應用 5E 學習環在幼兒物理性知識教學策略研究

邱春寧 [1*]　徐素婷 [2]

[1] 銘傳大學 教育研究所 碩士在職專班 研究生

[2] 國立清華大學 學前特殊教育碩士在職學位學程 研究生

摘要

本研究係教師行動研究應用 5E 學習環中的五個階段，設計教學活動於 15 位大班幼兒教室內的組合建構區，以參與式觀察法了解軌道遊戲建構幼兒物理性知識，目的為探討應用 5E 學習環建構幼兒物理性知識的教學策略。經教學研究後分析質性資料獲得以下結論：

一、E5 評量是規劃教學策略最重要的參考資料。

二、5E 學習環其循環的行進需依幼兒的個別差異，且依幼兒個別能力、興趣及需求其循環的行進速度亦有所不同。

三、在進行 E2 探索及 E4 精緻化的階段時應同時提供 E3 解釋階段，並且鼓勵幼兒嘗試用自己的邏輯與語言來解釋在觀察中所發現到的現象。

四、幼兒的學習是動態的歷程可將 5E 學習環中的五個階段規劃於環境及師生互動的鷹架及引導。

最後據研究結論及歷程中的省思，分別給予欲建構幼兒物理性知識的幼兒園現場教學工作者及未來研究做為建議。

關鍵字：5E 學習環、幼兒物理性知識、軌道遊戲、教學策略

*E-mail：k4586984@gmail.com　Tel：03-3385639

A STUDY ON APPLYING 5E LEARNING CIRCLE STUDY THE TEACHING STRATEGIES CHILDREN PHYSICAL KNOWLEDGE

Qiu, Chun-Ning[1*]　Hsu, Su-Ting[2]

[1]Ming Chuan University Institute of Education Master's in-service class Graduate

[2]National Tsing Hua University Master Program in Early Childhood Special Education

Abstract

This research department is the five stages in the 5E learning loop of teacher action research application,Design teaching activities in the combined area of 15 children's classrooms in Taipan,Adopting participatory observation method to plan orbital games to construct children physical knowledge. Objective To explore the teaching strategy of constructing children's physical knowledge by applying 5E learning loop, After analyzing the qualitative data after teaching and research, the following conclusions are obtained：

1. E5 Evaluation is the most important reference for planning teaching strategies.
2. The 5E learning loop needs to adapt to the individual differences of the children, and the speed of the cycle depends on the individual's individual abilities, interests and needs.
3. The E3 Explanation phase should also be provided during the E2 Exploration and E4 Elaboration phase. And encourage young children to try to explain the phenomena found in observation with their own logic and language.
4. The learning of young children is a dynamic process. The five stages of the 5E learning cycle can be planned in the environment and the scaffolding and guidance of the teacher-student interaction.

Finally, according to the research conclusion and Thoughts in the Course of Research, Give the kindergarten on-site teaching staff and future research as recommendations for the physical knowledge of young children。

Keywords：5E learning ring, Children's physical knowledge, Orbital games, Teaching strategies

*E-mail：k4586984@gmail.com　Tel：03-3385639

壹、前言

一、研究背景

幸曼玲（2003）在科學教育的迷失一文中，提出「幼兒科學教育被認為是各科教材法中最弱的一環」。在幼教現場上「拒教」、「懼救」、「錯教」科學的現象，極爲普遍，其主要因素爲教學者之學科知識不足與對幼兒科學概念之發展概況不清之故（周淑惠，2003）。探討其可能原因為科學概念有其標準不變的答案，而教學工作者擔心自己的科學知識不足，稍有不慎可能給予幼兒錯誤的概念。李如瀅（2018）在研究過程中亦發現到，教學者因不諳科學領域，遂影響了教學信心，亦使一般教學技巧受到影響。因不知如何將抽像的科學概念轉化成幼兒能理解的概念。如上所述，幼兒科學教育領域一直是讓研究者又愛又怕的，故未能深入的去做了解，亦不知該如何進行和提供幼兒具深度的學習經驗。；引自

2006 年 Bybee et al.（引自張維倫，2012）提出 1980 年代由美國生物科學課程之小學課程展出來的 BSCS（Biological Science Curriculum Study）課程，以瑞士學者皮亞傑(Piaget)的認知發展理論為基礎，發展「5E 學習環」其五個教學階段分別為 E1 投入（Engagement）、E2 探索（Exploration）、E3 解釋（Explanation）、E4 精緻化（Elaboration）、E5 評量（Evaluation），每階段皆有清楚的教學任務，幫助學習者發展科學探究能力，引導教學者在各個階段設計多元的教學活動，引發學習者投入、鼓勵探究、解釋或釐清錯誤概念、延伸概念的應用、評量學生的學習成效（顏弘志，2004）。陳裕方、李文德（2005）指出此模式強調以學習者為主體，在探索中主動的建構知識，教學者為引導及協助學習的角色。

經驗主義的學者洛克提出，「知識源自個體之外，需經過人體感官經驗才能內化」在此強調經驗的重要，皮亞傑將兒童比喻為「小小科學家」，兒童會在經驗中建構其知識。當兒童會從他操弄的物體中觀察被操弄物體的改變從中抽象化建構自己的知識這一類的知識他分為物理性知識和數學-邏輯性知識。1993 年 Kamii,C 與 DeVies R（引自趙怜雅 2011）物理知識主要來自於物體本身改變的種種現象，我們要能獲得其知識，唯一的方法是透過實際行動的操弄及心智的思考行為來獲得。吳淑美及魏淑君（2012）提到物理知識是指物體在本質上，可使外在世界看得到的特質。綜上所述，物理性知識是一種操弄經驗性的知識建構歷程，例如：將一個木球和皮球，從高往下丟，人們可以透過觀察得知二個物體用同樣的高度及力道將其丟出去，但二個物體所呈現的反應是不同的，木球不會彈跳而皮球會持續彈跳，人們從反覆幾次操作後觀察的經驗得知，木球不會彈跳而皮球會彈跳

的物理性知識。故幼兒對物理性的知識來自於幼兒從對物體本身的操弄，在建立足夠的經驗後，從經由反省性抽象化就能建構其物理性的知識（洪文東、李長燦，2008）。

「5E 學習環」各階段學習過程是以建構知能的教學模式，其課程發展及教學引導步驟具體明確容易實行，提供學習者一個互動式的學習環境，讓學習者主動探索去學習，主動建構自己的知識經驗，並以學習者為中心，教學者不是知識的傳遞者，是促進學習者主動建構知識的輔助者。研究者欲在行動研究中透過 5E 學習環去思考，如何將此五個階段規劃於教學策略中，引導幼兒探索、發現進而探究科學概念藉以提升研究者在科學領域的教學能力。

二、研究目的

皮亞傑（Piaget）曾說過「智慧的花是開在手指頭上」研究者希望藉由 5E 學習環，提供幼兒與科學互動的經驗，在操作實驗中發現物理性的知識，在研究中觀察、修正、反思找尋有效的教學策略，其結果可以反應給研究者在未來教學課程的規劃與引導，並提供研究者需要去做調整與進步的方法，以提升研究者教學的專業能力。透過研究歷程提供幼兒探究科學概念的學習經驗，略盡綿力讓幼兒教育走入科學領域的課程學習，更期望能帶給幼教相關領域的人士走進未來的展望。

故本研究欲探討將 5E 學習環實踐於幼兒園學習區課程在組合建構區中引導幼兒探索運用木條形積木及其他配件，組合設計出路徑讓不同球體(彈珠、鋼珠、磁珠等)行進的軌道遊戲並探究其不同球體(彈珠、鋼珠、磁珠等)的物理性知識。欲了解 5E 學習環在此教學活動中，有效幼兒建構物理性知識的思考探究能力其教學策略為何。

綜上所述，擬定本研究目的為探究 5E 學習環於幼兒園學習區中建構幼兒物理性知識之教學引導策略。

貳、研究方法

一、研究設計

本研究採取參與式觀察研究進行研究並以幼兒學習過程記錄照片、影片、訪談記錄、教學日誌及研究札記等質性資料的收集與整理作為分析結果的報告。王文科及王智弘（2017）參與式觀察研究是觀察研究法之一，在研究過程中觀察者

成為被觀察團體中的一員，參與被觀察者的活動及生活。同時扮演參與者的觀察者的角色。故觀察者不會被視為活動中的局外人，被觀察者較不會防衛觀察者及個體所表現的行為，同時亦可維持觀察研究時的自然情境，故其被觀察者所表現出來的行為也就較具有真實性,所得研究結果亦有較大的應用性(郭生玉,2012)。其參與觀察研究亦其限制，其中最主要的是觀察者扮演雙重角色，當他扮演參與者的角色時,對於所觀察到的現象會有正確性的誤差及客觀性判斷。郭生玉(2012)指出欲提高研究結果的客觀性，在資料收集及判斷時研究觀察者者應減少偏差如下列所述：

(一)研究觀察者對被觀察者的影響

當研究者的行動意圖向被觀察者發現，被觀察者的表現則不顯自然或改變本來的想法或行為，亦即影響觀察結果的正確性。

(二)觀察者的偏差

觀察者過去的經驗及主觀意識對被觀察者的行為、觀察情境與結果將產生不同解釋，產生影響其結果的判斷，亦即缺乏客觀性。

(三)觀察者對觀察的遺漏

可能因觀察者個人的偏誤又或被觀察者同時出現多個欲觀察的行為，導致無法確實記錄事件發生的情形及次數。

綜上所述，研究者在進行教學研究期間，除了規劃環境、課程及設置相關教具亦將自身角色設定為在學習區活動的一員，以營造自然情境持續觀察與聆聽幼兒的想法並參與整個活動的發展，了解幼兒的探索過程、發現的問題、與同儕的對話等情形並將其如實記錄幼兒們的表現、參與及探索的形式；倘若幼兒們在探索過程期間，研究者觀察到幼兒有想法或獲得新概念時，將上前詢問並了解幼兒的想法及發現的新概念。研究期間同時將所蒐集的資料及相關的訊息與指導教授討論，以利觀察記錄更加詳實精確，讓研究結果更為完整。

二、資料收集與編碼

各項資料的收集包括課程規劃、幼兒學習過程記錄照片、影片、訪談記錄、教學日誌、研究札記及其他文件等輔以設置適當的編碼，以便回溯與閱讀資料時的解讀與分析，其資料編碼設置如表 1 所列如下：

表 1 資料編碼表

代號	資料的意義
T	表示研究者

S	表示全體小朋友
S1	表示號碼為 1 號的小朋友
訪 S1/1080219	表示民國 108 年 02 月 19 日訪問 1 號幼兒之內容
課 1080219	表示民國 108 年 02 月 19 日課程計劃之內容
觀 S01/1080219	表示民國 108 年 02 月 19 日觀察 1 號幼兒之照片內容
影 S01/1080219	表示民國 108 年 02 月 19 日觀察 1 號幼兒之影片內容
錄 S1/1080219	表示 1 號幼兒民國 108 年 02 月 19 日自繪學習區活動記錄之文件資料
省/1080219	表示民國 108 年 02 月 19 日省思札記之內容

資料來源:研究者編撰

參、研究設計與實施

為探究應用 5E 學習環之教學策略，規劃五週的課程於研究者現場教學的場域，於 15 位大班幼兒教室中的組合建構區設置軌道遊戲。以軌道遊戲為 5E 學習環應用之媒介,其主要教具物件為斜面操作木板其規格為寬 60 公分*長 100 公分*厚 3 公分其操作板斜面高度同為 10 公分、組合軌道教具為 12 公分*2.6 公分*0.8 公分的長條形積木及 6 公分*1.3 公分*0.4 公分長條形積木的短條形積木、可滾動的球體如:5mm 鈦鐵硼磁鐵球（此本研究簡稱為巴克球）、15mm 磁球、13mm 鋼珠、25mm 大彈珠、16mm 小彈珠及輝柏隨意貼黏土進行組合搭建軌道路徑，並依幼兒探索情形陸續設置多元的素材如:橡皮筋、指尖陀螺、磁棒、竹籤等。此組教具的組合與設計為研究者參考網路 https：//www.youtube.com/watch?v=tLrGANaNcgo 影片所規劃設計的,此組軌道教具具備教育意涵，素材多元且開放特性強調以簡單的零件排出多樣的軌道，可培養幼兒組合、思考和創新的能力其變化性高為最大特色。以下研究者以 5E 學習環之架構並綜合以下學者:(Orgill.與 Thomas.,2007、Duran, Haney 與 Scheuermannn,2011；引自沈姿妤，2016)；（王美芬、熊召弟，1995）；（黃欣玲，2008、Bybeeet et al. 2006；引自周新富，2016）；（Bybee, 2006、趙偉智，2006；引自張維倫，2012）；（林曉雯，2000）所述其各階段教學引導重點，規劃本研究的主要教學活動循環逐漸加深幼兒們的學習經驗，並鼓勵幼兒以個人或二人以上的探索，教學中視幼兒操作與學習情形，進行討論與分享活動，其教學規劃如表 2 5E 學習環於軌道遊戲教學活動規劃表，所列如下：

表 2 5E 學習環於軌道遊戲教學活動規劃表

階段	教學引導重點	教學活動設計
E1 投入 （Engagement）	透過教學活動連結幼兒的新舊經驗，引起學習者的概念衝突以對自己的另有概念產生不滿足，增進學習動機。	**連結幼兒的舊經驗引發學習動機** **E1-1** 規劃環境展示教學資源引發幼兒的興趣並提供初級範例給予模仿組合搭構，建立幼兒成功經驗，探索教具操作和發現彈珠行進路線。 **E1-2** 加入磁球及鋼珠，讓幼兒自由探索並發現磁球、鋼珠與彈珠其物理性本質上的不同(如磁性)。 **E1-3** 引發幼兒設計關卡的想法，讓幼兒運用舊經驗，創意設計關卡。
E2 探索 （Exploration）	提供挑戰性任務豐富學習者基礎的經驗，規劃足夠的空間及操作時間，藉此引發學習者的主動發現並發展概念過程與技巧；引導學習者澄清在 E1 階段的疑惑或探討問題：並鼓勵學習者發展假設,並發展驗證假設的行動,為恢復認知平衡而提升學習動機。	**提供較多的時間、空間並適幼兒操作情形陸續設置素材，以豐富幼兒們操作的經驗，當幼兒有所發現時積極提問引導幼兒能在探索中發現新經驗。** **E2-1 逐漸提供較高難度的範本，讓幼兒發現反作用力** ＊你發現了什麼? ＊為什麼彈珠撞過來，另一顆彈珠就會滾開? **E2-2 引發幼兒發展彈珠可以往上滾動的遊戲** ＊要怎麼做讓彈珠可以往上滾動?(橡皮筋架) ＊這三種不同的球體，在軌道上你發現了什麼? ＊磁珠和巴克球可以怎麼做讓彈珠也能往上滾動?

		E2-3 鼓勵幼兒發展設計複雜的關卡 ＊在你設計的關卡中，你發現了什麼? ＊怎麼讓球體往上滾動二次，然後再滾下來?
E3 解釋 （Explanation）	提供多元方式讓學習者表達自己對概念理解或應用歷程技能的機會。藉此澄清學習者的迷思概念，並引導至正確概念、過程及技巧；讓學習者獲得合理的、可理解的、可遷移的，可接受的新概念以達穩固的學習效果,以助於加強認知基模的建立。	將幼兒過程中的探索經驗及作品拍攝下來，並鼓勵幼兒用多元的方式記錄與表達自己在活動中的發現及學習經驗。 引導幼兒向他人分享自己在遊戲歷程中所發現的問題及如何解決的，歷程中還有什麼新發現。**透過經驗分享、討論與驗證澄清迷思概念，強化所發現的正確概念以建立認知的基模。**
E4 精緻化 （Elaboration）	進一步提供學習者可以練習所學的概念或技巧的機會。給予學習者新的情境，設計可應用、可延伸概念的活動,以幫助學習者概念應用的豐富性。	**透過師生討論與反思，引導幼兒提出問題，針對問題提出假設、驗證的策略、預測結果讓學習經驗可以類推到新條件上。** **E4-1** ＊可以怎麼做讓另一顆彈珠也彈出去? ＊被彈開的彈珠，你可以設定讓他滾往哪個方向嗎? **E4-2** ＊可以怎麼做讓另一顆小彈珠也能往上滾動? ＊可以怎麼做讓大彈珠也能往上滾動? **E4-3** ＊在你設計的關卡中，可以怎麼做讓鋼珠撞到另一顆磁球時後，讓

		另一顆鋼珠也能出動? ＊你設計的軌道還可怎麼樣改造?
E5 評量 （Evaluation）	在整個活動過程中，鼓勵學習者評量自己所建構的知識、技巧與能力;教學者需觀察幼兒的表現透過形成性評量了解教學成效為何。	**透過對幼兒持續的觀察、記錄、探詢幼兒的想法與表現，來了解幼兒的操作情形及想法，並引導幼兒對自己所獲得的經驗及能力做自我回饋。教學研究者亦需在歷程中來回與教學意圖做檢視了解教學成效及未能有效的原因為何。**

＊：為教學研究者預設之可能教學引導語

肆、研究結果

透過教學設計,提供五週教學活動,豐富幼兒操弄與探索軌道遊戲的經驗後，研究者整理觀察幼兒學習情形的照片、影片、幼兒學習記錄、教學者的觀察記錄、研究札記及教學省思，歸納分析，本段依經常進入軌道遊戲區幼兒之學習經驗與能力為分析資料，進行討論依幼兒於軌道遊戲中所建構之物理性知識及 5E 學習環於磁球軌道遊戲之教學引導策略分述如下：

一、幼兒於軌道遊戲中所建構之物理性知識

本研究中幼兒使用之教學工具-軌道遊戲在操弄歷程中可獲得的物理性知識及其操作技能略述如下：

（一）幼兒能在操弄中，理解積木的排列對所操作之滾動的物件（彈珠、鋼珠等圓球體）其行進路線的影響。

（二）幼兒能觀察物件（彈珠、鋼珠等圓球體）滾動的路徑並運用橡皮筋架，使滾動的物件造成彈跳運動。

（三）幼兒能調整橡皮筋架上橡皮筋的高度，讓滾動的物件（彈珠、鋼珠等圓球體）彈跳的更高或更遠。

（四）能運用磁珠及巴克球的磁性組合排列，讓大彈珠做彈跳的運動。

（五）幼兒能了解其彈珠、鋼珠、磁球及巴克球等球體，其物理本質上的不同。

1.如鋼珠可被磁珠所吸，但鋼珠彼此不能相吸。

2.已被磁珠或巴克球吸住的鋼珠會產生磁性，此時可以吸住一顆以上的鋼珠。

3.彈珠無法被磁球所吸，彈珠與彈珠彼此亦不能相吸。

4.了解因彈珠體積的大小不同，所造成的運動亦有所不同。

5.幼兒能從操作及觀察中了解是磁性相吸造成彈珠彈跳運動的關係。

（六）幼兒能觀察到磁性物質與磁性物質接觸時，會出現的相吸與相斥現象。

（七）幼兒能操作運用鋼珠與巴克球或磁珠，做出讓鋼珠撞吸著巴克球或磁珠的鋼珠後，產生連續發射的效果。

（八）幼兒能視操作運用鋼珠與巴克球或磁珠，做出碰撞後發射鋼珠的效果。

（九）幼兒能需要調整物件，讓滾動的物件（彈珠、鋼珠等圓球體）做出所需要的彈跳高度或遠度。

（十）幼兒能運用已知的知識與經驗或技巧，設計順暢的軌道。

（十一）幼兒能運用已知的知識與經驗或技巧，設計創新的軌道。

研究中發現 E5 評量是規劃教學策略最重要的參考資料，E5 評量不只是對學習者做學習評量，引導學習者對自已在操弄探索經驗中所建立的知識概念及操作技能做反芻，亦是對教學者在課程中的規劃與引導策略是否有效重要依據，故教學者要反思對所規劃的課程，鷹架策略的運用及對幼兒在學習活動中的觀察與了解是否相呼應，才能有效的讓幼兒的學習經驗產生滾動，持續的促使幼兒往下一個概念或學習經驗探究與學習，故整個課程規劃與評量的過程，亦是一個動態的循環。

二、5E 學習環於磁球軌道遊戲之教學引導策略

在 5E 學習環中幼兒的學習是整個動態的歷程，而且有其明顯的個別差異，5E 學習環其循環行進的速度亦是依幼兒個別能力而有所不同，其 E3 解釋階段及 E5 評量階段是貫穿在整個學習活動中如圖 1，故在此以環境的鷹架與引導與師生互動的鷹架與引導二方面做探討，論述如下：

圖 1 5E 學習環的動態循環圖　資料來源：研究者整理

（一）環境的鷹架與引導

1.教學活動前

在 E1 投入階段為幫助幼兒能主動投入，教學活動前需先了解幼兒的先備經驗、能力與興趣於教室佈置合宜情境的學習區，並準備安全可獨立操作的相關材料，以引發並培養幼兒能獨立自主操弄探索的學習能力。本研究期初環境規劃教具櫃一架，設置挑戰關卡（範本）及長條形積木、短條形積木、小彈珠及萬能環保貼土及操作板八片並提供四面白板牆以利幼兒們在討論想法時的做圖像記錄及記錄幼兒們的探索歷程，後續如圖 2 教學研究中為增加幼兒物理性知識的探索經驗的多元，視幼兒的學習情形陸續設置橡皮筋、大彈珠、磁球、巴克球、鋼珠、竹籤、磁棒和指尖陀螺等多元的環保素材並提供不同操作經驗的挑戰關卡(範本）等教學資源，如圖 3 本研究期末幼兒操作學習區的整體情境環境。

圖 2 教具櫃照片

圖 3 本研究期末幼兒操作學習區的整體情境環境及教具的提供照片

應用在 E2 探索階段的教學活動幼兒需要有豐富的先備學習經驗，幼兒的學習經驗來自模仿為提供幼兒成功的模仿經驗，教學者可提供鷹架幼兒學習經驗的挑戰關卡(範本)，需設計不同難度等級的挑戰關卡，如圖 4 設置挑戰關卡(範本)在教具櫃的展示挑戰關卡（範本）以底色及圓點貼標示挑戰關卡的等級，藉以協助幼兒區分難易度並逐漸讓幼兒能發現不同球體之物理本質不同藉以建構其知識概念並漸進的豐富幼兒操作經驗。其範本的設計應考量幼兒操作上的難易度、是否適合幼兒能力、能否提供幼兒成功經驗及是否能融入重要的學習經驗，研究者取自網路 https：//www.youtube.com/watch?v=ye3YpYM3YVs 與 https：//www.youtube.com/watch?v=NOV8kP0Rb_4 及 https：//www.youtube.com/watch?v=QQ9gs-5lRKc&t=29s 設計供幼兒挑戰的關卡，如圖 5 初級關卡引導幼兒探索操作軌道的搭建和觀察軌道的組合方式，對彈珠是如何滾動的影響。如圖 6 中級關卡，引導幼兒探索加入巴克球及磁珠在軌道後，是否能引發出彈珠彈跳運動及探索斜度對彈珠彈跳高度及遠度的影響等現象。如圖 7 高級關卡，引導幼兒探索加入鋼珠在軌道後，是否能引發出鋼珠碰撞後發射的高斯原理等運動現象。藉由分級設計挑戰關卡，運用挑戰關卡的鷹架，幫助幼兒建立在操作中的成功經驗並幫助幼兒能獨立且有效學習，使其教學資源的可行性與適用性提高。

圖 4 設置挑戰關卡（範本）在教具櫃的展示

研究者自行整理：取自網路

https：//www.youtube.com/watch?v=ye3YpYM3YVs 與

https：//www.youtube.com/watch?v=NOV8kP0Rb_4 及

https：//www.youtube.com/watch?v=tLrGANaNcgo

圖 5 初級關卡

研究者自行整理：自研究者設計

圖 6 中級關卡

研究者自行整理：取自網路

https：//www.youtube.com/watch?v=ye3YpYM3YVs 與

https：//www.youtube.com/watch?v=NOV8kP0Rb_4

圖 7 高級關卡

研究者自行整理： 取自網路

https：//www.youtube.com/watch?v=ye3YpYM3YVs 與

https：//www.youtube.com/watch?v=NOV8kP0Rb_4 及

https：//www.youtube.com/watch?v=tLrGANaNcgo

引導幼兒們探索新教具如圖 8（觀 S/1080225），教學者引導幼兒模仿挑戰關卡組合操作以建立幼兒們教具操作的共同經驗、並請幼兒們觀察挑戰關卡中的積木是如何排列的，鼓勵幼兒在操作板嘗試排列出相對應的位置。圖 9（觀 S/1080225）

引導幼兒們觀察操作板上的積木排列位置是否與挑戰關卡上相同，若有不同之處請幼兒們依挑戰關卡修正操作板上積木的位置並滾動彈珠觀察看看移動位置後彈珠滾動的路徑是不是還一樣，S14 幼兒：「**我發現，這裡有二片積木排得跟上面有些不一樣，不夠斜。我把這裡調斜一點就一樣了。**」如圖 10（觀 S/1080225）幼兒們依挑戰關卡修正排列出相同的軌道後，引導幼兒們輪流使用彈珠試行，討論並觀察彈珠滾動的情形其行進路線與積木排列的關係。透過引導及挑戰關卡的設置能搭建幼兒探索軌道組合及觀察軌道組合與彈珠滾動路徑關係的學習經驗，如圖 11（觀 S16/1080225）幼兒已能獨自操作素材模仿挑戰關卡搭建軌道並建立自已的新經驗。

各關卡的設計需要與幼兒的舊經驗及概念做連結，以幫助幼兒將自己的學習經驗類化並能在新的範例中獲得成功經驗。在提供足夠的操弄和探索的時間後，球體滾動的情形的不同能引起幼兒的新發現，教學者邀請幼兒敘述不同的結果其操弄差異為何，幼兒能嘗試依觀察到的現象做敘述，如圖 11（觀 S16/1080225）S16 幼兒：「**老師，我發現我把下面的積木移過去來一點，路徑中間還是會有些空空的，但因為彈珠溜下來時有”衝力”還是會滾到下面的積木上，但如果我把下面的積木移過去一點中間的空路就變大了，彈珠就不能滾到下面的積木上。**」教學者觀察在足夠的探索時間後，幼兒能發現彈珠滾下斜坡後，靠衝力可以在衝過中間沒有積木的路段並接到另一條積木的路上，學習者亦能對他在操弄中所發現的現象做解釋與說明藉以建構自已的新經驗。

圖 8 引導幼兒觀察挑戰關卡中的積木是如何排列的

圖 9 幼兒們依挑戰關卡修正操作板上積木的位置

圖 10 幼兒們投下彈珠，觀察彈珠滾動的情形

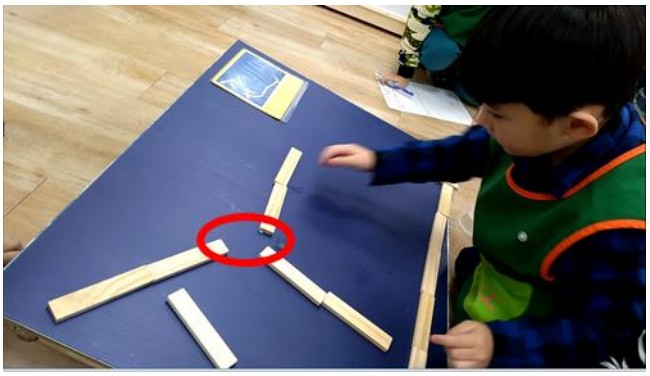

圖 11 幼兒發現彈珠有時可以衝過沒有積木的路段。

觀察幼兒對彈珠的衝力已有發現，教學者對幼兒提問「**彈珠有衝力可以走過沒有積木的路段，那衝力還可以有什麼用?**」後續幼兒探索中發現積木的排列方式，會影響彈珠行進的路線也能給予彈珠衝力如圖 12（觀 S16/1080225）S16 幼兒：「**老師我發現彈珠會往上走耶，也是因為彈珠有衝力。**」幼兒在探索中觀察到彈珠從第一段積木斜斜往下的路徑滾下後，能滾進往上斜斜的第二段路徑滾動

到滾下來，幼兒從探索的歷程中發現有衝力的彈珠可以讓彈珠往上滾動亦發現積木的排列對彈珠滾動路徑的影響。透過模仿挑戰關卡，教學者亦觀察到大多幼兒已能藉由模仿挑戰關卡的設置減少成人的鷹架，而能獨立自主的探索操作與搭建軌道，如圖 13（觀 S11-S06/1080312）。

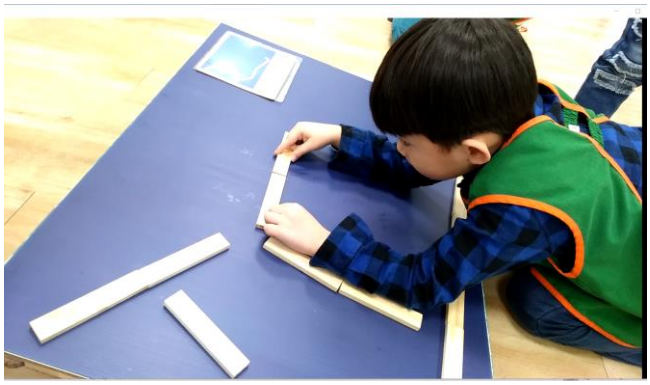

圖 12 成功挑戰讓彈珠在往上的路徑上滾動

圖 13 幼兒們能藉由模仿挑戰關卡的組合而能獨立自主的探索操作

在 E4 精緻化階段運用情境佈置引發幼兒探索的動機，亦可幫助其他幼兒的學習、模仿或試驗他人的舊經驗增加幼兒間的討論互動與學習、舊經驗的回溯、新經驗的搭建以及新經驗的創新。運用情境佈置幼兒的舊經驗以利回溯鷹架的搭建，幫助幼兒自發的投入學習活動，如圖 14 將幼兒的學習經驗佈置於情境中，引發幼兒回溯學習經驗並與他人分享，亦鼓勵其他幼兒嘗試模仿與創作。教學者引導幼兒回溯學習經驗並與他人分享如圖 15（觀 S17/1080305）S17 幼兒：「**我是先挑戰這個關卡，我成功後發現彈珠會一直滾出去，要一直撿彈珠，所以我在軌道的後面用積木蓋一個勾勾讓彈珠停住，這樣彈珠就會停住，我就不用一直去找彈珠了。**」教學者觀察到在分享中亦能影響其他幼兒的學習動機，主動參與討論，

促進同儕興趣的萌發如圖 15（觀 S17/1080305）S5 幼兒:「**你覺得這個關卡會難蓋嗎?**」、S17 幼兒：「**不會啊**」、S5 幼兒:「**S9 那我們等一下也來蓋蓋也來看。**」

圖 14 利用幼兒的學習經驗佈置情境

圖 15 引發幼兒回溯學習的舊經驗並能與他人說明

圖 16 引導幼兒反芻自己的舊經驗與他人分享

亦可引導幼兒主動反芻自己的舊經驗與他人分享。教學者將幼兒的學習經驗

展示在學習情境中，並鼓勵 S16 幼兒跟其他幼兒分享自已很酷的發現(有衝力的彈珠可以做的事)，如圖 16（觀 S17/1080305）S16 幼兒與他人分享：「**我在這個軌道上發現積木的斜度可以讓彈珠有衝力。我把第一段積木的路徑用斜斜的，然後彈珠滾下來後可以衝過沒有積木的路段也可以在往上斜的積木上滾動。**」綜上資料分析，發現挑戰關卡的設置可以讓幼兒在探索中建立新經驗，情境的規劃可以幫助幼兒們相互模仿學習建立新經驗或試驗他人的舊經驗，藉由舊經驗的分享亦能增加幼兒間的互動、分享、討論與學習。

2.教學活動中

應用在 E1 投入階段在發展活動中，教學者需提供幼兒充足的時間、空間、學習材料及開放多元的探索方式，讓幼兒能專注的投入探索活動中，從操弄中觀察與探索中發現物理特性以獲得經驗，並能在重複經驗中發現不同素材物理的特性，探索過程中幼兒亦無需一直找尋素材或依賴成人的協助，如圖 17（觀 S/1080227）在提供這樣的環境及資料後，幼兒們探索中能獨立自主操作教具模仿挑戰關卡來觀察關卡中彈珠滾動的情形或嘗試組合不同的積木軌道來觀察彈珠滾動情形的不同。

圖 17 幼兒們探索道遊戲時，能獨立自主操作之情形

教學者亦需觀察依幼兒探索及學習情形，視需要陸續設置多元的素材資源，引發新奇的現象，維持幼兒好奇的探索動機，並安排漸進式的範例鷹架，鼓勵幼兒挑戰，以促使幼兒探索經驗的深化。如圖 18（影 S/1080226）教學者在教具櫃提供用橡皮筋綁在短積木上製成橡皮筋架後，鼓勵幼兒探索「**這個橡皮筋架可以在軌道遊戲中玩什麼?**」在探索中幼兒嘗試將橡皮筋架放在彈珠滾落的地點，觀

察到當彈珠掉落在橡皮筋架上，彈珠會表現出往上彈跳的動作。進而幼兒嘗試用四顆彈珠連續滾動，藉以觀察彈珠滾動及彈珠的情形並製造出四顆彈珠連跳的動作，圖 18（影 S/1080226）影片如後圖最後幼兒們在終點處設置盒子讓彈珠在彈跳後同時滾進盒子裡。

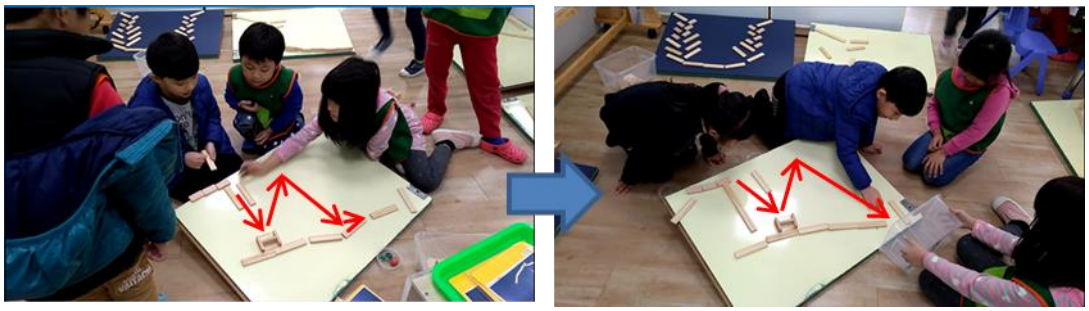

圖 18 幼兒觀察到橡皮筋架會讓彈珠產生彈跳的運動進而設計四彈珠連環跳進盒子

在教學活動中運用 E2 探索階段的引導,可將幼兒的成功經驗佈置於環境中，同時亦能引發或鼓勵其他幼兒主動探索的動機，如圖 19（觀 S11/1080307）藉由他人成功經驗的鷹架，幫助 S11 幼兒探索的動機萌發能主動探索、試驗或模仿組合 S17 搭建的軌道，以建立自己的學習經驗。

圖 19 S11 在模仿 S17 設計的關卡,嘗試探索要讓小彈珠在橡皮筋架上跳高高

在 E4 精緻化階段亦需適時鼓勵幼兒在舊經驗上，嘗試組合不同的元素，讓自己的學習經驗做延伸。亦可藉由教學者提出相關問題，製造幼兒的認知衝突或

發現待解決問題，以期引發幼兒探究的動機。如 S6 幼兒在原本的操作板上讓小彈珠在橡皮筋架上彈跳，小彈珠彈跳的高度較低。故教學者詢問幼兒：「**為什麼在你軌道上的小彈珠，在橡皮筋架上彈跳的高度低低的而大彈珠可以跳的高高的。**」，S6 幼兒回應：「**因為小彈珠的力氣太弱，所以彈跳得不夠高。**」觀察到幼兒對橡皮筋架上橡皮筋的高度對小彈珠彈跳的影響沒有發現，故邀請 S6 幼兒帶著他原本在操弄的小彈珠到幼兒 S7 幼兒操作的軌道上做滾動，並觀察小彈珠彈跳的高度。在彈跳中 S6 幼兒發現同顆小彈珠是可以跳很高的如圖 20(影 S6 S7/1080313）教學者藉此引導幼兒們試驗中討論「**比較同樣的小彈珠為什麼在不同的橡皮筋架彈跳的高度怎麼不一樣?**」。經幼兒比較過後，S6 幼兒：「**我發現我橡皮筋架上的橡皮筋的高。比 S7 的還要高一公斤，所以小彈珠在我的橡皮架跳得比較低，在 S7 的跳得比較高。**」，欲讓幼兒們對造成小彈珠彈跳不一樣高的原因做探究 ？ 在幼兒的回應中亦觀察到幼兒對單位量詞的運用不是很了解，但為聚焦在一個議題的引導，教學者繼續提問：「**那橡皮筋架上的橡皮筋要怎麼調，可以讓小彈珠跳得比較高。**」S6 幼兒：「**要把橡皮筋的高度，調到小彈珠的小肚肚，就可以讓小彈珠跳得比較高。**」藉由引導與討論，讓幼兒發現橡皮筋在木架上的高度影響會彈珠彈跳的高度。亦藉由同儕間進行溝通。引發學習者們對現有想法的澄清與交換 體認有其他的想法在，並仔細檢討自己的想法。

圖 20 幼兒在不同的橡皮筋架比較小彈珠彈跳的高度

3.教學活動後

E5 評量階段在教學活動後教學者需評量環境規劃、回溯及同儕鷹架等等的搭建，對幼兒的學習動機，探索經驗是否有直接的正面影響，回顧教學歷程中幼兒學習情形及反思如何運用環境的鷹架與引導可以讓幼兒的學習更能主動的深入探索。

（二）師生互動的鷹架與引導

在教學活動中，師生互動對幼兒的學習有直接且明顯的幫助，但若在互動時教學者未能將教導與引導其辨識釐清，將會影響教學活動中幼兒是主動的學習者或是被動的吸收知識者。故教學者在幼兒的學習活動中應是支持者、合作者亦對幼兒提出問題的挑戰者，在本研究中發現當在了解幼兒的舊經驗時，在 E1 投入階段教學者提供相關資源及情境，鼓勵幼兒使用他們的舊經驗及熟悉的詞彙對所觀察到的現象做說明;在搭建新經驗時可透過引導讓幼兒能嘗試運用觀察、推論、預測、實驗和溝通等方法操弄探究，以澄清自己本身的疑惑或解決的問題;在幼兒進行探究的過程中，教學者可透過對話及提問來支持與挑戰幼兒現有想法，並適時地搭構合宜的鷹架，以加深加廣幼兒在 E2 探索階段的學習。如教學者在幼兒進行探究的過程中，可透過對話及提問來支持與挑戰幼兒學習與操弄並適時地搭構合宜的鷹架，以加深加廣幼兒的學習。如觀察中發現，幼兒在探索中，無法確認大彈珠為什麼彈不出去的問題如圖 21（觀 S16/1080313），教學者向幼兒提問：「**如果是鋼珠發射的力道不夠，然後你又要讓竹籤把大彈珠彈出去時，可以怎麼做?**」試驗後，S16 幼兒：「**老師，我在竹籤被鋼珠撞過來的位置，多放一顆彈珠，想用彈珠和鋼珠的力氣一起把竹籤推動，然後再把大彈珠推出去，試了幾次，對準好位置，最後就成功了**」，教學者觀察到幼兒在探索後嘗試將小彈珠放在鋼珠發射到竹籤的位置，然後再用鋼珠發射，射在彈珠上增加撞擊結果就成功的讓竹籤觸動把大彈珠觸動出發。如圖 22（觀 S16/1080313）幼兒在實際探索中能利用彈珠讓推動的力道變大，然後成功用竹籤觸動把大彈珠觸動出發。

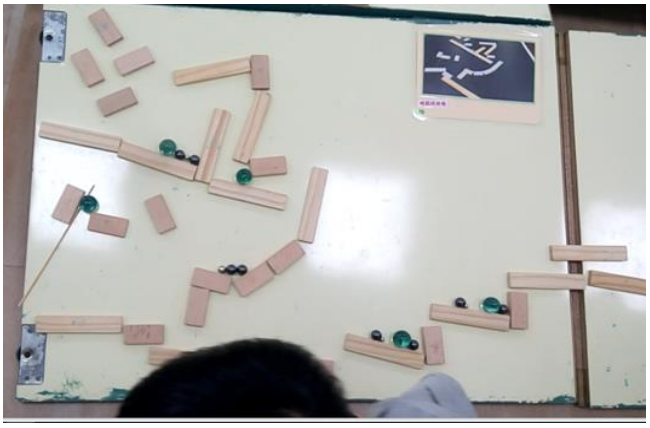

圖 21 幼兒無法確認大彈珠為什麼彈不出去的問題

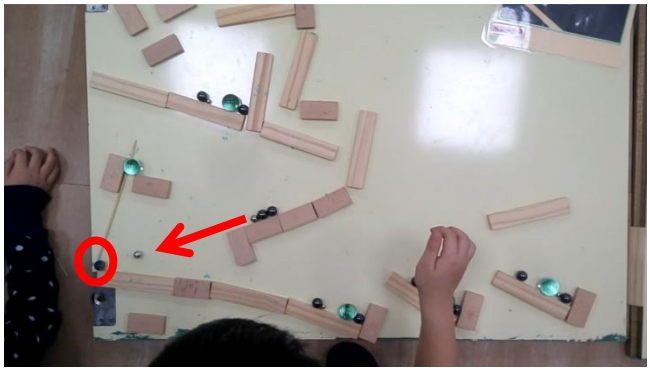

圖 22 教學者藉由對話，引導幼兒發現問題，並嘗試解決問題，讓大彈珠順利被觸動後出發

運用 E3 解釋階段在幼兒試驗所建構的新經驗時，可藉由教學者提出具體的相關問題，製造幼兒的認知衝突或待解決問題來考驗現有想法的有效性，引導幼兒能在重覆操作示範中做說明，了解幼兒探索的經驗，觀察幼兒的表現、技巧和行為、對幼兒所知的訊息和已建構的知識，運用統整的引導技巧，協助幼兒能組織並加強其對新概念的了解。如透過經驗分享、討論與驗證澄清迷思概念，強化幼兒所發現的正確概念以建立認知的基模。如圖 23（觀 S17/1080305）幼兒在分享時，結合自己的觀察及舊經驗，發現用大彈珠比較可以成功做出利用巴克珠和磁珠相吸後讓大彈珠做出彈跳動作的成功經驗，分享中引導幼兒能嘗試透過具體的物件來敘述，所觀察到的現象，如圖 24（觀 S17/1080305-1）S17 幼兒：「**發現，是因為大彈珠它旁邊的空隙位置比小彈珠還大，巴克球可以靠這裡的位置跟磁珠二邊相吸，然後把大彈珠挖出去。**」教學者觀察到幼兒能發現是大彈珠圓體剩下的空間能讓兩邊的巴克球和磁珠往內夾成功讓大彈珠彈出的。幾日後，引導幼兒記錄學習經驗，利用圖像說明磁珠夾大彈珠彈跳的現象如圖 25（影 S17/1080308），藉此了解幼兒在 E2 探索操作及 E3 解釋後所建構的經驗知識是否持續且穩定。在幼兒試驗所建構的新經驗的最後，教學者應鼓勵分享者說出自己的想法，並邀請其他幼兒提出不同的疑問與分享者對話，並由自己的觀察或舊經驗中提出建議，促進同儕間的對話與交流。

圖 23 幼兒分享用磁珠讓大彈珠做彈跳的成功經驗

圖 24 幼兒嘗試透過具體的物件來敘述成功的原因

圖 25 幼兒利用圖像說明磁珠相吸讓大彈珠彈跳的現象

運用 E4 精緻化階段幫助幼兒應用新經驗時應引發幼兒的主動，可鼓勵幼兒在獲得建造軌道遊戲的新經驗後，萌發嘗試改造軌道路徑的想法，亦可引導幼兒利用圖像表徵表達想法，期望讓幼兒主動帶著目的探索、探究並建構，以促進幼兒主動且能持續深入的投入學習，以豐富幼兒在 E4 精緻化階段的學習經驗。如教學者引發幼兒的主動。鼓勵幼兒在獲得軌道遊戲的新經驗後，主動萌發嘗試改造軌道路徑的想法，如圖 26（觀 S7/1080306-1）幼兒萌發改造軌道的想法，S7 幼兒：「**我想要設計讓大彈珠先滾進終點，小彈珠後來再滾進終點的軌道。**」教學者詢問幼兒「**大彈珠和小彈珠走的方式是同一條路徑然後是大彈珠先走，然後小彈珠再跟著走嗎? 是一種一條路徑的軌道嗎?**」故幼兒又提出：「**我是想要改造軌道，做二條路徑讓小彈珠滾是在上面的路徑，然後大彈珠是在下面的路徑。**」，如圖 27（觀 S7/1080306-2）幼兒在軌道上設計二條平行的路徑，並觀察彈珠是否能順利從不同的起點進入平行的路徑，然後一起滾到終點。因觀察到彈珠的行進動線與幼兒的想法不同，故教學者提問:「**老師觀察到你的下面只有一條路徑，小彈珠和大彈珠滾下來後都是在下面的同一條路徑滾，是原本的想法改變了嗎?**」S7 幼兒：「**不是，我還在研究，想要讓小彈珠和大彈珠會在滾動的時候會改變路徑。**」藉此，鼓勵幼兒研究可以讓彈珠改道的方法，如圖 28（觀 S7/1080306-3）幼兒持續探索在下面的路徑中搭建平行的路徑，觀察到彈珠能依平行的路徑持續滾動，但想要讓彈珠在滾動中能改變路徑的想法還沒有研究成功。後續幼兒在探索中，加入新積木，在試驗中就發現彈珠滾動的路徑有交換了。S7 幼兒：「**老師，你看彈珠交換路徑了**」，邀請幼兒做出說明如圖 29（影 S7/1080306）幼兒對他所改造的軌道做出解釋，S7 幼兒：「**小彈珠因為滾下來時，碰到小積木所以滾入上面的路徑，但大彈珠剛好滾進小積木和大積木的縫縫所以會滾入下面的路徑，然後大彈珠就會比較快滾進終點，小彈珠比較小顆滾得比較慢所以就比較慢滾進終點。**」在有成功經驗後，幼兒再次改造嘗試要透過一顆大彈珠碰撞竹籤後，讓另一顆大彈珠被竹籤觸動後出發。在此經驗失後，幼兒持續改變方式如圖 30（觀 S7/1080307-2），幼兒去調整竹籤和大彈珠的位置，設計改用連續彈珠的方式想要把大彈珠觸動出去。

圖 26 幼兒萌發改造軌道的想法

圖 27 幼兒試驗在軌道上設計二條平行的路徑

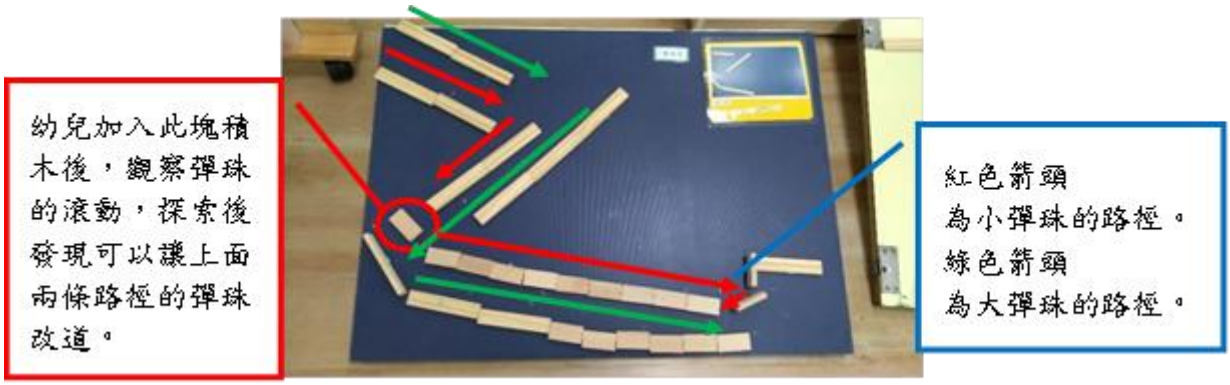

圖 28 幼兒在持續探索中，加入新的積木後讓大小顆彈珠在進行的軌道中，有了上下軌道的改變

圖 29 幼兒對他所改造的軌道做出解釋

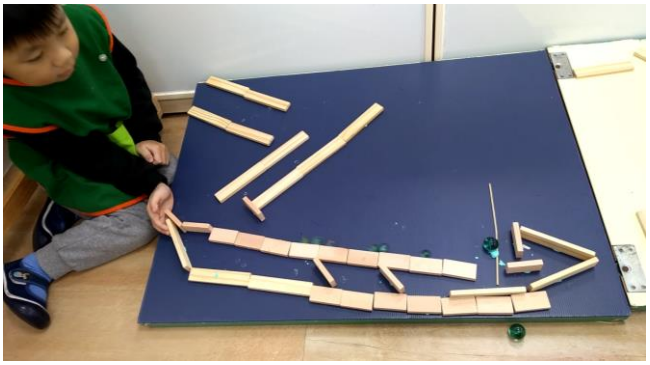

圖 30 前面經驗失敗後，幼兒持續設計改造軌道

在運用 E4 精緻化於教學中在引發幼兒表達他所建構的想法或知識後，支持與提供資源並鼓勵幼兒實現想法，在實現想法後鼓勵幼兒運用不同的素材，試驗嘗試建構新想法讓原本的想法做修正、擴充或取代原有想法。教學者亦可將幼兒在學習過程中其操作中的學習情形及搭建軌道的作品拍攝下來幫助記錄，亦鼓勵幼兒嘗試用多元的方式記錄與表達自己在活動中的發現及學習經驗，並向他人分享自己所發現的問題及如何解決的，歷程中還有什麼發現，藉以反芻自己的學習經驗;在促使幼兒精緻化自己的學習經驗時，可鼓勵幼兒應用想像力引發軌道建構的新想法，設計有情節或熟悉新奇的情境，來建構設計軌道，藉此增強幼兒自發性設計軌道的能力。

最後透過 E5 評量，來考驗幼兒在操作經驗中發現所建構之現有想法的有效性，教學者可透過具體的提問，請幼兒對所設計的關卡再試驗，以了解是不是每次都會成功，並透過 E3 解釋階段的引導讓幼兒可以清楚的說明想法及所建構的知識以幫助幼兒形成有效的學習經驗。並藉由幼兒的學習經驗反思課程規劃、教

具資源、教學策略及引導方式是否適合每一個孩子的不同和需要。藉此修正調整自已的教學方式並試驗引導策略用適合各別孩子所需要的。

五、結論

本研究係教師行動研究應用 5E 學習環中的五個階段，設計教學活動於大班 15 位幼兒教室內的組合建構區，採參與式觀察法規劃軌道遊戲建構幼兒物理性知識，目的為探討應用 5E 學習環建構幼兒物理性知識的教學策略及其研究歷程中對教師省思及專業成長的影響，經教學研究後分析質性資料獲得以下結論：

一、在研究歷程中發現 E5 評量是規劃教學策略最重要的參考資料，E5 評量不只是對學習者做學習評量，亦是對教學者在課程中的規劃與引導策略是否有效重要依據，故教學者要反思對所規劃的課程，鷹架策略的運用及對幼兒在學習活動中的觀察與了解是否相呼應，才能有效的讓幼兒的學習經驗產生滾動，持續的促使幼兒往下一個概念或學習經驗探究與學習，故整個課程與評量的過程，亦是一個動態的循環。

二、幼兒的學習是整個動態的歷程，而且是個人式的，在團體中的每位幼兒在相同的課程中，是處於不同的學習階段，且這個循環行進的速度是依幼兒個別能力而有所不同，exS12 與 S16 在探究階段學習發展較快時間較短，而 S7 探索時間較長，但 S7 在精緻化階段的發展較能萌發精細的想法。故 5E 學習環其循環的行進需是適應幼兒的個別差異，且依幼兒個別能力其速度亦有所不同。

三、運用 E3 解釋階段在幼兒試驗所建構的新經驗時，可藉由教學者提出具體的相關問題，製造幼兒的認知衝突或待解決問題來考驗現有想法的有效性，引導幼兒能在重覆操作示範中做說明，了解幼兒探索的經驗，觀察幼兒的表現、技巧和行為、對幼兒所知的訊息和已建構的知識，運用統整的引導技巧，協助幼兒能組織並加強其對新概念的了解。在幼兒試驗所建構的新經驗的最後，教學者應鼓勵分享者說出自己的想法，並邀請其他幼兒提出不同的疑問與分享者對話，並由自己的觀察或舊經驗中提出建議，促進同儕間的對話與交流。故在進行 E2 探索及 E4 精緻化的階段時應同時提供 E3 解釋階段，並且鼓勵幼兒嘗試用自己的邏輯與語言來解釋在觀察中所發現到的現象，以幫助幼兒學習經驗的深化。

四、幼兒的學習是動態的歷程可將 5E 學習環中的五個階段規劃於環境及師生互動的鷹架及引導。

五、在研究歷程中，研究者從不同時間，角度反覆觀察幼兒學習情形；修正調整課程規劃與教學策略，在再行動的歷程中檢視並持續反思，獲得以下結論：

（一）教師專業知能的建構，來自教學的實踐。

（二）教學理論與實踐的融合，從實踐中反思。

（三）教學實踐讓自信的提升，面對未來的挑戰。

學習者為學習的主體，教學者不應只是知識的傳遞者，教學者在教學環中應擔任協助鷹架者，研究者透過 5E 學習環去規劃以幼兒為主體的課程並以實作表現的評量方式，在歷程中觀察幼兒學習表現及反思修正再行動，經此研究歷程提出幾項建議給予欲建構幼兒物理性知識的幼兒園現場教學工作者做為建議：

一、教學者需留心觀察生活中科學現象，增加與科學互動的經驗。

二、在設計教學活動時，嘗試將科學探究、科學程序及科學態度等能力融入幼兒的學習中。

三、以幼兒表現評量及多元資料收集的方式，了解幼兒概念建構及應用之情形。

四、在觀察中了解幼兒的想法和操弄意圖，並充份尊重幼兒自發性的學習意圖。

五、隨時了解幼兒學習情形，利用策略幫助幼兒連接舊新經驗促使完整的概念發展。

參考文獻

(中文部份)

王美芬、熊召弟，1995，《國民小學自然科教材教法》。臺北市：心理出版社。

王文科、王智弘，2017，《教育研究法》。五南：臺北市。

李如瀅，2018，《幼兒科學教學之行動研究》。新竹市：國立清華大學幼兒教育學系碩士論文。

沈姿妤，2016，《五 E 學習環融入幼兒軌道積木遊戲提升幼兒基本科學能力》。臺東市：國立臺東教育大學進修部暑期幼兒教育碩士論文。

洪文東、李長燦，2008，〈物理知識活動融入幼兒園主題教學之設計與省思〉。《幼兒保育學刊》6：1-12。

幸曼玲，2003，〈科學教育的迷失〉。《幼兒物理知識活動》載於前言。中和市：光佑。

周淑惠，2003，〈幼兒科學概念之發展概況與其啟示〉。《國教世紀》206：19-28。

吳淑美、魏淑君，2012，〈幼兒「滾動」的物理知識探究歷程～以「滾動的遊戲」為例〉。《兒童照顧與教育》1：59-79。

林曉雯，2001，〈國小自然科教師試行「學習環」之合作行動研究〉。《屏東師學報》14：953-986。

周新富，2016，《教學原理與設計》。台北市：五南。

陳裕方、李文德，2005，〈5E 建構式學習環教學與一般教學法探究「生鏽」概念改變成效之研究〉。《科學教育研究與發展季刊》39：6-38。

張維倫，2012，〈結合合作學習與 5E 學習環教學模式的生物教學〉。《中等教育》，120-139。

郭生玉，2012，《心理與教育研究法：量化、質性與混合研究方法》。臺北市：精華出版社。

趙怜雅，2011，《幼兒物理知識建構之探究-以烹飪趣為例》。臺南市：國立臺南大學幼兒教育學系教學碩士論文。

顏弘志（2004）。從建構主義看探究教學。《科學教育研究與發展季刊》36，1-14。

(英文部份)

DBlax Production (2016, December 23)。Awesome Magnets and Marbles Tricks。From https：//www.youtube.com/watch?v=NOV8kP0Rb_4，取用日期：108 年 7 月 23 日。

DBlax Production (2016, November 20)。Marbles and Magnets Tricks。From https：//www.youtube.com/watch?v=ye3YpYM3YVs，取用日期：108 年 7 月 23 日。

Kaplamino。(2016,April 8)。Magnets and Marbles !。from https：//www.youtube.com/watch?v=QQ9gs-5lRKc&t=29s，取用日期：108 年 7 月 23 日。