

教育部 105 學年度 中小學科學教育專案計畫 成果報告書



計畫編號：003

計畫名稱：

“科”勢力---

以『引導式探究』學習模式發展國中生科學創意活動

主 持 人： 蔡明致

執行單位：台中市立居仁國民中學

中 華 民 國 1 0 6 年 8 月

目 次

壹、計畫目的及內容：	3
貳、研究方法及步驟：	4
參、研究成果：	7
肆、完成進度	13
伍、討論與建議	13
陸、參考資料	13
柒、附錄	14

壹、計畫目的及內容：

(一)背景：

蔡佩穎與張文華(1999)以質性的研究方法，探討學生進行實驗活動的過程與概念學習的成效時得到的結論：在實驗教學情境中，學生可從教師所搭建鷹架的教學流程和小組進行實驗的社會互動過程中獲得概念理解。許素(2002)認為以專題進行科學探究學習，學生能針對所探究的專題主動思考而提出問題，在解決問題的過程中，習得相關的科學概念與處理問題的能力，並培養出細心、耐性的科學態度，達致完整的學習。正因為多數科學教育學者和科學教師皆強調教學應培育學生成為一個獨立思考及問題解決者；而專題研習又是一個著重「過程」及「成果」的學習，著重基本科學概念及科學技能(Krajcik, Czerniak & Berger, 2003)。這一連串的歷程正是真實的科學體驗活動。但是，我們目前針對國中學生科學探究技能的養成課程卻相當有限。此外，本校每年在科學展覽活動中，學生所發表的專題研究報告數量都在十件以上。不過，科學展覽競賽結束後，仍有不少科學社群新進學生每每停滯於測試研究主題的可行性，而無法完整的經歷專題研究之歷程。因此，本次研究期望組織教師團隊，將本校歷屆學生所進行的專題研究主題，依照「引導式探究」的學習環教學模式，設計成適合國中生假日創意科學活動之模組。在學校正式課程之外，根據課程相關議題提供真實性的創意科學探究課程，藉以培養學生主動探索與研究、表達溝通與分享等的能力。是本計畫的主要目的。

根據 Martin-Hansen(2002)提出三個探究模式學習種類的分類，包括：1. 結構式探究；2. 引導式探究；3. 開放式探究。本研究針對國中學生屬於科學探究生手之屬性，擬以「引導式探究」的學習環模式，開發適合國中生的假日專題研究之教學課程，使問題解決的教學設計符合學生的背景特性，促進其完整的從事科學探究之歷程經驗，如此才能有效提昇其探究能力。因此，本研究擬參考鐘建坪(2010)所整合之引導式探究模式：將「建模架構」植基於「5E 學習環」(Bybee, 1997)，其中「建模架構」採 Schwarz 和 White (2005)的「科學探究建模」(scientific modeling inquiry)架構，包含七個階段：活動參與(engage)、問題(question)、假說(hypothesis)、研究(investigation)、分析 (analysis)、模型(model)與評鑑(evaluation)。因此本研究除了分階段調查學生的參與動機之外，將透過模型產生(generation)、同儕互評的評鑑(evaluation)以及修正(modification)歷程，檢驗與回溯每個階段的探究成果，並分析學生所遭遇之困難及改進策略。

(二)目的：

1. 國中學生在引導式探究的「建模架構教學模組」，各階段參與動機與感受。
2. 國中學生在引導式探究的「建模架構教學模組」，所遭遇之困難及改進策略。

貳、研究方法及步驟：

一、組織教師團隊以「5E 學習環」發展「引導式探究」創意科學活動教學模組：

Bybee (1997)協助 BSCS 課程提出 5E 學習環，區分成為五個階段，分別是**參與、探索、解釋、精緻化以及評鑑**。其中參與階段目的是讓學生能夠參與理解學習任務並且連結過去與目前的學習經驗；探索階段過程中學生會提出問題，開始進行數據的收集，形成基本的概念理解；解釋階段目的是讓學生基於先前知識與探索的數據結果提出合理解釋作澄清說明；精緻化是指學生能將所學到的概念透過情境的轉變達到遷移的效果；評鑑階段是讓學生能夠有機會評量自己的概念理解，提供教師評鑑學生進步的情形。本研究將以「5E 學習環」之課程設計模式成為教師設計課程發展的教學鷹架，協助教師團隊將本校學生歷屆科展探究主題以「5E 學習環課程發展模式」設計為引導式探究之創意科學活動。

二、辦理「假日創意科學學生營隊」活動，促進學生專題研究社群之成立：

(一)「參與」與「提出問題」階段：

辦理「假日創意科學學生營隊」，以「引導式探究」創意科學活動，以教學模組訓練生手學生進入探究情境及激發可進行主題探究的新問題。以教師團隊開發之「引導式探究」創意科學課程，提供假日創意科學探究活動，活動促進學生「參與」科學議題情境，觀察情境、察覺問題，並藉由小組進行腦力激盪與資料蒐集，進而「提出可探究之新問題」，成為新的探究主題。

(二)籌組「學生科學社群」「提出假說」階段：

於「暑期科學營隊」籌組「學生科學社群」並辦理「假日科學營隊」引導討論新探究主題、確認問題研究方向並提出新主張以形成假說。以半結構式問卷，發覺學生探究過程所遭遇之困難。於教師團隊中發表及蒐集資料協助學生解決探究困難，提高學生探究過程之成就感，期能協助學生體驗完整探究歷程。

(三)發展及經營「學生科學社群」，以階段性任務進行引導式探究：

「學生科學社群」在發展新成立之探究主題發展階段，藉由結合「建模架構」之「引導式探究」輔導學生進行研究專題。並於新專題之研究過程中，應用「建模架構」協助引導學生在實際問題解決策略上，以提高學習成效。由於「科學建模的學習」即轉化科學家運用思考智能逐步建構科學模型內物件之間的關聯至科學概念的學習（鐘建坪和邱美虹，2014）。因此，科學學習歷程中應該考量學習者先前心智模型與其預設，透過產生、修正與重建的步驟，協助學習者逐步建構正確的科學模型。本研究將針對學生的新專題，於其探究學習歷程中，採 Schwarz 和 White (2005)的「科學探究建模」(scientific modeling inquiry)架構，提供階段性的省思與回饋，所包含的七個階段有：**參與(engage)、問題(question)、假說(hypothesis)、研究(investigation)、分析 (analysis)、模型(model)與評鑑(evaluation)**。其中，「假日創意科學學生營隊」探究活動內容屬於**參與**

(engage)、問題(question)、假說(hypothesis)三階段之探究活動。「假說之測試」將以「學生科學社群」進行階段性任務之引導式探究。

1、「探索」及「解釋」階段：

「探索」階段：進行假說測試、變因操控之研究(investigation)、變因數值關係分析 (analysis)。「解釋」階段：進行變因數值關係與觀測現象之理論分析。

2、「精緻化」及「評鑑」階段：

「精緻化」階段的目標在建構探究主題之**理論模型**(model)，並藉由科學社團成果發表、科學展覽競賽及科學園遊會解說攤位之成果展示、分享問題解決經驗，達到科學素養之養成。

3、「評鑑」階段：

藉由上述活動之綜合及發表成果(所建立之模型)同時，接受同儕與家長的考驗及競賽評審專家之成績評鑑(evaluation)。

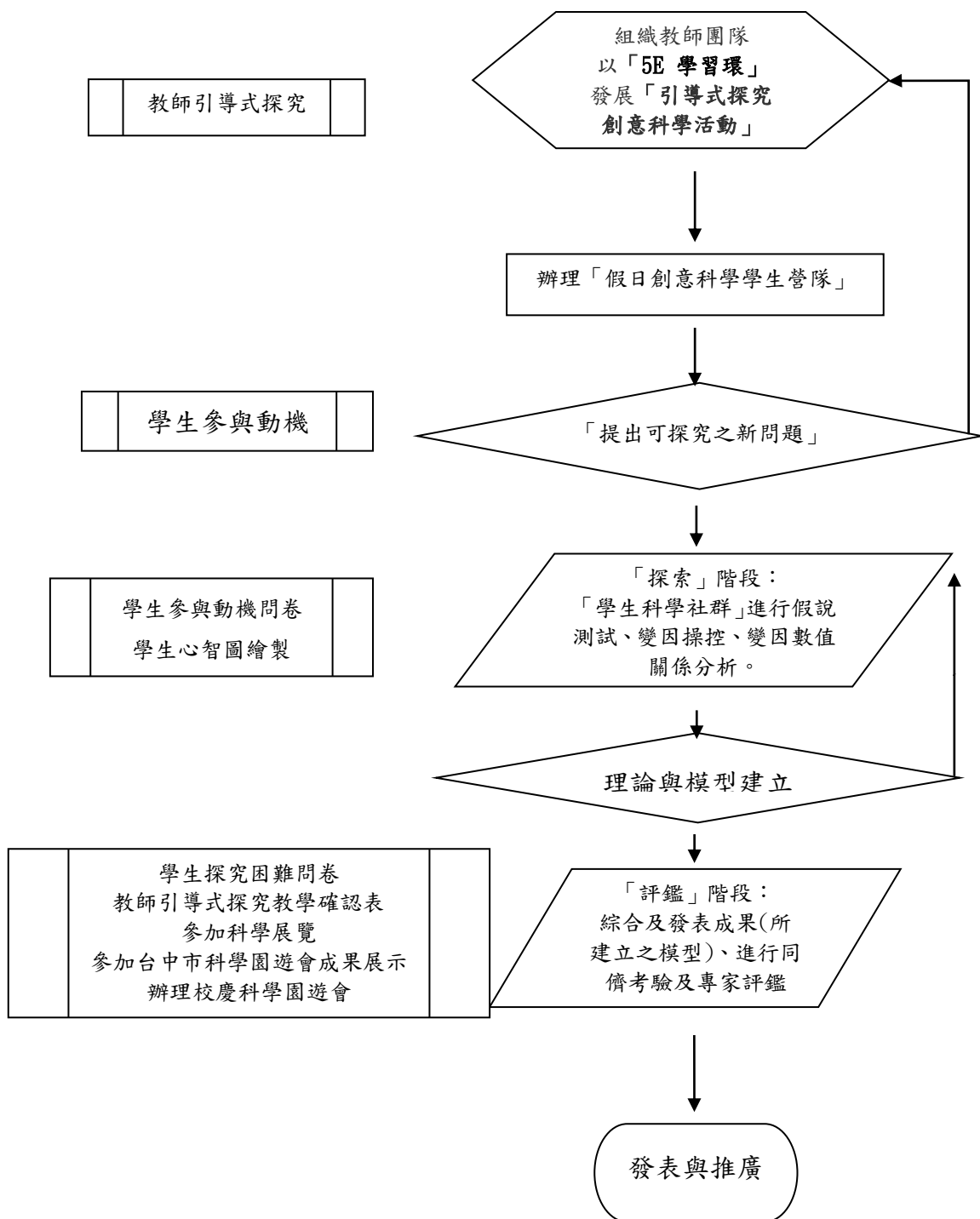
三、活動成效評估方式：

(1)以小組繪製心智圖方式，評估小組進行專題研究之問題解決程度。

(2)以半開放式問卷調查國中學生在「建模架構」探究教學各階段的活動參與動機。

(3)以半開放式問卷調查國中學生在「建模架構」探究教學中所遭遇之困難及改進策略。

四、研究流程：



參、研究成果：

一、辦理「暑期學生科學營隊活動」：

主題課程之科學概念	指導老師	創意科學探究活動主題	活動地點
酵素與催化劑	李敏瑜老師	埃及釀酒術	實驗室
		DNA 萃取術	
蒸散作用與表面張力	林昆龍老師	天然乾燥劑	實驗室
		肥皂動力船	
酸與鹼	鄭基豐老師	化學水火箭	實驗室
		植物染指示劑	
界面活性劑	吳智偉組長	生活中的介面活性劑	實驗室
		彩色泡膜	
電與磁	吳健志老師	隔空取電	實驗室
		太陽能電池自走車	
植物體的構造	張維倫老師	葉片滯塵及葉綠素電池	野外採集 及實地考察
		植物纖維與植物傳播	
柏努利定律	蔡明致老師	吸管飛機	實驗室
		蝴蝶飛機	

二、組織教師團隊---辦理「教師科學探究工作坊」

Google Classroom 在探究學習之應用	吳智偉組長
One Know 在探究教學之應用及實作	謝祖慈組長
生活中的科學	彰化縣芳苑國中黃子欣老師
廚房中的科學	
家電中的科學	林昆龍老師
家電的變形金剛	
實驗室毒物化學性質	台大公衛系林靖愉教授
實驗室公共衛生安全	
地震與房屋結構安全	興大土木工程系宋欣泰教授
改建與房屋結構安全	
太空科技與遙測技術	李敏瑜老師
科博館探究教學資源---化學篇	陳惠如老師
科博館探究教學資源---生物篇	
踏進互動科技--- Arduino 晶片功能	洪傳宗老師
踏進互動科技--- Arduino 程式設計	
踏進互動科技---3D 列印機應用	鄭基豐老師
踏進互動科技---3D 繪圖技術	

三、活動紀錄



科學教師研習



探究教學工作坊



學生科學探究實作



科展競賽觀摩

四、參加台中市科學展覽



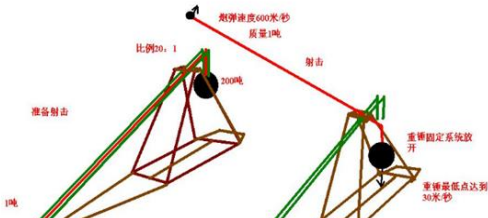
科別	作品名稱	獎項
數學	畢氏外的天空----正方形組圖面積研究	佳作
數學	魔尺變變變-化方為球	
物理	失速列車---膠囊列車速度影響因素的探討	
物理	無風不起浪---無扇葉風力發電機的原理分析	
物理	千里傳音---傳聲筒的轉音現象	
物理	轉「環」之間---螺管洋流發電機的設計	
物理	兵來漿擋---非牛頓流體防衝撞力之研究	第二名
化學	「硫」水年華---簡易化學反應速率檢測法的改良	佳作
生物	「鰭」開得勝---鯊魚魚鰭的推進原理分析	第三名
生活與應用科學	緩步當車---節能緩降機的設計	
生活與應用科學	天雷勾地火---簡易無線充電技術的改良	佳作
生活與應用科學	輕輕水上漂---節能水毬船的設計	

五、學生概念學習成效分析：

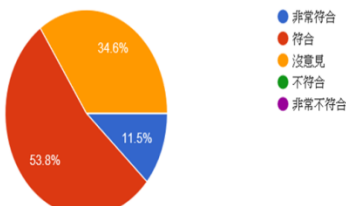
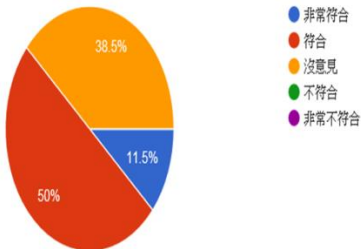
「失速列車」前測	「失速列車」後測
「反應速率」前測	「反應速率」後測
「魚鰭推進力」前測	「魚鰭推進力」後測

六、學生學習動機分析：

探究活動模組範例---投石器

<p>← 踏出你的第一步—投石器實作競賽</p> <p>問題 回覆 1</p> <p>踏出你的第一步—「投石器」實作競賽</p> <p>傳統是作科學的開始—科學方法的第一步「觀察」</p> <p>(一、情境)Real Trebuchet -- 巨型投石器</p> 	<p>問題 回覆 1</p> <p>※原理</p> <p>此投石器所利用的科學原理包含</p> <p>1. 槓桿原理：「施力點」壓下去的地方，「支點」就應懸樑中間支撐地板處，也就是樞軸中間處，「力臂」即施力點和支點的距離。「抗力點」投石器給乒乓球的地方</p> <p>第三槓桿：即施力點在中間的第一種槓桿。投射桿（抗力臂）越長，彈丸越輕，射得越遠。</p> <p>2. 能量守恆：彈力位能轉化為動能，使乒乓球彈射出去。並分為垂直動能與水平動能。垂直動能使乒乓球彈到高位，得到位能；水平動能使乒乓球獲得水平方向的初速度，決定彈射的距離。</p> <p>投石器</p> 
<p>(二、文獻探討)</p> <p>查出相關的原理：三個關鍵字(關鍵線索圖)</p> <p>http://scigame.ntcu.edu.tw/engine/engine-005.html</p> <p>http://blog.sina.com.cn/s/blog_56fc83b0102ezmq.html</p> <p>http://club.mil.news.sina.com.cn/viewthread.php?action=printable&tid=13308</p> <p>http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/elementary/0815/081510.pdf</p> <p>http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/c/1/080117.pdf</p> <p>http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/080116.pdf</p> <p>http://www.tyc.edu.tw/files/Cb/science/45/j2/b2/B214.pdf</p> <p>http://case.cy.edu.tw/mediafile/4220012/knowledge/391/577/578/2010-8-31-9-23-37-nf1.pdf</p> <p>投石器原理計算與分析</p> 	<p>請記錄你的設計在測試時的最佳結果：(單位：公尺)*</p> <p>請寫文字</p> <p>請說明(解釋)你運用的原理出現何種缺點，根據原理該如何改進(請條列說明)*</p> <p>請寫文字</p> <p>請說明(解釋)你改良時所用的原理中，最能提升競賽成績的部分是：*</p> <p>請寫文字</p> <p>《實作競賽感受問卷》</p> <p>請根據本次的競賽準備過程，說明你的實際感受：</p> <p>1-1發現主題階段：我先前已經習慣藉由觀察及閱讀過程發現生活經驗中造成不</p>

「投石器」探究活動動機問卷前後測比較

<p>《實作競賽感受問卷》</p> <p>1-1發現主題階段：我先前已經習慣藉由觀察及閱讀過程發現生活經驗中造成不方便的地方而產生疑問並開始進行應用及改良？ (26 則回應)</p> 	<p>1-2發現問題階段：本次活動中我已經開始藉由觀察及閱讀過程發現與生活經驗中造成不方便的地方而產生疑問並企圖開始進行應用及改良？ (26 則回應)</p> 
---	--

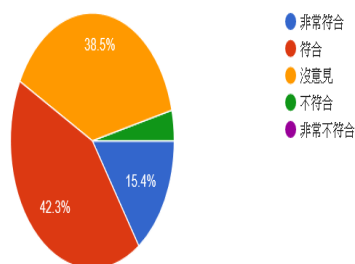
問題 1：國中生尋求適合探究題材有其困難度(54%→50%)

建議：1. 增加實作科學活動的種類及次數

2. 活動過程提供腦力激盪與回饋機制

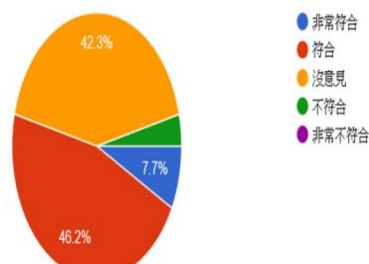
2-1 文獻探討階段：我先前已經習慣藉由觀察及閱讀文獻(網站)資料找出解決問題的相關原理理論，並加以利用及改良？

(26 則回應)



2-2 文獻探討階段：本次活動中我已經開始藉由觀察及閱讀文獻(網站)資料找出解決問題的相關原理理論，並加以利用及改良？

(26 則回應)



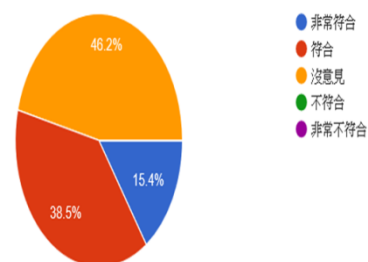
問題 2：國中生搜尋適用的文獻資料有其困難度(58%→53%)

建議：1. 提供相關作品展示參考文獻擴充策略

2. 適時進行原理教學

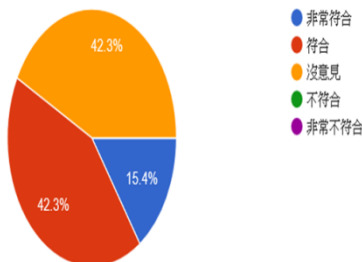
3-1 變因分析階段：我先前已經習慣藉由觀察及閱讀文獻資料，分析會影響解決問題的因素(變因)？

(26 則回應)



3-2 變因分析階段：本次活動我已經開始藉由觀察及閱讀文獻資料，分析會影響解決問題的因素(變因)？

(26 則回應)



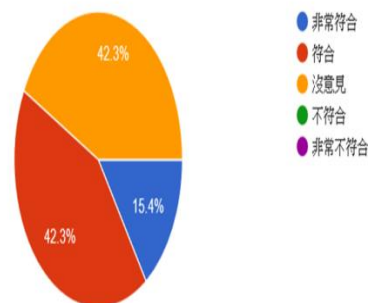
現象 1：國中生具備文獻探討解決科學問題的能力(54%→58%)

建議：1. 科學活動配合文獻探討解決科學問題可提升學生學習品質

2. 利用心智圖與概念圖統整思考工具，建立具體思考模式

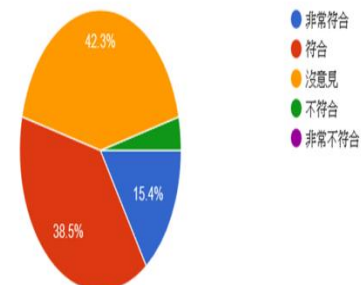
4-1 操控變因設計實驗階段：我先前已經習慣藉由自己設計實驗，改變及操縱變因進行創新發明產品的測試？

(26 則回應)



4-2 操控變因設計實驗階段：本次活動我已經習慣藉由自己設計實驗，改變及操縱變因進行創新發明產品的測試？

(26 則回應)



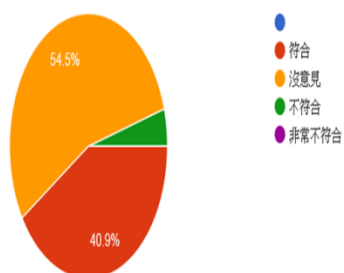
問題 4：國中生搜尋適用的文獻資料有其困難度(58%→53%)

建議：1. 提供相關作品展示參考文獻擴充策略

2. 適時進行原理教學

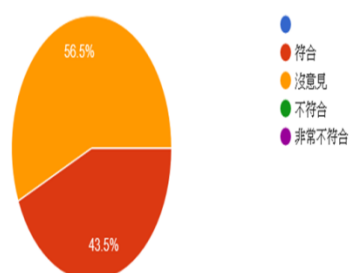
5-1競賽與發表階段：我先前已經習慣藉由解說及動手操作，來推廣自己所提出解決問題的方案？

(26 則回應)



5-2競賽與發表階段：本次活動中我已經習慣藉由解說及動手操作，來推廣自己所提出解決問題的方案？

(26 則回應)

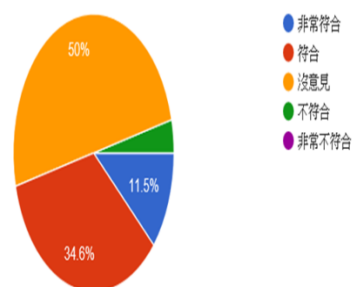


問題 5：解說練習能協助釐清概念提高自信(5.7%→0%)

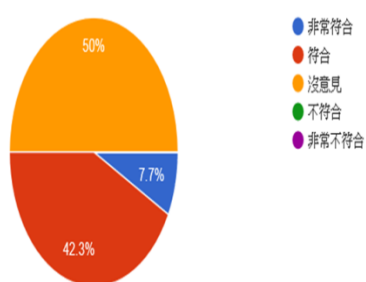
建議：1. 增加趣味科學活動的種類及次數

2. 提供腦力激盪與回饋機制

6-1結論及評斷階段：我喜歡大家對我所發表的發明想法提出建言？ (26 則回應)



6-2結論及評斷階段：我喜歡大家對我所發表的發明想法提出批判？ (26 則回應)

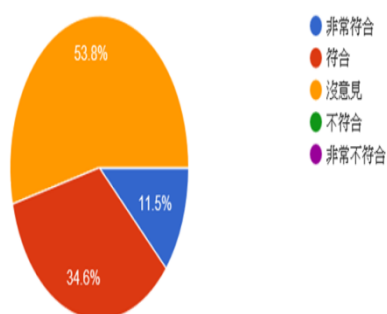


問題 6：尋求適合探究題材有其困難度(54%→50%)

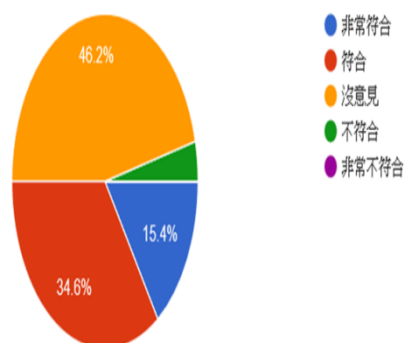
建議：1. 增加趣味科學活動的種類及次數

2. 提供腦力激盪與回饋機制

6-3結論及評斷階段：我喜歡發表時與人的互動，更甚於作品是否得獎？ (26 則回應)



7-1本年度實作科學活動之後，我仍希望繼續參加探究活動？ (26 則回應)



問題 7：尋求適合探究題材有其困難度(54%→50%)

建議：1. 增加趣味科學活動的種類及次數

2. 提供腦力激盪與回饋機制

肆、完成進度

一、進度甘特圖：

月份	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
組織教師社群進行文獻研討	●	●	●	●	●	●	●	●				
辦理及參與教師研習		●	●	●	●		●			●		
引導式探究創意科學課程研發	●		●		●		●		●			
辦理「寒暑期創意科學營隊」	●					●						●
辦理「假日創意科學營隊」	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
辦理「校慶科學園遊會」 參加「台中市科學園遊會」					●				●			
參加「科學展覽競賽」									●			●
學生科學寫作與網路平台維護		●	●	●	●	●		●	●	●		
撰寫研究及成果報告				●	●						●	●
進度百分比	8 %	16 %	26 %	36 %	50 %	58 %	66 %	72 %	82 %	88 %	90 %	100%

(●已完成)

伍、討論與建議

- 一、教師運用引導式探究協助學生進行科學專題研究，可在科學原理的探究上獲得助力，並促進學生根據原理進行假設推理與預測。因此建議指導國中學生進行專題研究，教師可與學生共同進行文獻探討，可提升學生探究品質。
- 二、本次指導學生進行專題研究過程，除以心智圖或研究架構方便評量學生科學原理應用的正確性，也運用定期研究進度簡報方式，提供學生反思回饋活動，可精進學生針對科學專題的邏輯推理。

陸、參考資料

- 蔡佩穎和張文華(1999)。國一學生參與生物實驗活動之過程分析與成效探討。科學教育，9，108-126。
- 許素(2002)。專題導向教學在國小六年級自然科實施之行動研究。臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文。
- 蘇詠梅(2003)：《走進專題研習中：理論與實踐》，香港，教育出版社。2016.03.21.擷取自：
<http://repository.lib.ied.edu.hk/jspui/handle/2260.2/6941>
- 吳耀明(2005)。問題本位學習在國小自然科之應用，新竹教育大學學報，21期：p.35-73。
- 吳清山，林天祐著(2005)教育新辭書。臺北：高等教育。
- 張俊彥，翁玉華(2000)。我國高一學生的問題解決能力與其科學過程技能之相關性研究。科學教育學刊第八卷第一期，P.35-55。
- 劉俊庚、邱美虹(2010)。從建模觀點分析高中化學教科書中原子理論之建模歷程及其意涵。科學教育研究與發展季刊，59，23-54。
- 鐘建坪(2010)。引導式建模探究教學架構初探。科學教育月刊。科學教育月刊，328期，2-18。
- 鐘建坪(2016)。科學模型與建模：科學建模文本與其學習成效。台灣化學教育，第11期
- Paul R. Brandon, Donald B. Young, Francis M. Pottenger, Alice K. Taum(2009), THE INQUIRY SCIENCE IMPLEMENTATION SCALE: DEVELOPMENT AND APPLICATIONS; , International Journal of Science and Mathematics Education, 2009, Volume 7, Issue 6, pp 1135-1147. 2016.03.21.擷取自：<http://km.tyes.ntpc.edu.tw/f2blog/index.php?load=read&id=1505>
- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. NewDirection for Teaching and Learning, 68, 3-12.
- Baer, J.(1997)Creative teachers, creative students.Boston:Allyn and Bacon.
- Parnes, S. J. (1977). CPS I: The general system.The Journal of Creative Behavior,v.11,p.1-11.
- Yager, R. E., & Tamir, P. (1994). STS approach:Reason, intentions, accomplishments, andoutcomes. Science Education, 77, 637-658.
- Kuhlthau, Maniotes, and Caspari (2007) Guided Inquiry: Learning in the 21st Century, Libraries Unlimited.

柒、附錄

一、科展專題發展問卷

1. 科學少年——第一步：科展專題發展

(一)歡迎加入科學家行列

青少年科學家的家： 國立臺灣科學教育館

臺灣國際科學展覽會 <http://www.ntsec.gov.tw/User/Article.aspx?a=3161>

全國中小學科學展覽會 <http://www.ntsec.gov.tw/User/Article.aspx?a=3162>

1. 查詢科展得獎作品挑選一篇自己喜歡的研究

國立科學教育館 <https://twsf.ntsec.gov.tw/Article.aspx?a=37&lang=1>

2. 列出文獻中提到的關鍵詞

(由文獻 看原理找“操縱變因”)

(由一篇文獻→找 N 篇參考文獻)

3. 仿作及測試變因之間的因果關係

4. 創新改變、新用途——實用性

5. 站在巨人肩膀上成為科學界的新巨人！

根據影片回答下列問題：

1. 我感到有興趣的一篇科展作品名稱？ *

您的回答

2. 這篇科展作品有哪些重要關鍵詞？會產生什麼影響？(請編號條列) *

您的回答

3. 根據關鍵詞，我又找到哪些參考資料的標題及網址？(請編號條列)

您的回答

4. 這篇科展作品我想運用到哪一個新的應用方向？ *

您的回答

5. 這一個新的應用方向，我找到哪些參考資料的標題及網址呢？(請編號條列) *

您的回答

6. 我為新的科展研究主題訂名為： *

您的回答

7. 這一科展研究主題會運用到那些原理？(請條列關鍵詞及網址) *

您的回答

二、《科展主題感受問卷》

請說明科展主題發展時遭遇的問題及感受：

1. 我會自己尋找所喜歡的科展研究主題進行研究？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

2. 在探討科展研究主題時，參考資料可以協助我解決問題所需要的原理或實驗方法？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

3. 在探討科展研究主題時，分析研究主題受到那些因素影響(尋找關鍵詞及設定操縱變因)可幫助我順利進行實驗設計？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

4. 在探討科展研究主題時，我覺得尋找(聯想、查詢)新的應用方向，用以造福人群，是件重要的事？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

5. 完成「科展研究主題實驗計畫報告」，讓我對於「完成整個科展實驗」更有信心。 *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

6. 以解決問題造福人類為研究考量重點，這讓我更願意投入科學研究？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

7. 分析變因的種類繪製研究架構，讓我更明確的知道如何解決科展主題？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

8. 我願意繼續進行科學研究？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

9. 目前我對尋找科展研究主題是有困難的？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

10. 目前我對分析解決問題的影響因素(變因)是有困難的？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

11. 目前我對尋找能幫助解決問題的文獻資料是有困難的？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意

12. 目前我對尋找能幫助解決問題的文獻資料是有困難的？ *

無意見 非常不同意 同意 不同意 非常同意