

教育部 107 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：發展及實施國小自然領域跨年級教學之研究
~論證導向探究教學取向

主持人：陳文正

E-mail：redhair8888@mail.edu.tw

共同主持人：劉俊億

執行單位：花蓮縣光復鄉大興國民小學

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？ 是 否

2. 執行重點項目：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：

- (1) 花蓮縣大興國小參訪基隆海洋科技博物館活動
- (2) 花蓮縣大興國小校內科學週闖關活動

4. 辦理活動或研習會對象：

- (1) 參加「花蓮縣大興國小參訪基隆海洋科技博物館活動」：本校高年級師生。
- (2) 參加「花蓮縣大興國小校內科學週闖關活動」：本校的全校師生。

5. 參加活動或研習會人數：

- (1) 「花蓮縣大興國小參訪基隆海洋科技博物館活動」：本校師生，共 13 位。
- (2) 參加「花蓮縣大興國小校內科學週闖關活動」：本校師生，共 45 位。
- (3) 參加「科技部 2019 全民科學列車活動」：本校高年級師生共 13 位。

6. 參加執行計畫人數：13 人

7. 辦理/執行成效：

本計畫的研究目的主要在發展適合偏鄉小校跨年級教學的論證導向的探究 (Argument Driven Inquiry, ADI) 教學模組，希望能提昇學童的自然科學習成效、論證能力及探究能力，同時，促進教師自然科的教學能力，特別是在跨年級自然課程的研發，以及跨年級自然教學策略方面的專業能力。以一所偏鄉小學的高年級學生為實施對象，過去，依據教師的課室觀察，該校學生的學習興趣及動機較為低落，為了提昇學童的學習興趣，在科學教育專案計畫的資助下，本校發展及實施 4 個論證導向的探究教學模組，科學探究學習活動「呈現問題、提出假設規劃實驗、執行實驗蒐集資料、轉化圖表支持主張、全班論證分享活動」等教學流程。研究工具包括論證能力測驗卷(陳文正等人, 2011)、科學探究能力自評表(楊秀婷、王國華, 2007)及質性資料(錄影、晤談、學習單、會議紀錄、省思札記)。研究發現：(1)以課程輪替的跨年級自然教學，搭配合班、同異分組、異質分組的方式，可以在混齡教學情境中實施 ADI 教學模式；(2)實施

ADI 教學活動後，學童的論證能力獲得提昇；(3)實施 ADI 教學活動可提升學生的探究能力，特別是在「資料轉化」的能力；(4)中能力學生的製作圖表能力獲得提升，低能力學生則無；(5)在跨年級自然課室進行 ADI 教學，有助於教師在探究教學、跨年級教學的課程設計及教學實務上的專業成長。

二、計畫目的

培養學童成為具有科學素養的公民，一直是各國科學教育工作者著重的面相之一，探究教學是科學教育的重點（教育部，2012；AAAS, 1993；NRC, 1996；NRC, 2013）。科學素養可分為(1)精熟科學語言及科學思考的基礎素養(fundamental sense)，以及(2)做出「獨立思考」及「合理判斷」的進階素養(derived sense) (Webb, 2010)，一位具有科學素養的學生必須要能辨別「個人意見」以及「具證據基礎的主張」(OECD, 2008)，而且要能夠辨識科學議題(identify scientific issues)、科學地解釋現象(explain phenomena scientifically)和使用科學的證據(use scientific evidence)(OECD, 2009)。探究和論證有具於學生培養科學素養(李松濤、林煥祥、洪振方，2010；洪振方，2010；楊秀停、王國華，2007；楊桂瓊等，2012；蔡俊彥、黃台珠、楊錦潭，2008；Brooks & Brooks, 1993；Khishfe, 2014；Kuhn, 2016；Minner, Levy, & Century, 2010)，但科學課室裡仍呈現「教師主導」的教學情境(Duschl & Osborne, 2002)。探究「論證」如何落實在科學課室？Walker 和 Sampson,(2013)認為論證導向的探究學習(Argument-Driven Inquiry, ADI)是可行的策略之一。

國內近二十年來的少子化現象，造成中小學的學生人數陡降，社會輿論關注的是學校面臨減班、裁校的問題，但是，更值得注意的是班級人數變少對偏鄉小校的影響。國內外的調查顯示，跨年級教學在學生情意方面有正向的影響(林欣毅、鄭章華、廖素嫻，2016；Veenman, 1995)，但國內針對國小自然領域發展及實施跨年級教學方面的研究及計畫仍少，需要有實徵性的計畫進行本議題的探討。

本計畫的研究目的主要在發展適合偏鄉小校跨年級教學的論證導向的探究(Argument Driven Inquiry, ADI)教學模組，希望能提昇學童的自然科學習成效、論證能力及探究能力，同時，促進教師自然科的教學能力，特別是在跨年級自然課程的研發，以及跨年級自然教學策略方面的專業能力。基於上述的研究目的，擬定以下的待答問題：

- (一) 發展自然領域跨年級教學的論證導向探究教學模組之歷程為何？
- (二) 教學前後，學童的論證能力的變化為何？
- (三) 實施論證導向的探究教學模組前後，學童的探究能力自評表現之變化為何？
- (四) 教學前後，學童的製作圖表的能力之變化為何？
- (五) 發展以論證導向的探究教學模組，並實施跨年級自然教學，對教師的專業成長之影響為何？

三、研究方法

(一) 研究架構

本計畫的行單位是花蓮縣大興國民小學，參與本計畫的二位研究者都是自然與生活科技領域教師，其中一位是該校的教導主任具有科學教育博士學位，另一位是該校教學組長具有碩士學位，兩位教師皆具有多年教學經驗，過去，曾經組成專業學習

社群，發展及實施社區踏查及文化探索等課程，參加花蓮縣專業E團隊網路社群競賽，獲得良好成績，此外，也曾經執行101年中小學科學教育計畫，發展及實施以原住民文化為本的科學學習活動，近年來更執行跨年級教學計畫，以上的教學研究經驗，有助於執行本研究計畫。另外，兩位研究者在個案學校已服務十年以上，對學生的學習經驗及特性相當理解。在工作分配上，本計畫主持人負責課程研發及教學，協同研究人員則是協助發展課程、文獻探討、發展及施測問卷、錄影、晤談及資料分析等工作。此外，邀請國立東華大學古智雄教授指導本計畫的規畫與執行，綜上，本計畫團隊成員具有理論與實務的專業素養，有助於本計畫的規劃與實施。

本計畫採用參與觀察及問卷施測，瞭解在發展及實施論證導向的探究(Argument Driven Inquiry, ADI)教學活動中，教師及學生的表現情形，並收集不同資料來回答研究問題以達成研究目的。本研究收集的資料項目如表1所示。

表1：本研究計畫預計蒐集資料項目一覽表

研究問題	資料收集
1. 發展論證導向的探究教學模組的跨年級自然科教學之歷程	討論紀錄、錄影、討論大綱、上課教材、教案、學生學習回饋單及教師省思札記
2. 從事探究活動前後，學童的論證能力的變化	論證能力測驗卷、錄影、訪談及教師省思札記
3. 實施論證導向的探究教學模組前後，學童的探究能力之變化	探究能力自評量表、訪談、學習單及教師省思札記
4. 教學前後，學童的製作圖表的能力之變化	錄影、訪談、學習單及教師省思札記
5. 發展論證導向的探究教學模組對教師的專業成長之影響	教師省思札記、錄影、訪談、上課教材及教案

(二)實施步驟

1. 規劃論證導向的科學探究學習活動以實施自然科的跨年級教學

本透過文獻探討及資料蒐集，並且以教科書為本，選取適合的實驗操作單元，發展適合國小高年級自然科跨年級教學的論證導向的探究(ADI)學習活動，做為學生科學探究活動的學習素材。

2. 確認論證導向探究教學模組的學習內容

本計畫採取的論證導向探究教學模組共分為五個學習階段，分別是：(1)第一階段：教師以概念卡通呈現問題；(2)第二階段：請各組學童針對問題提出假設(暫時性的主張)並且設計實驗步驟；(3)第三階段：學童依據規劃的步驟進行實驗並且蒐集資料；(4)第四階段：學童將所蒐集到的資料轉化成圖表來支持主張，並且交由其他組的學童進行審查；(5)第五階段：學童統整資料建構論證後向同學分享。

3. 在國小高年級跨年級自然教學班級實施論證導向探究學習活動

透過文獻探討及教學實作將五年級與六年級學生合班進行跨年級自然教學，探討跨年級自然教學可以採用的課程模式及分組分式。

4. 研究資料的蒐集與分析

將每次會議紀錄、訪談資料及教師省思札記等做成紀錄，此外，為了瞭解學童的學

習成長，預計蒐集課堂的學習單、小組工作單等資料，同時，在科學探究活動前後，將實施論證能力測驗及探究能力測驗。在「自然科探究能力自評量表」方面，本計畫選取個案學校的鄰校班級做為分析上的對照組，採取共變數分析(ANCOVA)，而學童的論證學習單，則是以 Toulmin(1958) 的 TAP 為架構，分析教學前後，學童的論證模式改變情形。

5.精緻探究教學活動融入學校本位課程

本研究的個案學校自 105 年起成為全國跨年級的基地學校，過去幾年在彈性課程、藝術與人文領域、健康與體育領域...等，已研發出可行、實用的教學模式，配合十二年國教的推展，該校目前正在發展跨年級教學為主的學校本位課程，本計劃兼具課程發展的性質，在計劃執行的後期階段，將精緻探究教學活動融入學校本位課程。

四、研究成果

(一) 發展論證導向的探究教學模組的跨年級自然科教學之歷程

教育部近期針對偏鄉、人數較少的班級應該如何實施跨年級教學進行探討，委託國立臺灣師範大學洪儷瑜教授進行的專案研究，該計畫發現：要在國小實施跨年級教學，可以從「調整課程組織型態」以及「安排分組教學」這兩個主軸來進行。而常見的跨年級教學的課程組織型態分為五種，分別是：(1) 全班教學 (Whole-class teaching)，(2) 螺旋課程(Spiral curriculum)；(3) 平行課程 (Parallel curriculum)；(4) 課程輪替(Curriculum rotation)；(5) 科目交錯 (Subject stagger)。本計畫目的主要是想在國小高年級的跨年級自然班級中(五、六年級合班)進行 ADI 教學，首先必須確認要採取那一種跨年級課程模式，然而，洪儷瑜教授等人從「學習內容、學生分組、教師角色、可能益處」等方面，針對這五種課程模式進行說明，並未針對特定領域進行跨年級教學採行的課程模式提出相關建議。經過研究團隊成員的文獻探討，並與本計畫的專家古智雄教授討論之後，決定從「解構課程內容、維持課程進行、差異化教學實施的可能、維持各班教學時數、維持教師人力配置、提供自學能力」等面向，分析前述五種跨年級課程的結果如表 2 所示。

表 2：採行不同課程模式實施跨年級自然教學之比較

編號	課程模式	無需解構課程內容	維持課程計畫進度	實施差異化教學的可能	維持各班教學時數	維持 2 位教師人力配置	訓練學生自學機會
1	全班教學	✓	✗	✗	✓	✓	✗
2	螺旋課程	✗	✗	✓	✓	✓	✓
3	平行課程	✓	✓	✗	✗	✗	✓
4	課程輪替	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	科目交錯	✓	✓	✗	✗	✗	✓

從表 2 的分析結果來看，採取課程輪替的方式進行跨年級自然科的教學，是比較適當的方式，主要因為合班上課之後，教師的教學策略選擇較多，學生有多元學習的機會，這種課程模式是依教科書的單元及進度，教師無需調整課程，可以縮短備課時間，然而，這種方式近似於大班級的教學，教師容易忽略學生的個別差異，必須搭配分組教學方

式，可以透過「異質分組：實驗操作」、「同質分組：討論活動」的方式，達到差異化教學的目的，換言之，在不同的 ADI 教學階段，必須安排不同的教學模式，才能讓學生得到適性的學習，所以，本計畫在跨年級自然教學的 ADI 教學模式如圖 1 所示。

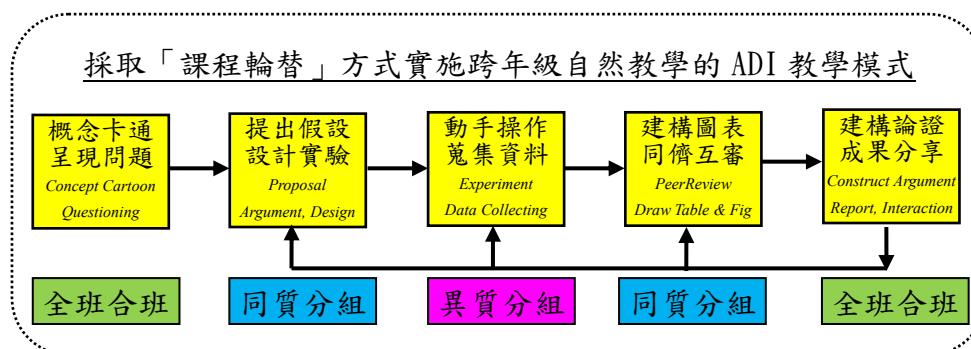


圖 1：本計畫在跨年級自然教學的 ADI 教學模式

(二) 實施論證導向的探究教學模組前後，學童的論證能力之變化

本研究使用 Toulmin(1958) 的 TAP 為架構，分析教學前後，學童的論證模式改變情形，結果如圖 3 所示。在 TAP 的架構中，各元素意義如下：C 主張；D 資料；W 說明；B 支持；R 反駁。學生建構的論證模式可能有不同層次，一般而言，提出【C 主張】、【C 主張-D 資料】是比較低的論證層次，若學生能提出【C 主張-D 資料-W 說明】、【C 主張-D 資料-W 說明-B 支持】則屬比較高的論證層次，個案學生的論證能力前後測的分析結果，如圖 2 所示。

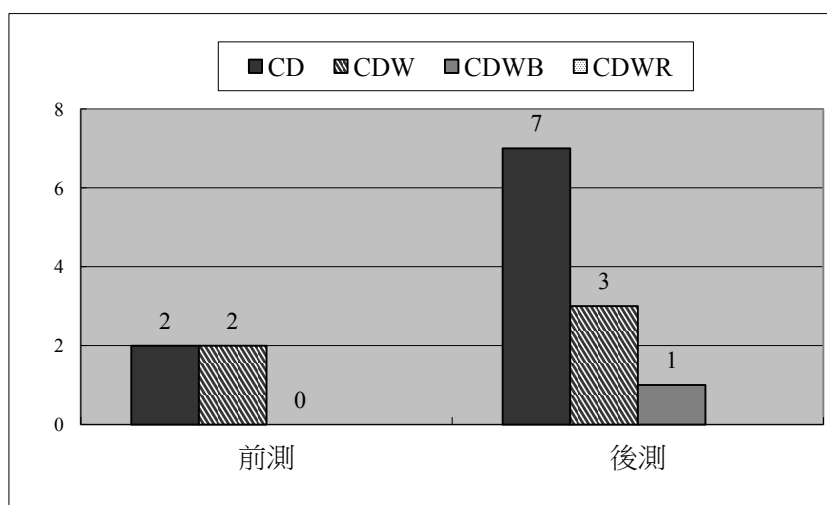


圖 2：單元一教學前後學童論證模式的改變情形

從分析的結果來看，教學前有 2 位學童論證模式是 CD(2/11, 18.18%)、2 位是 CDW(2/11, 18.18%)，顯示大多數學童無法完成「主張-證據」的論證模式，教學後，學童的論證模式出現頻率依序為 CD(7/11, 63.64%)、CDW(3/11, 27.27%)及 CDWB(1/11, 9.09%)，顯示，大多數學童已有能力完成「主張-證據」的論證模式，另外，也有若干同學表現出較高層次的論證，換言之，本研究實施的論證導向探究教學對學生的論證能力產生正向的影響。

(三) 從事探究活動前後，學童的探究能力的變化

本研究於教學前後，針對實驗組及對照組學童實施「自然科探究能力自評量表」，

該量表共 15 題，為李克氏五點量表設計，分為五個向度：(1) 理解問題：能辨識探究問題及相關概念；(2) 觀察記錄：探究時能做到觀察並作記錄；(3) 收集資料：探究過程遭遇困難時，會尋求資源來解釋，例如：請教同儕及師長；(4) 轉化資料：能將資料作解釋、歸納、分析；(5) 知識主張：探究過程可以學到新的知識。

由於前測分析結果顯示，實驗組與對照組學童探究能力自評前測的表現有所不同，為進一步分析兩組學童的差異，本研究以兩組學童的前測分數為共變數，施以共變數分析(ANCOVA)，以瞭解教學前後，學童在探究能力自評表現上的差異，共變數的分析結果如表 3 所示。

表 3：實驗組及對照組學童自然科探究能力自評表分析結果

實驗組(N=11)		對照組 (N=22)		F 檢定	p-value
調整後 平均分數	標準誤	調整後 平均分數	標準誤		
4.346	.134	4.302	.097	9.191	.001**

**表示 $p < .01$

從表 1 來看，經調整之後，實驗組學童在探究能力自評分數是 4.346，而對照組學童的分數則是 4.302。而且，共變數的分析結果達顯著差異性($p < .01$)，換言之，本計畫實施的探究教學模組有助於提昇學童的探究能力。由於實驗組人數較少，為了瞭解教學前後實驗組學童在探究能力自評上的變化，本研究以描述性統計說明，結果如圖 3 所示。

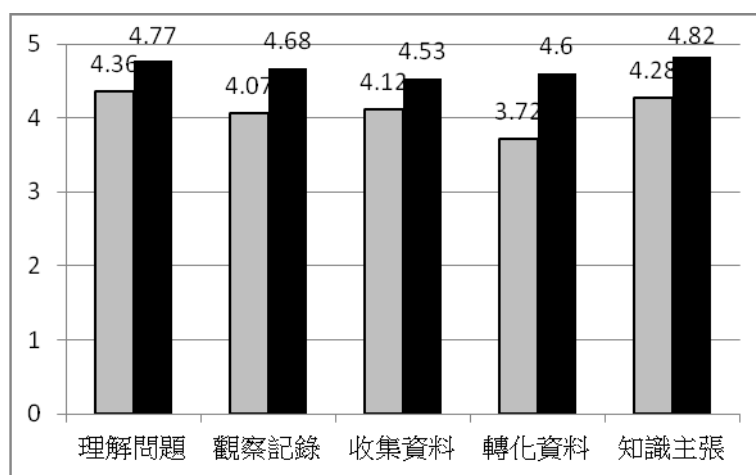


圖 3：教學前後實驗組學童探究能力自評表分析結果(N=11)

從圖 3 的結果來看，實驗組學童在五個向度的後測自評分數平均都高於前測，學生自評分數差距由大到小分別是「轉化資料」、「觀察記錄」、「知識主張」、「理解問題」、「收集資料」，其中，「轉化資料」問項，主要在「瞭解學童能否將資料作分析及解釋？」從分析結果來看，本研究的教學模組對於學生「轉化資料」等方面的能力有最大的幫助，這個量化結果和教師的課室觀察及學生的訪談結果相符。

(四) 教學前後，學童的製作圖表的能力之變化

本計畫的跨年級教學採取同質性分組，將 11 位學生分為 A、B 組(中能力)及 C 組(低能力)，本研究在「燃燒」與「力學」這兩個單元，針對學生製作及閱讀圖表的能力進行探討，從課室觀察及學生的學習單的作答結果來看，上學期進行「燃燒」單元時，多數學生可以記錄實驗數據，但無法獨力完成圖表製作，經過一個學期的 ADI 的教學之

後，下學期進行「力學」單元時，中能力組的學生除了可以記錄實驗數據之外，也可以獨力完成數據轉換成圖表的作業，然而，低能力組的學生仍停留在記錄實驗數據，必須在老師的指接指導之下，才能完成數據轉換成圖表的作業如圖 4、圖 5 所示。依據本計畫的教師課室觀察及學生的訪談結果發現，對低年能力組的學生而言，較不易理解控制變因、進行實驗設計等需要高層次思維能力的作業，這些學生較無法由數據中推論出變因間的關係，若無老師的協助與指導，僅能完成簡單的操作實驗、記錄數據的活動，這個發現和吳百興、張耀云和吳心楷(2010)的研究。簡言之，中能力學生的製作圖表能力獲得提升，低能力學生則無。

大興國小五年甲班 座號：3 姓名：林昱暉

一、請你利用老師提供的器材，自行完成成「重量」與「摩擦力」的實驗，可以參考課本的說明，再把實驗的結果記錄在底下的表格。

塑膠盒內的螺帽數量	1個	2個	3個	4個	5個	6個
盒底摩擦力的大小	10g	20g	30g	40g	50g	60g

二、請你想想，並且說給老師聽，這個實驗到底是想要知道什麼？

三、依據以上的實驗結果，把數據轉成折線圖，畫在底下的表格裡，請先思考，橫軸、縱軸分別是要記錄什麼數據，其中，有一個是要記錄摩擦力大小，要先把 10-250 公克的數據寫上去，可以參考課本的內容，最後，再把數據連成一個折線圖。

四、請你想想，並且說給老師聽，從這個實驗我們可以知道什麼？

圖 4：中能力學生製作圖表學習單示例

大興國小五年甲班 座號：2 姓名：周淑華

一、請你利用老師提供的器材，自行完成成「重量」與「摩擦力」的實驗，可以參考課本的說明，再把實驗的結果記錄在底下的表格。

塑膠盒內的螺帽數量	1	2	3	4	5	6
盒底摩擦力的大小	10g	20g	40g	50g	70g	90g

二、請你想想，並且說給老師聽，這個實驗到底是想要知道什麼？

三、依據以上的實驗結果，把數據轉成折線圖，畫在底下的表格裡，請先思考，橫軸、縱軸分別是要記錄什麼數據，其中，有一個是要記錄摩擦力大小，要先把 10-250 公克的數據寫上去，可以參考課本的內容，最後，再把數據連成一個折線圖。

四、請你想想，並且說給老師聽，從這個實驗我們可以知道什麼？

圖 5：低能力學生製作圖表學習單示例

(五) 發展論證導向的探究教學模組對教師的專業成長之影響

整體而言，執行本研究計畫後，參與教師對探究教學及自然科實施跨年級教學有更深一層的理解，也提昇了探究活動的設計能力，執行本計畫也有助於教師間的溝通協調、人際互動及執行研究計畫能力之發展。此外，特別值得一提的是，本研究的跨年級自然教學由兩位老師共同負責，兩位老師皆取得自然專長教師認證，其中一位具有十多年的自然教學經驗，另一位教學經驗較少，透過合班上課的模式，讓小校教師有機會和同儕教師一起進行備課、觀課及議課，這是在單一班級的教學情境中不容易做到的事。

五、討論及建議

- (一) 本計畫在個案學校的跨年級自然教學場域中，以課程輪替的方式進行混齡教學，教學採「論證導向式的探究模式」，依據研究結果應該可行的方式，可做為未來本校發展安排跨年級自然科教學課程及教學設計之參考。
- (二) 在實施「論證導向式的探究教學」時，初期發現學生較習慣傳統式的教學活動(教師主導、傳輸式)，對於「呈現問題、提出假設設計實驗、執行實驗蒐集資料、資料轉圖表支持主張、建構論證同儕分享」等教學流程較不熟悉，教師可以提供鷹架，把這些教學流程分配至不同學習活動之中，待學生較為熟悉之後，再導向

整個教學活動。此外，本計畫也發現，ADI 教學模式的使用有其限制，比較適合在「物理、化學」有關的單元進行，而在「生物、地科」相關的單元則較不適用，這可能與 ADI 教學活動需要做實驗設計有關，生物與地科的相關單元，較不容易做這方面的操作。

- (三) 在跨年級自然課室中，將兩個班級合班進行混齡教學，兩個老師可依照專長分工，做好教學定位，建議可以由一位老師擔任主教，另一位則擔任協同教師，協助低學習成就組的學童進行學習。另外，本計畫採取「課程輪替」的方式進行跨年級教學，合班上課容易讓授課忽略有兩個不同年級的學生在同一個班級之內，依據本計畫的執行經驗，合班進行混齡教學，會擴大了班級內的學童差異性，必須透過分組活動來縮小合班後產生的差異性，然而，分組標準並不易有一致性的原則，可以透過「異質分組：實驗操作」、「同質分組：討論活動」的方式，達到差異化教學的目的。
- (四) 本團隊除了執行原訂計畫的內容之外，利用教育部補助的經驗，安排個案學童參加科技部的科普列車活動，並且仿照該活動，讓參與計畫的學童在校內辦理一個科學闖關活動，帶領中低年級學童學習相關單元，參與的學童普遍具有正向評價。