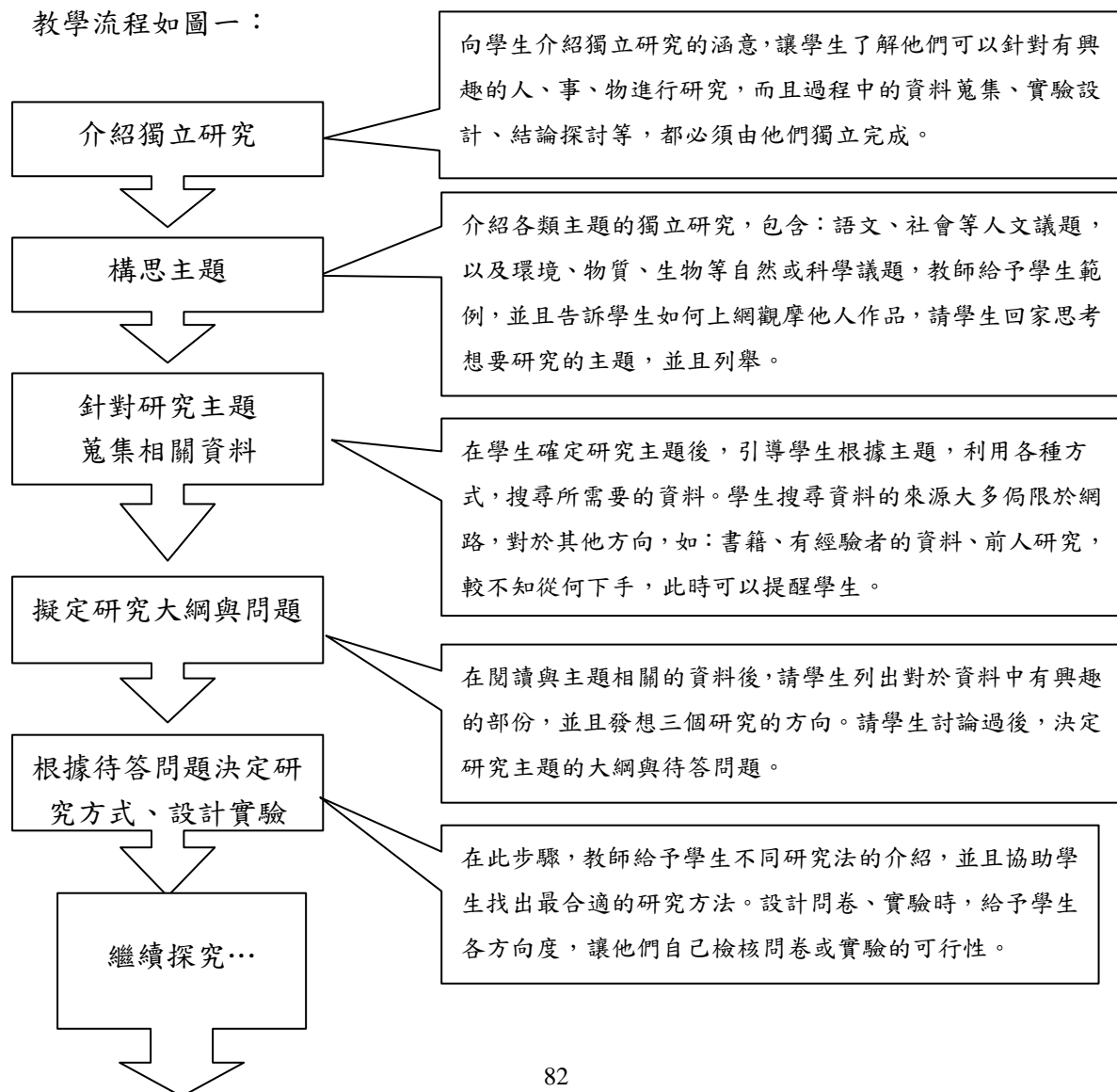
遇的困境，並參照文獻報導，設計寫作學習單。研究者可依據學生回應學習單的內容與方式，探尋建構可能回應研究問題的模式並建構關於學生科學寫作之理論。

2. 學生探究歷程產生的多方資料：包括學生的札記、晤談或觀察記錄、

3. 寫作評鑑表：研究過程並會依據學生所呈現的不同寫作表徵，發展一具信效度的寫作評鑑表。藉此評鑑學生的獨立研究作品在質性部分的發展與變化，以供作未來教師推展科學寫作教學時之參照。

(三) 研究步驟：

1. 教學流程：教學者讓資優生自主分為四組，讓學生先行討論感興趣的探究主題。教學者利用創造性問題解決模式（CPS）規劃探究基本概念的教學，教師的教學流程如圖一：

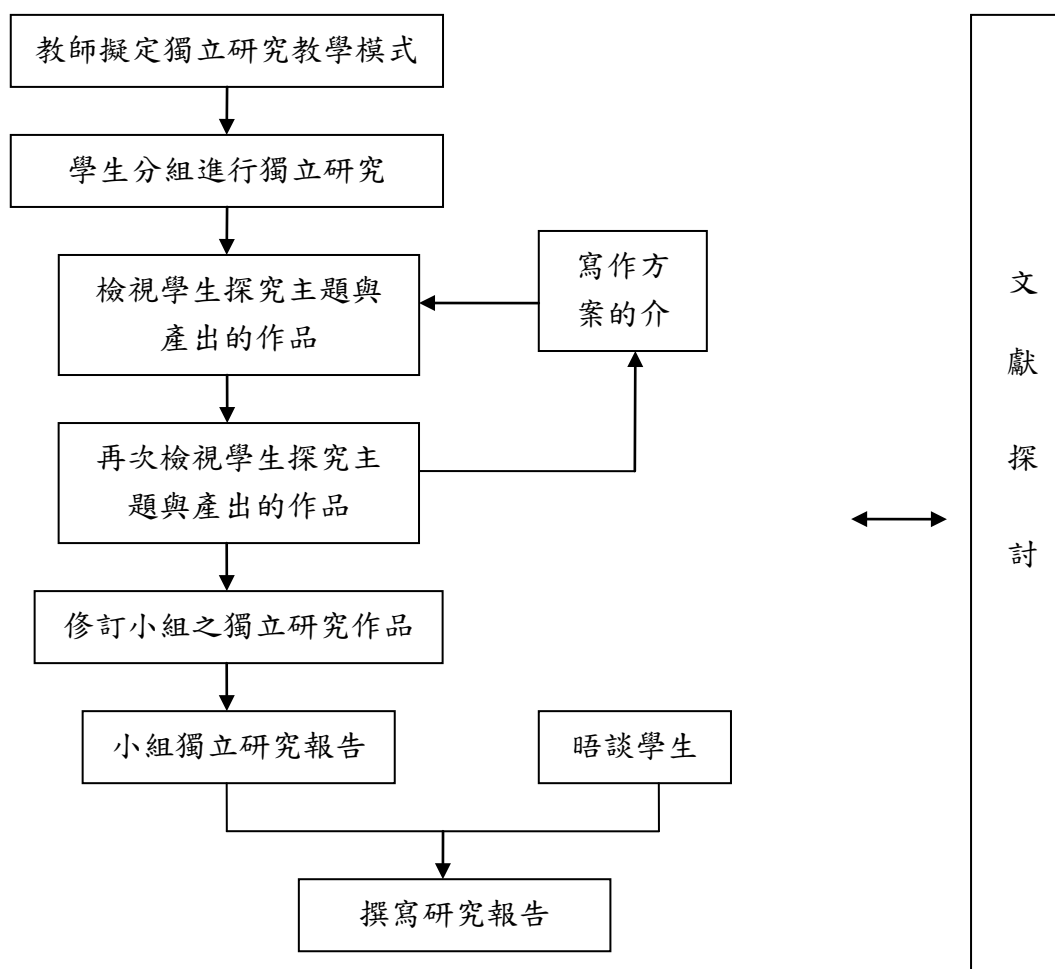


圖一：教師教學流程圖

2. 教師的寫作教學介入

學生擬定探究任務後，教師藉由檢視學生蒐集資料後呈現的報告內容，給予寫作任務的引導與介入。探究歷程中，研究者導入並分析學生呈現的「科學-工程實作 (scientific and engineering practices)」模式中呈現的討論歷程，以做為檢覈學生學習成效之依據。研究者藉由不斷檢視、評鑑學生獨立研究報告的內容品質，提出寫作引導對資優生進行獨立研究的影響分析，研究流程圖如圖二。

3. 資料蒐集：研究者會針對不同獨立研究小組收錄教師的教學過程與學生探究活動歷程、小組發表等錄影資料。並收錄學生的各類寫作成品包括：寫作學習單、札記與最後的獨立研究作品，以做為檢覈學生學習成效之依據。



圖二：研究流程圖

4.資料分析方法：研究將針對學生的晤談資料、寫作文本、口頭討論與發表、獨立研究作品等質性資料進行分析。

5.評估成果：研究將分析學生的寫作與獨立研究內容，並依據「科學-工程實作 (scientific and engineering practices)」教學模式評估學生呈現的獨立研究歷程，據此理解學生在寫作方案介入前後，獨立研究作品的品質變化趨勢。

參、目前研究成果

一、各組已形成獨立研究主題

18名資優生共分為4組，產生四個獨立研究主題，詳細資料如表一。

表一：各組之獨立研究主題

組別	獨立研究主題	指導教師
第一組	那一年，我們南瑤宮研究的日子	陳于鈞

第二組	廢物再利用-再生粉筆	陳于鈞
第三組	彰化市肉圓地圖	楊念倫
第四組	手工皂~	楊念倫

二、教師檢視各組學生學習進度並思考可介入之教學策略

在寫作方案尚未介入之前，教學者利用創造性問題解決模式（CPS）引導學生形成獨立研究主題，進行探究活動。教師教學省思與學生產出進度如表二、表三。

表二、第一、二組學生學習進度記錄一覽表

帶領教師	陳于鈞	
獨立研究題目	那一年，我們在南瑤宮研究的日子	廢物再利用-再生粉筆
蒐集之學生資料	1.每週研究日誌 2.11/25 第一次田野調查『媽祖繞境活動』 3.南瑤宮資料整理	1.每週研究日誌 2.實驗流程設計 3.討論每次實驗後遇到的困難及解決方法
目前已完成進度	1.南瑤宮資料收集 2.各項資料整彙 3.第一次實地田野調查 4.與南瑤宮導覽老師約定再次拜訪南瑤宮時間 5.每週研究日誌撰寫	1.確定研究主題 2.擬定研究問題 3.準備研究工具及材料 4.進行實驗一~四 5.討論實驗一、二結果
目前遭遇困境	資料的彙整（書籍與網路）過於依賴網路上別人整理好的資料，無法有新的想法與突破。	學生蒐集資料能力待加強，常遇到困難，便隨即放棄，不會多方嘗試。

表三、第三、四組學生學習進度記錄一覽表

帶領教師	楊念倫	
獨立研究題目	彰化市肉圓地圖	手工皂~
蒐集之學生資料	1.每週研究日誌 2.「對肉圓感知」之問卷設計	擬定手工皂製作流程

	2.第一次實際探訪肉圓店記錄 3.第一次自己製作肉圓的記錄	
目前已完成進度	1. 資料搜尋的部分已經完成。 2. 問卷調查的部份,目前只有蒐集到五年級的問卷資料,其他年段尚未完成。 3. 實際探訪一家彰化市區有名的肉圓店,預計在一月前能夠完成所有肉圓名店的探訪 4. 肉圓實作全都錄---目前完成第一次肉圓製作。	已利用第一種素材---氫氧化鈉製作手工皂。
目前遭遇困境	1.學生的資料查詢多限制於網路資料,缺乏多樣化。 2.欠缺對文獻資料的摘錄能力。 3.需克服肉圓實作的相關問題:如場地、時間限制性等。	學生找到的文獻資料多,但欠缺篩檢有用資料的能力。

肆、目前完成進度

- 一、各組學生形成獨立探究主題
- 二、各組指導教師提出學生呈現的學習困境
- 三、討論可介入的寫作方案

伍、預定完成進度

- 一、一〇一年九月一日至一〇一年十月卅十一日:教師群討論教學計畫。
- 二、一〇一年十一月一日至一〇一年十一月三十日:學生開始進行獨立研究。
- 三、一〇一年十二月一日至一〇二年一月三十一日:寫作方案的擬定與介入。
- 四、一〇二年二月一日至一〇二年二月三十日:學生資料初步分析。
- 五、一〇二年三月一日至一〇二年三月三十一日:學生晤談與資料整理
- 六、一〇二年四月一日至一〇二年五月三十一日:利用「科學-工程實作(scientific and engineering practices)」模式發展學生獨立研究評鑑表,分析學生獨立研究作品。
- 七、一〇二年六月一日至一〇二年六月三十日:撰寫研究報告及論文發表。

陸、討論與建議:整理中

柒、參考資料:整理中