

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

女生科學學習的觀念雛形、認知歷程及社會影響的動態歷程研究--發展早期女生科學思考雛形及其教育意涵研究：
素樸實驗觀念與統計觀念的萌芽(第2年)
研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型

計畫編號：NSC 97-2511-S-431-001-MY2

執行期間：98年08月01日至99年07月31日

執行單位：佛光大學心理學系(所)

計畫主持人：王震武

計畫參與人員：碩士級-專任助理人員：林慧慈

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

中華民國 99年10月29日

發展早期女生科學思考雛形及其教育意涵之研究

——素樸實驗觀念與統計觀念的萌芽

(第二、三年結案報告)

王震武

佛光大學

本研究要研究的是女生在發展早期是否擁有科學思考的雛形——她的思考是否已經具備某些成熟科學思考所需的要件。而所謂的「發展早期」，指的是科學啟蒙之前的階段，也就是小學低年級階段。在諸多可能的科學思考要件中，本研究要觀察的是設計科學實驗所需的思考要件，以及關於資料之思考所需的要件。前者包括關於(1)獨立變項；(2)依變項；(3)變項混淆；以及(4)獨立變項與依變項的共變，四方面的思考之研究。後者包括關於(1)舉證責任歸屬；(2)資料取得方式；(3)樣本數大小；(4)資料變異程度等四方面的思考。研究結果顯示這個階段的兒童：(1)已能了解「獨立變項必須是個變項」，才可能成為另一個現象的可辨識成因；(2)已經知道只有有變異的現象(依變項)才可能顯現因果關係；(3)未能瞭解，在因果推論上，有混淆時便無法下結論；(4)已能預期，當兩變項有因果關係時，將會看到兩者之間的共變；(5)傾向於預設 H_0 為真，但是他們沒有能力去釐清此一思考方式背後的原則；(6)已經知道，資料的取得方式受主觀因素的影響越小(越隨機)，其結論的可信度越高；(7)已經知道「樣本數越大，結論越可靠」；(8)尚無「資料變異度越小結論越可靠」的觀念。

Jean Piaget 的認知發展理論有一個眾所皆知的說法：達到認知發展最高階段的人，能設計不混淆的實驗，以釐清變項與變項間的關係，比如說，釐清鐘擺長度、擺錘重量與擺動週期之間的關係(Inhelder & Piaget, 1958)。用現代流行的語言來說，發展到形式運思期的人如果不是真正的科學家，至少是「直觀科學家」(intuitive scientist)。所謂直觀科學家，按照一般的說法，意指「思考方式跟科學家相似的人」。然而，所謂「科學家的思考方式」卻是個不容易釐清的問題。同樣的，心裡學家在使用「直觀科學家」這個字眼時，也就蘊含各種廣狹不同的語意。

根據 Deanna Kuhn (1989)的分析，將兒童或一般成年人比方成科學家，可以有兩層意義：第一，兒童或一般人，能構作科學理論，用以理解他們的世界；第二，兒童或一般人在認知上對世界進行探索，其方式與科學家類似。根據 Kuhn

的看法，如果僅從第一個層面來看，兒童確實可以稱為直觀科學家。因為現有的研究證據顯示，兒童確實擁有某些素樸、直觀的看法，可用以說明世界為什麼會是這個樣子，並以這樣的方式運行（Carey, 1985a, 1985b, 1986; Champagne & Klopfer, 1984; DiSessa, 1983; Gentner & Gentner, 1983; Larkin, 1983; McCloskey, 1983; Vosniadou & Brewer, 1987; West & Pines, 1985）。同時，他們也像科學家一樣，隨著認知的發展，會進行觀念的重構（restructuring），就如同科學史的發展常伴隨激烈的觀念重構一般。然而，如果從第二個層面來看，稱兒童或一般人為「直觀科學家」，卻是個誤導性的比方。

Deanna Kuhn 認為，專業科學思考的核心在於理論與數據的調配（the coordination of theories and evidence）。科學家一方面用理論來解釋數據，另一方面則根據數據去修正理論。就這點來說，兒童及一般成年人對世界的思考顯然不是這個樣子。比如說，六年級的兒童會無視於數據，而對於實驗者的問題一再地給予「基於理論的反應」（theory-based response）。Kuhn 將論述的重點放在兒童身上，因此用以支持其論述的數據，大體上為從兒童實驗中獲得的數據，而這些數據也清楚地顯示兒童與科學家的思考確實有明顯的差異。

然而，Deanna Kuhn 的論點有兩個問題：首先，晚近有更多的實驗數據顯示，年齡比 Kuhn 的受試者小很多的兒童，能夠根據變項之間的隨因關係（contingency）或共變關係，乃至於根據條件機率，做正確的因果推論（例如，Gopnik, Sobel, Schulz, & Glymour, 2001; Harris, German, & Mills, 1996; Kushnir & Gopnik, 2005, 2007; Schulz & Gopnik, 2004），幼兒甚至對混淆與不混淆的狀況會有不同的反應（Schulz & Bonawitz, 2007）。關鍵差異也許在於 Kuhn 要他的受試者說出因果關係，而其他的實驗要受試者做選擇（選擇可以觸發結果的事物），或直接以行動去展現因果關係（促成「因」以便讓「果」出現）。因此，Gopnik, Sobel, Schulz, & Glymour (2001)推測，兒童可能擁有認知能力去內隱地進行因果推論，卻缺乏足夠的後設認知能力（meta-cognitive capacity）去有意識地決定怎樣的證據足以證明因果假說（頁 621）。

其次，如果所謂的「直觀科學家」指的是「思考方式類似於專業科學家的人」，則 Kuhn 的說法自然不為無據。然而，如果一般所謂的「直觀科學家」並不著眼於此，則 Kuhn 的論斷便有商榷的餘地。顯然，所有使用「直觀科學家」這個字眼的人，都不會期待兒童的思考能達到專業科學家的水準。他們真正想表達的是：兒童的思考型態已經有了專業科學思考的雛形。於是，怎樣才可以稱為「雛形」，便是下一個不易解答的問題。然而，更重要的也許是：「直觀科學家」這個字眼意味著，從這樣的起點出發，每個人都有成為真正科學家的潛能。

用這樣的眼光看待孩童，顯然與 Piaget 對認知發展的觀點一致。Piaget 視嚴謹的科學思考模式為認知發展的極致，然而，這個發展卻不依賴有計畫的教導，而是兒童透過與環境的互動便可能達成的發展。從而，Piaget 的認知發展觀點便

有了從「雛形」到「成熟型態」的意涵。嬰兒在許多方面與大人有很大的差異（比如說，不會說話），嬰兒卻是大人の雛形。因此，「雛形」一詞並不意味著高度相似，或在關鍵地方相似。只要目前狀態將導致目標狀態，且與目標狀態有某種類似，就可稱為雛形。

假如我們將「直觀科學家」視為「科學家的雛形」，則關於兒童是否為「直觀科學家」的研究，便可以著眼於兒童能發展為真正科學家的潛能。更具體地說，研究者可以追問的是，兒童是否擁有發展為真正科學家的必要條件。很顯然的，並不是所有兒童都能發展為科學家，這些未能發展為科學家的兒童顯然並不具備成為科學家的充分條件，包括興趣、機會，以及某種類型的教育，諸如此類的「非關心智潛能」的各種條件。然而，如果我們假設，人類之所以能發展科學，是因為人類心智具備了發展科學思考所需的必要條件，則除了生理異常者外，所有人的心智應當都擁有進行真正科學思考的基礎。換句話說，科學思考用到的認知機制是所有正常人共同擁有的（Dunbar,2002）。

從發展的角度看科學思考的萌芽

說人類心智擁有成為科學家心智的必要條件，意思是說，人類思考擁有某些特質或要件，可以成為科學心智的組成要件。這些要件也許從未經動機、環境等因素的調節而組織起來，成為科學思考機器，但是這些要件卻依然存在，甚至可以在嬰幼兒身上找到。因此，研究上只要能先確定科學思考包括哪些必要條件，再去觀察嬰、幼兒或兒童是否具備這些要件，便可以確定科學思考是在怎樣的心智基礎基礎上發展起來的。這類研究的附帶效果自然是，讓我們可以得知，兒童心智在多大程度上類似真正的科學家，稱兒童為「直觀科學家」到底是什麼意思。另一個重要效果則是，讓我們得以根據對「科學家雛形」的了解，設計出好的科學教育。

然而，從發展的角度來看，這類研究卻有個問題。打個比方來說，假如我們研究一粒樹木種子，我們不可能看到它發展成為一棵大樹的許多必要條件。發展是個歷程，最終階段的發展所需的條件，常常在最初的狀態中隱沒不彰。比如，開花所需的要件大部分存在于含苞狀態中，卻不見於種子中。從這個角度來看，即使有許多研究顯示，嬰兒擁有許多關於世界的知識（例如，Saxe, Tzelnic, Carey, 2007; Springer & Keil, 1991; Wellman, Hickling, & Schult, 1997），但是研究科學思考的萌芽，卻不易從嬰兒研究中獲得足夠的啟發。Piaget 認為，科學思考能力要到青春期之後才會發展起來（Inhelder & Piaget, 1958）。後續的研究雖不一定支持這麼晚期發展的觀點，然而，學者們大體上同意，科學思考能力的發展較晚，甚至直到成年階段都還有不少人不具備明顯的科學思考能力（Kuhn, Amsel, O'Loughlin, Schauble, Leadbeater, & Yotive, 1988）。

根據現有的教育制度，科學思考的啟蒙教育被置於小學階段，特別是有「自然科」之後。此一體制既已行之有年，且很少受到質疑，自然表示：根據歷來的

教育實踐，在小學中、高年級階段進行科學啟蒙教育，適合兒童的認知發展進程。準此而論，則小學低年級階段的心智狀態，應該已具備科學思考萌芽所需的要件，足以讓往後的科學啟蒙教育成為可能。只有在這些要件的基礎上，經驗（包括教育經驗）才能讓心智開始理解科學知識。比如說，理解為什麼一個看起來非常平坦的地球實際上是球形的，或理解下雨之前天空為什麼會變黑。這個階段的心智必然具備足以理解這些科學想法的要素。不僅如此，某些較晚出現的思考方式，比如 Piaget 所設想的，那些以實驗釐清變項關係的思考，其要件也可能在小學低年級這個「前科學啟蒙期」已經出現。

前述的想法決定了本研究的觀察對象：小學低年級學生。

科學思考的必要條件

有了選定的觀察對象後，接下來要問的自然：觀察些什麼？顯然，科學思考包括許多不同的心智活動，可以列出一長串清單，包括邏輯推理、選擇觀察的變項、類比推論、形成假說、從複雜的現象找出規律性、關於如何檢驗假說的思考、從資料產生結論等等心智活動。原則上，這些都是工具性的，科學家憑藉這些工具性的心智活動得以進行科學研究、產生科學知識。讓這些心智活動最佳化顯然是科學訓練的重要目標。然而，缺乏這種訓練課程的古代科學家卻只能在某些本有的心智能力基礎上，發展其科學思考。換句話說，必然有某些自然發展出來的人類思考偏向（human bias），讓古代科學家傾向於以某種方式思考，並在這個偏向的基礎上，發展出成熟的科學思考方式。這種思考偏向類似於動物行為研究上的學習預備度（preparedness）（Seligman, 1970）——老鼠比較容易學會食物的味道（而非同時經驗到的電擊）與生病的關係（Garcia & Koelling, 1966），鸚鵡比較可能從飲水的顏色（而非味道）找到致病的線索（Wilcoxon et al, 1971），這些偏向都成了思考（或心智演算）的基礎。

以 Piaget 感興趣的「設計實驗以釐清真相」的思考為例，正式的科學訓練課程自然包括「獨立變項的操弄」、「依變項的測量」、「混淆變項的控制」、「資料的整理分析」等。這些訓練有的只能從特定學門的實際研究經驗中學習，有些則有專門的課程，比如實驗設計、問卷設計等課程。然而，Piaget 顯然主張，其中有許多可以在自然發展中發展出來。順著這樣的思路，於是有兩個問題會接著浮現出來。其一是，這些思考上的發展是建立在哪些人類思考偏向上？其二是，這類的思考偏向約略會在那個年齡出現？

既然科學思考包括許多不同類型的心智活動（演繹推理、類比推論等），因此，要追問人類在科學思考上有哪些天然偏向，自然需從不同的心智活動分別去探討。如此看來，當然沒有任何一個研究可以畢其功於一役。原則上，有幾類心智活動在科學思考上扮演較關鍵的角色，包括：演繹推理、類比推理以及因果推理。後二者因為不像演繹推理一樣，有明確的規則可循，通常被歸類為歸納推理的一部份。而所謂的因果推理的思考活動，在現代的科學實務上，則表現在兩方

面：為推定因果關係在觀察上所做的選擇與規劃，以及從觀察結果產生結論的思考。前者的典型代表是實驗規劃與設計，後者則是統計推論或基於統計觀念的推理。因此，如圖 1 所示，在科學思考中，最主要的心智活動包括：演繹推理、類比推理、實驗或其他觀察的規劃與設計、統計推論。

在這四類主要的思考活動中，由於類比推理涉及一些研究者難以掌握的變項（例如，Chen, 2002; Gentner & Markman, 1997; Halford, 1992; Keane, 1997; Novick, 1988; Reeves & Weisberg, 1994; Ross & Kilbane, 1997），而且不易在實驗室中加以觀察，因此不是本整合型研究計畫能探討的。其他三類思考活動的研究，均為本整合型研究計畫中關於「科學思考的雛形狀態與發展傾向研究」的一部份。兒童的演繹推理能力是子計畫三（「演繹邏輯思考的萌芽、學習、發展與兩性差異」）（林文瑛、王震武）的研究主題，本研究則致力於兩類因果推理（「觀察的規劃與設計」與「基於統計觀念的推理」）的研究。更具體地說，本研究要探究的是，兒童科學思考中的實驗觀念與統計觀念雛形。

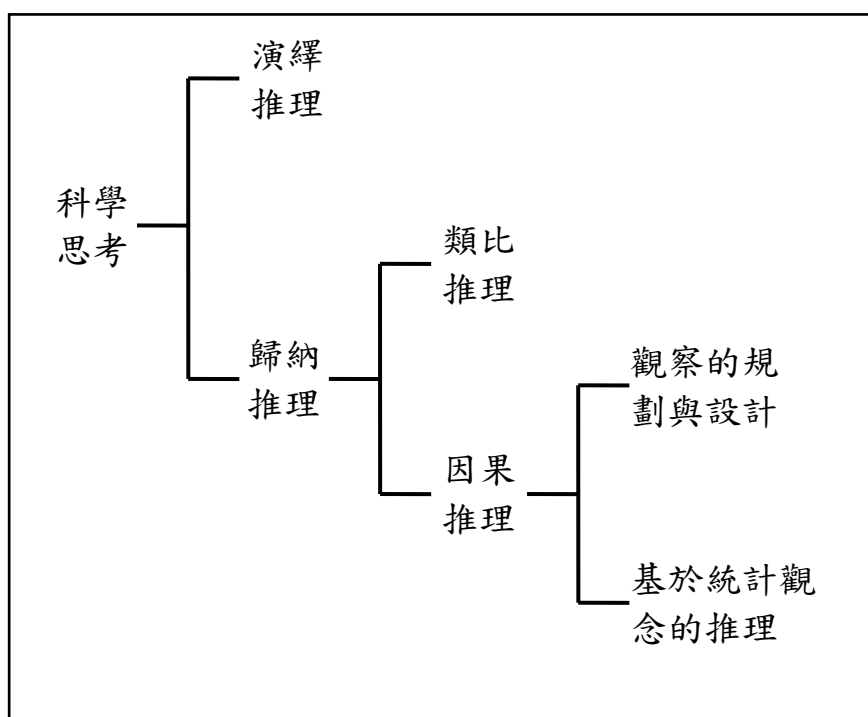


圖 1 科學思考中的主要心智活動

實驗思考的雛形

如前所述的，科學上的因果推理包含的第一類重要思考是，選擇作哪些觀察以及在什麼情況下做觀察。這類思考的代表性典範是，思考如何做一個可以顯示因果關係的實驗。從實驗的要素來看，這些思考顯然必須是關於獨立變項、依變項與混淆變項三方面的思考。對於專業科學家而言，關於獨立變項與依變項的思考，包括哪類獨立變項是值得觀察的、如何操弄選定的獨立變項、可以觀察那幾

個依變項、如何觀察或測量依變項等等，這些都與專業知識息息相關。因此，關於獨立變項與依變項的思考，大部分是領域特定的（domain-specific）的思考，跟研究領域的專業知識有十分密切的關係，不易從領域知識裡抽離出來，成為一門獨立於學術領域的學問。反觀關於混淆變項的思考，情況就完全不同。雖然哪些變項容易造成混淆，是隨領域而變的（比如，觀察對象的個別差異在心理學研究上是重要的混淆變項，在物理學研究上就不是，因為個別差異通常不存在——比如，所有的鐵球都一樣。），然而，如何控制混淆變項，卻有跨領域的共同原則在——如隨機化、對抗平衡等原則。正因如此，實驗設計才能成為獨立於專業領域的學問。

然而，獨立變項與依變項的選擇也有非常一般性的（非領域特定的）一面，而正由於它們是一般性的思考，因此可能反映人類思考上的特定偏向。舉例來說，當我們觀察現象時，很容易注意到有變異的變項以及這類變項之間的關連（比如注意到每個人的聰明程度不同，而他們父母的聰明程度也不同，因而進一步思考其間的關連），也很自然的會忽略沒有變異的變項（在思考「為什麼人的智力會有不同」時，不會注意到每個人都有眼睛）。這些思考傾向如果非經教導而得，自然可能是人類本有的思考偏向。

因此，要知道兒童是不是擁有可藉以發展出「用實驗來釐清真相」的思考之要件，顯然可以從四個方面加以觀察：

- ◇ 在關於獨立變項的思考方面，兒童是否（自覺或不自覺地）知道，必須有不同的地方可以比較（或有比較基準），才值得觀察，或才會有結論？
- ◇ 在關於依變項的思考方面，兒童會不會傾向於去觀察有變異（因之可藉以區辨原因）的依變項？
- ◇ 在關於變項混淆的思考方面，兒童知不知道有混淆時便無法下結論？
- ◇ 在關於獨立變項與依變項的關係方面，兒童是否能預期，當兩者有因果關係時，將會看到兩者之間的共變？

統計思考的雛形

因果推理包含的第二類重要思考，是關於如何從資料產生結論的思考。今天的科學社群對於如何從資料獲致結論，已經有了共同遵守的原則，此即「統計決策法則」。然而，現代統計理論的基礎理論「機率論」卻遠比人類的科學探索晚了幾千年才出現。在那個漫長的「前統計時代」，人類卻已對諸如氣候的季節循環、壽命的預期等深受隨機因素影響的現象，做了許多探索。因此，很難想像那個時代的古人完全沒有關於隨機變異、平均趨勢等方面的素樸統計概念。而這類概念之所以會出現，顯然不只是經驗的影響，還要有可用以整理經驗的人類思考偏向。

假如某種先天的思考偏向加上對隨機現象的經驗，就能產生素樸統計觀念，

則素樸統計觀念應該出現得很早。Jean Piaget 很早就注意到「隨機」觀念的發展問題，根據他的實驗，這種觀念大約從 7 歲左右開始發展。7 歲以下的小孩雖然知道，對於隨機抽撲克牌、輪盤指針停的位置等隨機事件，自己無法預測其結果，他們卻以為那是可以預測的。然而，從 7 歲到 10 歲，相關的觀念會陸續發展出來。比如說，10 歲的小孩就知道，只要嘗試的次數夠多，輪盤指針就可能停在以前沒有停過的位置，而其機會與嘗試次成正比。

自然，科學思考所涉及的統計觀念不只這些，因此，值得觀察的素樸統計觀念也就不只這些。Nisbett, Krantz, Jepson, & Kunda (1983) 曾以實驗探討大學生（其中約有 85% 沒修過統計學）用於日常生活中的素樸統計概念。他們觀察的重點包括：（1）關於資料的同質程度（同一群體在某一特質上彼此相似的程度）之信念會不會影響受試者從樣本對群體所做的推測？（2）樣本的隨機性會不會影響從樣本所得結論的強度？（3）對特定領域知識的了解，能否因為有助於了解相關事件的不確定性，而有助於受試者採取統計性的解釋？他們的實驗結果給予前述所有三個問題肯定的答案。

Nisbett 等人認為，統計觀念的產生主要的是來自於文化的薰陶。在現代文化裡，統計觀念處處可見，從保險到醫療事務都充斥著統計觀念，這些都會讓處於現代文化中的人受到統計知識的薰陶。根據這樣的想法，越是活在歷史前期的人，其統計或機率知識越少。因此，Nisbett 等人不認為中世紀歐洲的兒童能表現得像 Piaget 的受試者那麼好。自然，我們已不可能再去測試中世紀兒童的統計觀念。然而，如果現代 7 歲或更小的兒童能表現一系列的統計概念（而不僅是「隨機」的概念），文化薰陶說便相當可疑，因為根據 Piaget 的實驗結果，文化薰陶應在 7 歲以後才會開始發生功效。在這個情況下，統計觀念建基於「人類思考偏向」的觀點，便有可能是對的。更重要的也許是：不論統計觀念的來源為何，對小學低年級兒童統計觀念的測試，足以讓我們了解兒童科學思考的雛形狀態是怎樣的狀態。

自然，要了解兒童科學思考的統計面，應該觀察哪些觀念層面，是個有待考究的問題。原則上，值得觀察的素樸統計概念應該是專業統計概念中的某些基本概念。這些基本概念未必被明白地寫在統計教科書中，卻可能是統計學理背後的預設。比如說，所有的統計方法均預設資料具有某種「隨機性」。再比如說，統計假說檢定預設，任何未經檢驗的說法應予拒絕（預設 H_0 為真）。此外，幾乎所有的統計公式都蘊含符合常識的基本觀念。比如說，t 檢定公式以標準誤為分母，蘊含資料變異程度越大（同質性越低），越無法獲致可靠的結論，而樣本數越大，越可能獲致清晰的結論。這些基本觀念很可能就是建基於人類思考偏性的素樸統計觀點，因此，要觀察統計思考的雛形，自然應從這些方面入手。根據這樣的想法，本研究準備對國小低年級生就下列幾個方面進行觀察：

◇ 兒童是否知道任何新的說法都需要證據，否則只能存疑？

- ◇ 兒童是否知道資料的取得方式受主觀因素的影響越小（越隨機），其結論的可信度越高？
- ◇ 兒童是否知道樣本數越大結論越可信？
- ◇ 兒童是否知道資料的變異程度越小，其結論越可信？

性別的向度

提起女生的科學教育，很容易想到一些常見的現象：大學理工科的教授與學生男性顯著多於女性；男性在科學與數學的學業成就上似乎略優於女性；與科學或數學知識關係密切的產業（如工程業、電子業），其從業人員也男多於女。這些現象的產生到底是由於先天的差異、偏頗的制度性因素或偏差的社會心理造成的，自然會是個極大的爭論。近年一個關於兩性嬰兒注意偏向的研究（Connellan, Baron-Cohen, Wheelwright, Batki, & Ahluwalia, 2000），更令這個議題廣受矚目。根據這個研究的結果，對於並列的活人與同樣大小的物體，男嬰會花較長時間看物體，女嬰則以較多時間看人。Baron-Cohen (2003)據此主張，男性生而傾向於探索物體及物體間的機械互動關係，女性則偏好探索人以及人與人之間的情感性互動。由於兩性的先天差異本來就是個備受關注的議題，此一研究結果及其引伸的結論，自然廣受矚目。

根據 Elizabeth Spelke (2005)的觀察，包括前述的觀點在內，近年來在兩性先天差異的議題上，共有三種較重要的看法：(1) 男性生而對物體及其動力系統感興趣，女性女性生而對人、人的情感以及人際關係感興趣（Baron-Cohen, 2003; 亦見 Browne, 2002）；(2) 男性擁有在數學推理方面具優勢的認知能力組態，因此兩性之間的差異乃是根源於基因的差異（Geary, 1998; Kimura, 1999）；(3) 在數學能力的天賦上，男性的變異較女性大，因此，數學天賦特佳的男性多於女性（Benbow & Stanley, 1983; 亦見 Benbow, 1988; Nowell & Hedges, 1998）。Spelke 針對這些觀點就現有的文獻加以探討。她的結論是：

關於男性與女性認知能力發展的研究，並未能支持「男性在數學與科學方面有較多天賦」的主張。男女嬰在數學與科學的基礎認知能力上沒有差異，他們有相同的對物體、數字、語言、空間的表徵與認識能力。男女兒童以相同的方式、在相同的發展時段駕馭這些能力，以掌握初級數學的觀念及運算。雖然較大的男孩及女孩顯現稍有不同的認知組態，然其差異是複雜而微妙的（不是諸如「女性是語言的，男性是空間的」那樣）。這些差異通常都很小，而且是源於對解題策略的不同選擇。總括來說，這些不同的組態並未累積為男性或女性學習進階數學的優勢。高中男生在 SAT-M 分數上，平均分數與變異程度均較高，但高中與大學男女生在數學課上卻是同等優異，在一般學生或最具天賦的學生群中，均可匹敵。（頁 956）

本研究基本上認同這些觀點，因此，在性別向度上，並不預期會發現兩性差

異。然而，即便如此，兩性的比較依然有助於：(1) 再度確認前述 Spelke 的結論；(2) 釐清女生在反應方式、注意力分配、興趣、動機、自信心等非關認知能力方面的特質。根據這樣的考量，本研究將觀察男生和女生，並進行性別間的比較，希望能再度確認前述 Spelke 的結論。

教育意涵

這樣一個關於科學思考雛形的研究，探討的是科學啟蒙教育前女學生的科學思考雛形，其目的自然不僅是為了滿足研究者的好奇心，也不僅是為了探求科學真相，而是為了能有助於當前的科學教育。學生不論閱讀科學教材或聽老師講解科學知識，都需要將他們所讀、所聽的知識與他們已有的知識產生連結，才能獲得了解 (Carey, 1986)。根據同樣的義理，除非我們知道學生腦中已有怎樣的科學思考雛形，否則無法有效地教導學生學會科學思考。這個看法是 Susan Carey 所謂的科學教育的認知理據 (cognitive rationale)，是相對於傳統的動機理據 (motivational rationale) 而說的。換句話說，科學教育的關鍵不僅在於學生的學習動機，更在於學生的認知歷程。用 Susan Carey (1986) 的話來說：

我們面臨一個兩難：要理解文章或口語，必須將之關連到藉以了解世界的基模 (schemata)，但是科學教育的目標卻在傳授理解用的新基模，此一基模並不存在於學生原有的基模清單中。從而，學生要如何去理解教導 (科學) 新知的教材與課程？這個兩難是真實不虛的，而未能充分理解這點，正是當前科學課程中許多問題的根源。(頁 1123-1124)

這個兩難正是本研究的最終關切所在。正因如此，所以本研究試圖釐清女學生在接受科學啟蒙教育時，擁有怎樣的思考基模清單。而研究結果自然能讓人了解，科學啟蒙教育是在怎樣的認知基礎上進行的。

研究計畫概觀

本研究本屬一個三年期研究計畫的第二、三年計畫，因此，它是個前此已經結案的研究 (編號：NSC 96-2629-S-431-001-) 之後續研究。前此的研究以兩個實驗去測試小二學童在做因果推論時：(1) 是否已經知道獨立變項在觀察上必須是個變項？(實驗一) (2) 會不會傾向於去觀察有變異 (因之可藉以區辨原因) 的依變項？(實驗二) 這兩個實驗探討的是兒童的素樸實驗觀中關於獨立變項與依變項的素樸觀念，實驗結果可以摘要如次：

- (1) 小學二年級階段的兒童，已經知道只有有變異的現象才可能顯現因果關係。
- (2) 這個階段的兒童，還不能了解「獨立變項必須是個變項」，才可能成為另一個現象的可辨識成因。
- (3) 因此可以推知，小二階段正是科學思考雛形正在成形的階段。
- (4) 此一發展顯然沒有性別差異。

在這個基礎上，本研究繼續以實驗進行下列關於兒童素樸實驗觀與統計觀的研究：

- (1) 針對第一年研究所得「兒童還不能了解獨立變項必須是個變項」的結論，設計實驗加以進一步的確認或釐清。(實驗三)
- (2) 測試小學低年級階段兒童是否知道有混淆時便無法下結論?(實驗四)
- (3) 測試小學低年級階段兒童是否能預期，當兩變項有因果關係時，將會看到兩者之間的共變?(實驗五)
- (4) 測試小學低年級階段兒童是否知道任何新的說法都需要證據，否則只能存疑?(實驗六)
- (5) 測試小學低年級階段兒童是否知道資料的取得方式受主觀因素的影響越小(越隨機)，其結論的可信度越高?(實驗七)
- (6) 測試小學低年級階段兒童是否知道樣本數越大結論越可信?(實驗八)
- (7) 測試小學低年級階段兒童是否知道資料的變異程度越小，其結論越可信?(實驗九)

實驗三 (釐清實驗一留下的問題)

前此第一年研究計畫的實驗一，目的在探討：兒童能否了解「獨立變項在觀察上必須是個變項」，才能探討它與依變項的因果關係。該實驗以如下的假想的情境去測試參與者的思考，看他們在獨立變項只有一個觀察值的情況下，所做的因果判斷是否不同於有兩個觀察值的狀況。

「一個觀察值」狀況假想情境：

最近，一間國小一年級某班，有十幾位小朋友，放學回家後肚子痛了起來。生病的小朋友上學時都好好的。中午都在學校吃營養午餐，而且班上很多人都吃了一位小朋友帶去的餅乾。

「兩個觀察值」狀況假想情境：

最近，一間國小一年級某班，有十幾位小朋友，放學回家後肚子痛了起來。生病的小朋友上學時都好好的。中午都在學校吃營養午餐，而且班上很多人都吃了一位小朋友帶去的餅乾。但是，沒有吃餅乾的小朋友都沒生病。

該實驗的兩組小二參與者，須以「是」、「不是」、「不一定」或「不知道」對下列問題作反應：「那些小朋友肚子痛，是因為吃的餅乾有問題嗎？」實驗結果顯示，小二階段的兒童普遍尚無關於「獨立變項」的思考雛形，而此一情況並沒有性別上的差異。

然而，由於實驗一要參與者判斷的因果問題是「餅乾是否為肚子痛的原因」，因為特別提到「餅乾」，可能因此產生暗示效果，因而影響了實驗的結果。針對此一問題，本階段的研究工作需優先設計實驗以釐清該問題。針對此一目標，實驗三對實驗一要參與者判斷的問題做如下的修改，並重做實驗：

原問題 (實驗一)：

「那些小朋友肚子痛，是因為吃的餅乾有問題嗎？」(「是、不是、不一定、

不知道」四個選項)

修改後問題 (實驗三):

「那些小朋友肚子痛，是因為什麼東西有問題？」(「營養午餐、餅乾、自己買的零食、不一定、不知道」五個選項)

方法

參與者：小學二年級小朋友 50 人，男生 25 人，女生 25 人

實驗材料：如前述假想情境

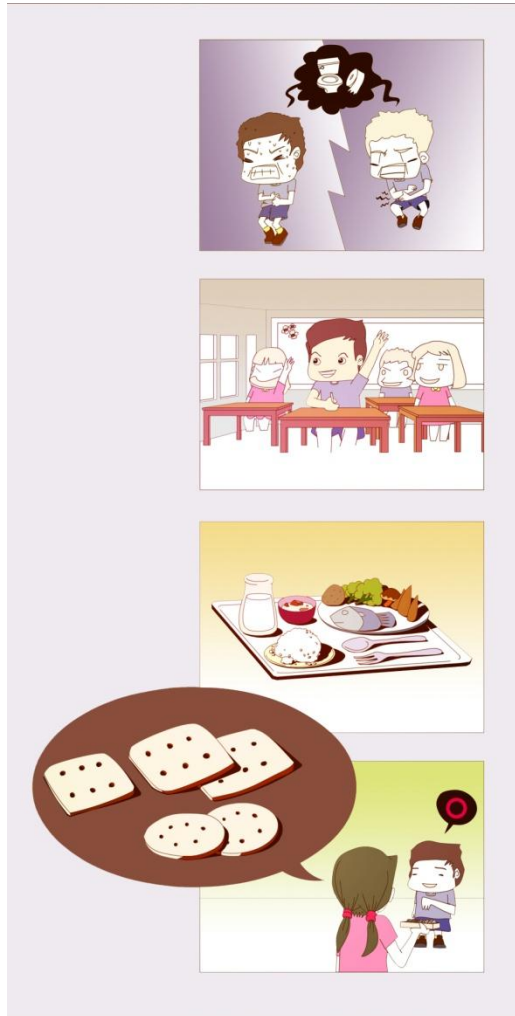
獨立變項：「假想情境中的獨立變項有幾個觀察值」(「一個觀察值」與「兩個觀察值」兩種實驗狀況)

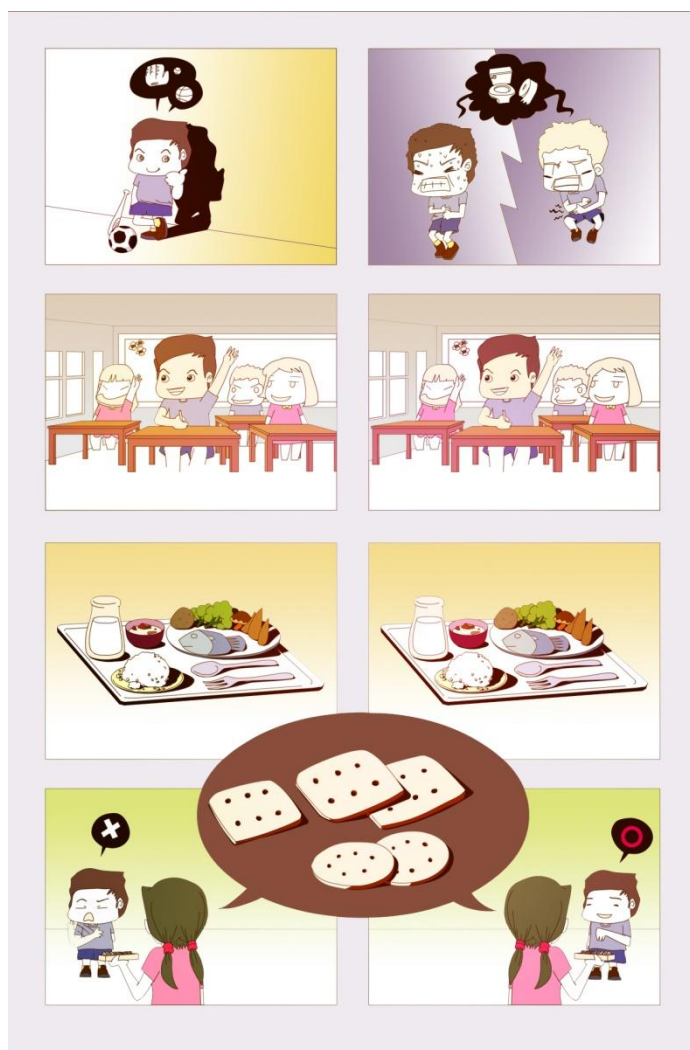
依變項：參與者針對「那些小朋友肚子痛，是因為什麼東西有問題？」所做的的因果判斷。

實驗設計：受試者間設計。

實驗程序：實驗者敘述假想的觀察狀況，然後要參與者做因果判斷。採個別施測的方式進行，並以圖片提供補助，避免記憶及理解因素的影響。

補助圖片：如下二圖 (上圖為「一個觀察組」用，下圖為「兩個觀察值組」用)。





結果及討論

實驗三在「兩個觀察值」的狀況下，可以確認肚子痛的原因在「餅乾有問題」，但在「一個觀察值」狀況下則無法確認。實驗三的目的即在比較兩狀況下認為「餅乾」是禍因的人數。實驗三的實驗結果如表一與表二。由於參與者人數較少，為了方便統計，表一將「餅乾」以外的反應，合併為「其他」反應。表一顯示，參與者在兩個觀察值的情況下所做的因果判斷，較一個觀察值狀況下的判斷正確（選擇「餅乾」的人較多），顯見小二階段的參與者，已有「獨立變項須是個『變項』」的科學概念雛形。這個結果與實驗一所得結果相反，綜合實驗一與實驗三的結果來看，顯然，小二階段的兒童已有「獨立變項在觀察上必須是個變項，才能成為其他現象的可辨識成因」之觀念，因此，當假想情境中可能的獨立變項是個變項（「兩個觀察值」狀況）時，兒童的因果推論正確率便會高於猜測率。然而，在可能的獨立變項均非變項（「一個觀察值」狀況）時，兒童的猜測會深受既有觀念或問題用語的影響。

另一方面，表二的實驗結果再度確認前此實驗一的結論，小二兒童關於獨立變項的素樸觀念，並無性別差異。

表一 參與者在實驗三中的反應（小二）

	餅乾	其他	總和
一個觀察值組	14	11	25
兩個觀察值組	22	3	25
總和	36	14	50

* Fisher精確檢定 $p=0.013$ (單尾)

表二 男女生在實驗三兩個實驗狀況下的反應

		性別		
		男生	女生	合計
一個觀察值組*	餅乾	7	7	14
	其他	5	6	11
	合計	12	13	25
兩個觀察值組**	餅乾	11	11	22
	其他	2	1	3
	合計	13	12	25

* Fisher精確檢定 $p=1.000$ (雙尾)

** Fisher精確檢定 $p=1.000$ (雙尾)

實驗四 (兒童關於變項混淆的思考)

實驗四的目的在釐清：兒童是否知道有混淆時便無法下結論？實驗者設計「有混淆」與「沒混淆」兩種假想情境，讓參與者做因果判斷。在「有混淆」的狀況下，待歸因的現象有兩個互相混淆的可能原因；在「沒混淆」的狀況下，可能的原因只有一個，沒有其他變項與之混淆。針對這兩種狀況，若兒童瞭解有混淆時便無法下結論，則他們在兩種狀況下的反應便會不同：在「沒混淆」狀況下，他們會做正確的因果推論；在「有混淆」的狀況下，他們會在因果推論中以「不一定」或「不知道」作答。

方法

獨立變項：「是否有混淆」(「有混淆」與「沒混淆」兩種狀況)

假想情境：實驗四的假想情境之描述如下，兩個狀況描述的假想情境相同，唯一的差異在於，「沒混淆」的狀況的描述比「有混淆」狀況多出「有些不是晨跑隊的小朋友也喝營養湯，他們也比較健康。」這段話，以排除「晨跑」與「喝營養湯」的混淆。

「有混淆」狀況：

假想情境：宜蘭(中壢)的鄉下有一個「小朋友晨跑隊」，每天早上一起慢跑去上學。校門口住著一位老媽媽，每天煮一鍋「營養湯」，給晨跑隊的小朋友喝。每次她都很熱心地說：「趕快趁熱喝，這種營養湯有益健康。」後來，學校做健康檢查，發現晨跑隊的小朋友比其他小朋友健康。

參與者判斷：你覺得晨跑隊的小朋友是因為喝了「營養湯」才會比較健康嗎？
是 不是 不一定 不知道

「沒混淆」狀況：

假想情境：宜蘭(中壢)的鄉下有一個「小朋友晨跑隊」，每天早上一起慢跑去上學。校門口住著一位老媽媽，每天煮一鍋「營養湯」，給晨跑隊的小朋友喝。每次她都很熱心地說：「趕快趁熱喝，這種營養湯有益健康。」後來，學校做健康檢查，發現晨跑隊的小朋友比其他小朋友健康。有些不是晨跑隊的小朋友也喝營養湯，他們也比較健康。

參與者判斷：你覺得晨跑隊的小朋友是因為喝了「營養湯」才會比較健康嗎？
是 不是 不一定 不知道

依變項：參與者針對「營養湯」是否為「比較健康」的原因所做的判斷。

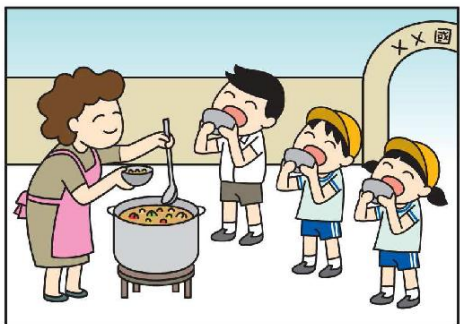
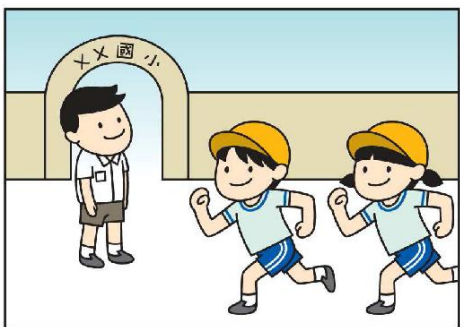
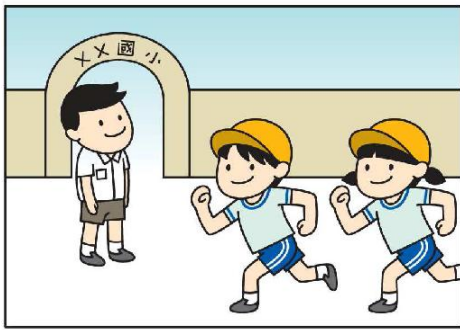
實驗設計：受試者間設計。

實驗程序：實驗者敘述假想的觀察狀況，然後要參與者選擇結論。採個別施測的方式進行，並以圖片提供補助，避免記憶及理解因素的影響。

參與者：小學一年級小朋友 65 人(男生 34 人、女生 31 人)及小學二年級小朋友 129 人(男生 67 人、女生 62 人)。其人數分配如下。

年級	組別	男生	女生	小計
一年級	沒混淆組	16	17	33
	有混淆組	18	14	32
	合計	34	31	65
二年級	沒混淆組	32	33	65
	有混淆組	35	29	64
	合計	67	62	129

補助圖片：如下圖(上圖為有混淆組用，下圖為無混淆組用)。



結果及討論

根據實驗四的假想狀況，在「沒混淆」的狀況下，可以確認「喝營養湯是比較健康的原因」；但在「有混淆」的狀況下則無法確認。實驗三的目的即在比較兩狀況下做此確認的人數。實驗三小一參與者的實驗結果列於表三與表四。由於參與者人數較少，表三、四亦將答「是」（確認喝營養湯是較健康的原因）以外的反應合併為「其他」。表三顯示，小一的參與者尚未能瞭解「有混淆時便無法

下結論」。表四顯示，此一發展特徵並沒有兩性差異。

表三 小一參與者在實驗三中的反應

	是	其他	總和
沒混淆組	24	9	33
有混淆組	24	8	32
總和	48	17	65

* Fisher精確檢定 $p=0.530$ (單尾)

表四 小一男女生在實驗三兩個實驗狀況下的反應

		性別		
		男生	女生	合計
沒混淆組*	是	12	12	24
	其他	4	5	9
	合計	16	17	33
有混淆組**	是	14	10	24
	其他	4	4	8
	合計	18	14	32

* Fisher精確檢定 $p=1.000$ (雙尾)

** Fisher精確檢定 $p=0.703$ (雙尾)

小二參與者的實驗結果列於表五及表六。表五顯示，小二參與者的反應，一如小一參與者，在「有混淆」與「沒混淆」狀況下的反應並無不同。換句話說，即使從小一升到小二，多一年的發展，也尚未能讓兒童瞭解，在因果推論上，有混淆時便無法下結論。表六顯示，此一發展並無性別差異。

表五 小二參與者在實驗三中的反應

	是	其他	總和
沒混淆組	39	26	65
有混淆組	39	25	64
總和	78	51	129

* Fisher精確檢定 $p=0.528$ (單尾)

表六 小二男女生在實驗三兩個實驗狀況下的反應

		性別		
		男生	女生	合計
沒混淆組*	是	21	18	39
	其他	11	15	26

	合計	32	33	65
有混淆組**	是	23	16	39
	其他	12	13	25
	合計	35	29	64

* Fisher精確檢定 $p=0.450$ (雙尾)

** Fisher精確檢定 $p=0.447$ (雙尾)

實驗五 (兒童關於獨立變項與依變項關係的思考)

實驗五的目的在探討：兒童是否能預期，當兩變項有因果關係時，將會看到兩者之間的共變？假設 A 與 B 兩者都是現象 C 的可能原因，則有兩個可能的因果關係：「A-C 因果」與「B-C 因果」。若 A 為真正的因，則只要 A 出現就會看到 C。假設 A 是「吃冰淇淋」，B 是「喝山泉水」，C 是「瀉肚子」，實驗五用如下的假想情境測試兒童關於「獨立變項與依變項關係」的思考。在這個實驗中，實驗者操弄的是不同的因 (A 或 B)，觀察的是，受試者會預期看到怎樣的因果組態 (「A 與 C 共變」或「B 與 C 共變」)。

假想情境：平安國小星期天舉辦郊遊，到郊外的風景區去玩，回家後很多小朋友都瀉肚子。經調查，當天走到半路上，就有些小朋友買了路旁賣的冰淇淋吃，到了目的地之後，也有一些小朋友喝了路邊的山泉水。當然也有人又吃冰淇淋又喝了山泉水。

參與者判斷：

(1) 如果「吃冰淇淋」是瀉肚子的原因，你認為下面哪些人會瀉肚子？

- 又吃冰淇淋又喝山泉水的小朋友
- 只吃冰淇淋沒喝山泉水的小朋友
- 沒吃冰淇淋只喝山泉水的小朋友
- 沒吃冰淇淋也沒喝山泉水的小朋友
- 不知道

(2) 如果「喝山泉水」是瀉肚子的原因，你認為下面哪些人會瀉肚子？

- 又吃冰淇淋又喝山泉水的小朋友
- 只吃冰淇淋沒喝山泉水的小朋友
- 沒吃冰淇淋只喝山泉水的小朋友
- 沒吃冰淇淋也沒喝山泉水的小朋友
- 不知道

方法

假想情境：如前述

獨立變項：不同的「因」(「吃冰淇淋」與「喝山泉水」兩種狀況)

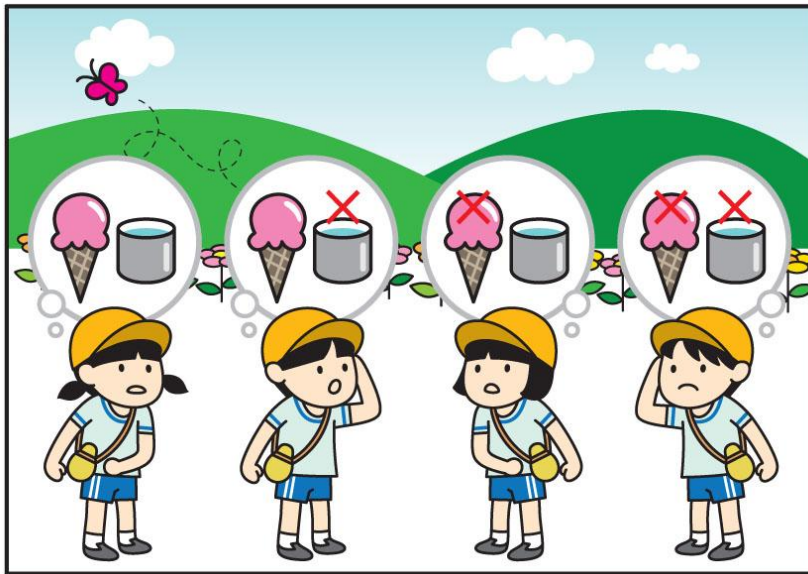
依變項：參與者預期的共變組態(「吃冰淇淋的人才會瀉肚子」或「喝山泉水的人才會瀉肚子」或不呈共變的組態)。

實驗設計：受試者內設計。

實驗程序：實驗者敘述假想的觀察狀況，然後要參與者選擇預期會瀉肚子的人。採個別施測的方式進行，並以圖片補助，避免記憶及理解因素的影響。

參與者：小學一年級小朋友 65 人，男生 34 人，女生 31 人。

補助圖片：如下圖。



結果及討論

在實驗五的假想情境中，第一個問題（「如果「吃冰淇淋」是瀉肚子的原因，你認為下面哪些人會瀉肚子？」）的正確答案是「又吃冰淇淋又喝山泉水的小朋友」與「只吃冰淇淋沒喝山泉水的小朋友」；第二個問題（「如果「喝山泉水」是瀉肚子的原因，你認為下面哪些人會瀉肚子？」）的正確答案是「又吃冰淇淋又喝山泉水的小朋友」與「沒吃冰淇淋只喝山泉水的小朋友」。理論上，參與者必須全選正確的兩個答案，且完全不選不正確的任何答案，才表示他能從因果關係預期因果的共變關係。由於，這樣的反應才算「正確反應」，因此，正確反應有固定的組態，此即，「不多不少只選取某兩個選項」。

假設參與者並不瞭解因果與共變的關係，其反應是隨機的；又假設，在這個情況下，他恰好不多不少地隨機選了兩個選項的機率為 $p(2)$ ；在此情況下，該參與者自 4 個選項（既選兩項，自然不會選「不知道」）中任選兩個，同時選中正確的兩選項之機率為， $\frac{1}{C_2^4} = \frac{1}{6} = 0.1667$ ，則任一參與者隨機反應的正確率為

$$p = p(2) \times 0.1667$$

前式中 $p(2)$ 的值自然需要估計。由表七、八可以看出對「冰淇淋問題」與「山泉水問題」反應數為「2」的人數分別為 58.5 與 66.2。假設這兩個數目反映「隨機猜測時選取 2 個選項的機率」，則 $p(2)$ 的合理估計值應約略介於 0.58~0.66 之間。若取整數，估計值上限應不高於 0.70。也就是說，參與者若隨機猜測，頂多只有 0.70 的機率恰好只選兩個選項。將這個上限估計值代入前式，便可算得任一參與者隨機反應的正確率上限估計值，

$$p = 0.70 \times 0.1667 = 0.1167$$

有了此一上限估計值，便可利用二項分配機率公式，來檢驗下列假說：

H_0 : 大體而言，參與者隨機反應。

H_1 : 大體而言，參與者根據因果與共變關係做反應。

表九是參與者對兩問題的反應之統計。表九顯示，在兩個問題的反應上，均

有 37 位參與者做出正確反應，28 位做出錯誤反應。根據二項分配機率公式，在 H_0 成立（參與者隨機反應）的前提下，65 位參與者中有 37 位以上做出正確反應的機率小於 0.0001，因此 H_0 應被拒絕。若以表九中對兩問題的反應均正確的 31 人，作為「正確反應人數」，在 H_0 成立的前提下，正確反應人數達 31 人以上的機率依然小於 0.0001， H_0 還是應予拒絕。換句話說，實驗四的結果顯示，大體而言，有一半左右（估計值為 31/65 或 37/65）的小一兒童，已能預期，當兩變項有因果關係時，將會看到兩者之間的共變。因此，小一階段應是此一科學思考雛形正在發展的階段。而表八的統計數字顯示，此一發展沒有兩性差異存在。

表七 參與者對「冰淇淋問題」的反應數

反應數	人數	百分比
1	17	26.2
2	38	58.5
3	8	12.3
4	2	3.1
總和	65	100.0

表八 參與者對「山泉水問題」的反應數

反應數	人數	百分比
1	17	26.2
2	43	66.2
3	5	7.7
4	0	0
總和	65	100.0

表九 參與者在實驗四中的反應（小一）

		山泉水歸因		
		正確	錯誤	合計
冰淇淋歸因	正確	31	6	37
	錯誤	6	22	28
	合計	37	28	65

表十 男女生在實驗四兩種因果狀況下的反應

		性別		
		男生	女生	合計
冰淇淋歸因*	正確	19	18	37
	錯誤	15	13	28
	合計	34	31	65
山泉水歸因**	正確	21	16	37
	錯誤	13	15	28
	合計	34	31	65

* Fisher精確檢定 $p=1.000$ （雙尾）

** Fisher精確檢定 $p=.459$ (雙尾)

實驗六 (兒童關於舉證責任的思考)

實驗六的目的在探討兒童是否知道任何新的說法都需要舉證，在未有證據之前都是不可信的？換句話說，本實驗將測試，兒童在思考上對任何說法（理論）的預設，是預設它為假，還是預設它為真？假設有人提出一個說法，根據統計決策常規，該說法為 H_1 ，否定 H_1 的說法則為 H_0 ，則本實驗以下列的假想情境，測試兒童究竟預設 H_0 或 H_1 為真。

假想情境：小冬聽哥哥說，「如果有人心裡唸你的名字，你就會耳朵癢。」小冬覺得很有趣，就常常在心裡唸小雯的名字。但是小雯每次都說她沒有覺得耳朵癢。小冬知道，小雯是很害羞的女生，不會承認男生唸她的名字會讓她耳朵癢。

參與者判斷：

(1) 你認為我們應該相信誰的話？

小雯 小冬 不一定 不知道

(2) 對這件事，你比較贊成下面哪一個說法？

小冬又不是小雯，怎麼可以隨便說她耳朵癢。

既然小雯很害羞，所以她一定覺得耳朵癢又不承認。

方法

假想情境：如上述

參與者：小學二年級學生，64人，男女各半。

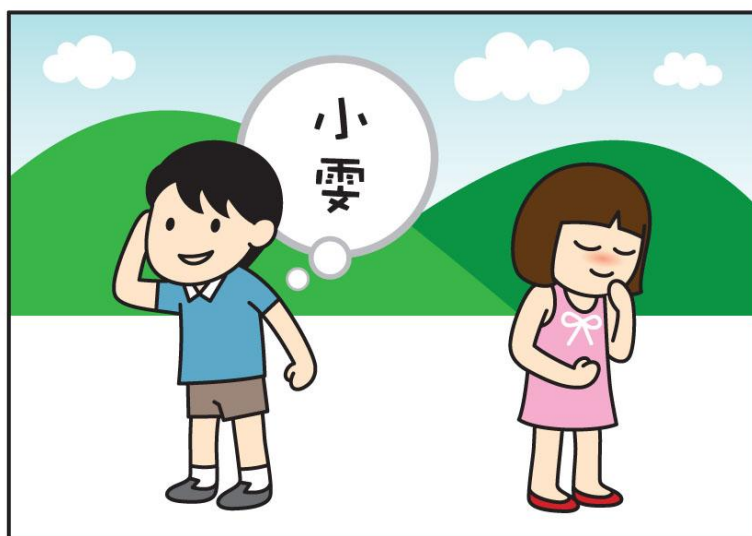
獨立變項：「對真相的兩種說法」(H_0 或 H_1)

依變項：「參與者是否接受 H_1 」。

實驗設計：受試者內設計。

實驗程序：實驗者敘述假想的觀察狀況，然後要參與者選擇結論。採個別施測的方式進行，並以圖片補助，避免記憶及理解因素的影響。

補助圖片：如下圖。



結果及討論

在實驗六的假想情境中，小冬的說法是個有待證明的說法，因此是 H_1 ，小冬的說法涉及小雯的個人感覺，在正常情況下，個人表達自己的感覺不用舉證，因此小雯的說法是 H_0 。針對這兩個假說，參與者對第一個問題（「你認為我們應該相信誰的話？」）的反應列於表十一。由表十一可以看出，針對這個問題，多數參與者的反應是採信 H_0 。假如將參與者的反應分成兩類：採信 H_0 （相信小雯）與未必採信 H_0 （相信小冬或不確定）兩類，再假設假設參與者的反應是隨機的，也就是說，他們任意由四個選項中選出一個，則選「小雯」這個選項的參與者人數大於或等於 31 人的機率為，

$$p(X \geq 31) = \sum_{x=31}^{64} C_x^{64} (0.25)^x (0.75)^{64-x} = 0$$

由於沒有任何參與者選「不知道」，因此也可以假設，參與者隨機選取選項時，先將「不知道」排除。如此則隨機選中「小雯」的機率應為 0.33。準此，選「小雯」的參與者人數大於或等於 31 人的機率為，

$$p(X \geq 31) = \sum_{x=31}^{64} C_x^{64} (0.33)^x (0.67)^{64-x} = 0.0074$$

由以上計算可知，不論假設參與者隨機由四個選性選一個，或排除「不知道」後隨機選一個，選中「小雯」的人數達 31 人以上的人數均在 0.01 以下，因此，可以拒絕「參與者隨機選取答案」的說法。換句話說，多數參與者知道「小雯」(H_0) 才是正確答案。表十一的數據也顯示，這種反應型態沒有性別差異 ($\chi^2_{(2)} = .743, p = .693$)。

表十一 小二參與者對「你認為我們應該相信誰的話？」的反應

反 應	性 別		合 計
	男	女	
小雯 (H_0)	14	17	31
小冬	12	11	23
不一定	6	4	10
合 計	32	32	64

實驗六的詢問參與者的第二個問題，是參與者決定相信哪一種說法 (H_0 或 H_1) 所根據的理由。實驗者列出供參與者選擇的理由分別是：(1) 小冬又不是小雯，怎麼可以隨便說她耳朵癢；(2) 既然小雯很害羞，所以她一定覺得耳朵癢又不承認。第一個理由依據的原則顯然是：「沒有證據顯示 H_0 錯誤時，不能拒絕 H_0 。」第二個理由背後的原則則是：「沒有證據顯示 H_0 正確時，即可拒絕 H_0 。」前者預設 H_0 為真，後者預設 H_0 為假。參與者對第二個問題（「你比較贊成下面哪一個說法？」）的反應列於表十二。由表十二可以看出，參與者對第二個問題的反應與對第一個問題的反應不太一致。大部分參與者認同：「既然小雯很害羞，所以她一定覺得耳朵癢又不承認。」因此，他們預設 H_0 為假。假設參與者的反應是隨機的，則至多有 37 人選擇第二選項（至少有 27 人選擇第一選項）的機率

為，

$$p(X \leq 37) = \sum_{x=0}^{37} C_x^{64} (0.5)^x (0.5)^{64-x} = 0.9157$$

因此，沒有跡象顯示，多數參與者知道「應預設 H_0 為真」。根據表二，這個現象顯然不因性別而異 ($\chi_{(1)}^2 = .577, p = .448$)。

表十二 小二參與者對「你比較贊成下面哪一個說法？」的反應

反 應	性 別		合 計
	男	女	
小冬又不是小雯，怎麼可以隨便說她耳朵癢。	12	15	27
既然小雯很害羞，所以她一定覺得耳朵癢又不承認。	20	17	37
合 計	32	32	64

綜合實驗六的結果，對小二參與者這方面的思考的合理描述是：他們傾向於預設 H_0 為真，但是他們沒有能力去釐清此一思考方式背後的原則。

實驗七（兒童關於資料取得方式的思考）

實驗六是關於「兒童對資料取得方式的思考」之實驗，其目的在釐清：兒童是否知道資料的取得方式受主觀因素的影響越小（越隨機），其結論的可信度越高。

方法

假想情境：實驗七提供如下的假想情境，

假想情境：小華與小明想知道「常喝茶的人是不是比較長壽？」小華回家問爺爺，爺爺說，他的朋友都愛喝茶，也都很長壽。因此小華認為：「喝茶會讓人長壽。」小明在學校裡隨意找幾個小朋友，問他們的爺爺愛不愛喝茶？多大年紀了？結果發現愛喝茶的人有些長壽，有些不很老就過世了。因此小明認為：「喝茶不一定會讓人長壽。」

參與者判斷：你認為小明的看法比較可靠，還是小華的看法比較可靠？

小明 小華 不一定 不知道

獨立變項：「資料取得方式」（「隨機」或「不隨機」）

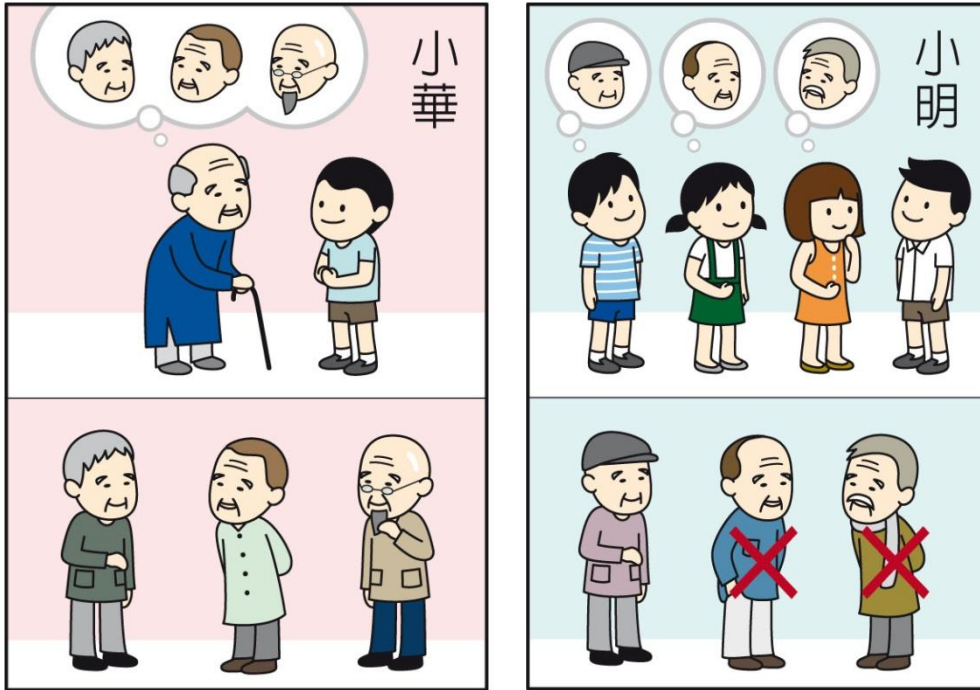
依變項：「參與者對結論的相對可信度之判斷」。

實驗設計：受試者內設計。

參與者：小學二年級學生，約 88 人，男生 43 人，女生 45 人。

實驗程序：實驗者敘述假想的觀察狀況，然後要參與者選擇結論。採個別施測的方式進行，並以圖片補助，避免記憶及理解因素的影響。

補助圖片：如下二圖



結果及討論

在實驗七的假想情境中，小華取樣的範圍是他爺爺的朋友，取樣全無隨機性；小明的取樣範圍則是學校小朋友的爺爺，取樣方式也是隨機的，因此，小明的結論應較可靠。實驗結果列於表十三。表十三顯示，多數參與者正確地認定小明的結論較可靠。假如參與者的反應是隨機的，則在全部的參與者中，多達 63 位以上的參與者做出正確選擇的機率為，

$$p(X \geq 63) = \sum_{x=63}^{88} C_x^{88} (0.5)^x (0.5)^{88-x} = 0.0001$$

因此，「參與者隨機反應」的可能性極小，此一實驗結果顯示，小二的參與者已經知道，資料的取得方式受主觀因素的影響越小（越隨機），其結論的可信度越高。若將「不一定」、「不知道」反應的資料去除（男、女生各去除 3 人），則 Fisher 精確檢定的結果顯示，這方面的思考並不存在兩性差異（ $p=0.118$ ，雙尾）。

表十三 小二參與者對「你認為小明的看法比較可靠，還是小華的看法比較可靠？」的反應

反應	性別		合計
	男	女	
小明	34	29	63
小華	6	13	19
不一定	2	3	5
不知道	1	0	1
合計	43	45	88

將

實驗八（兒童對於樣本數的思考）

實驗八的目的在釐清兒童關於樣本數的思考，確認他們是否知道樣本數越大，結論越可靠。

方法

假想情境：實驗八使用如下的假想情境去測試兒童關於樣本數的思考：

假想情境：小華和小明念不同學校，卻是很好的朋友。有一天，他們想知道「愛喝茶的人是不是活得比較久」。小明在學校隨便找 10 個小朋友，問他們的爺爺愛不愛喝茶？今年幾歲？結果發現，有些愛喝茶的爺爺活得比較久，有些愛喝茶的爺爺沒有活得比較久。所以小明認為：「愛喝茶不一定會讓人活得比較久」。小華也是在學校裡隨便找了 5 個小朋友，問他們的爺爺愛不愛喝茶？今年幾歲？結果發現，愛喝茶的爺爺都活得比較久，所以小華認為：「愛喝茶會讓人活得比較久」。

參與者判斷：你覺得小明和小華，誰的說法比較可能是對的呢？

小明 小華 不一定 不知道

顯然假想情境分前後兩個部分，為避免先後順序的影響，有些假想情境先呈現取樣 10 人的狀況，再呈現取樣 5 人的狀況，有些則反之。同樣的，有些假想情境先呈現獲得肯定結論的情節，再呈現獲得否定結論的情節，有些則反之。因此，假想情境共有 $2 \times 2 = 4$ 個版本。

獨立變項：假想情境中的取樣數（5 人或 10 人）

依變項：參與者對結論的相對可信度之判斷。

實驗設計：受試者內設計。

參與者：小一兒童 44 人（男生 23 人，女生 21 人），小二兒童 62 人（男生 33 人，女生 29 人）。

實驗程序：實驗者敘述假想的觀察狀況，然後要參與者選擇結論。採個別施測的方式進行，並以圖片補助，避免記憶及理解因素的影響。

補助圖片：如下二圖（上圖：小明取樣 10 人，結論是「愛喝茶會讓人活得比較久」；下圖：小華取樣五人，結論是「愛喝茶不一定會讓人活得比較久」）



結果及討論

小一與小二參與者的實驗結果列於表十四。表十四中的「正確」反應數，是指，反應符合大數法則的人數；「錯誤」反應數則是指反應不符合大數法則的人數，不包含以「不一定」或「不知道」做反應的人數。由於沒有任何參與者做「不一定」/「不知道」的反應，因此，表十四中省略這兩種反應的相關欄位。由表十四可以看出，大多數參與者均做出正確反應。假設參與者的反應是在「小明」與「小華」兩個選項中隨機選取一個，則根據二項分配公式，44 位小一參與者正確反應數達 25 以上的機率為 .2257，62 位小二參與者正確反應數達 38 以上的機率為 .049。顯示不能排除小一參與者隨機反應的可能，但可排除小二參與者隨機反應的可能。換句話說，從小一到小二，兒童正逐漸發展出類似大數法則的概念。然而，獨立性檢定的結果卻顯示，小一與小二的差異並不顯著 ($\chi^2 = .213$; $p > .05$)。若將小一與小二的資料合起來看，則在 106 位參與者，因隨機反應而使得正確反應數超過 63 人的機率，只有 0.322。因此，隨機反應的假設可以排除。

換句話說，實驗八的結果顯示，大部分的小學低年級學童已經知道「樣本數越大，結論越可靠」。

表十五的數據顯示，這方面的思考不存在兩性差異 ($\chi^2 = .081$; $p > .05$)。

表十四 小一與小二參與者在實驗八中的反應

		一年級	二年級	合計
反應	正確	25	38	63
	錯誤	19	24	43
	合計	44	62	106

表十五 男女參與者在實驗八中的反應

		男生	女生	合計
反應	正確	34	29	63
	錯誤	22	21	43
	合計	56	50	106

實驗九（兒童關於資料變異程度的思考）

實驗九的目的在探討兒童是否知道資料的變異程度越小，其結論越可信。實驗者利用假想情境，測試國小低年級學童在這方面的思考。實驗提供的假想情境，包含變異度高與低的兩類資料，假想的兩位角色人物則分別根據其中一類資料，猜測未來可能出現的狀況，然後要參與者判斷哪類資料產生的預測較可能料中，藉此釐清參與者能否根據資料的變異度去判斷結論的可信度。

假想情境：實驗九的假想情境如次，

假想情境：小美和小蕙的老師很漂亮，常常穿高跟鞋，戴著可愛的帽子。她有七、八頂不同顏色的帽子，兩、三雙不同形狀的高跟鞋，換著穿戴。有一天，小美說：「我猜老師明天會戴紫色的帽子。」小蕙說：「我猜老師明天會穿方頭的高跟鞋。」

參與者判斷：你認為誰比較可能猜中？

小美 小蕙 不一定 不知道

獨立變項：「假想情境中的資料變異度」（變異程度較大或較小）

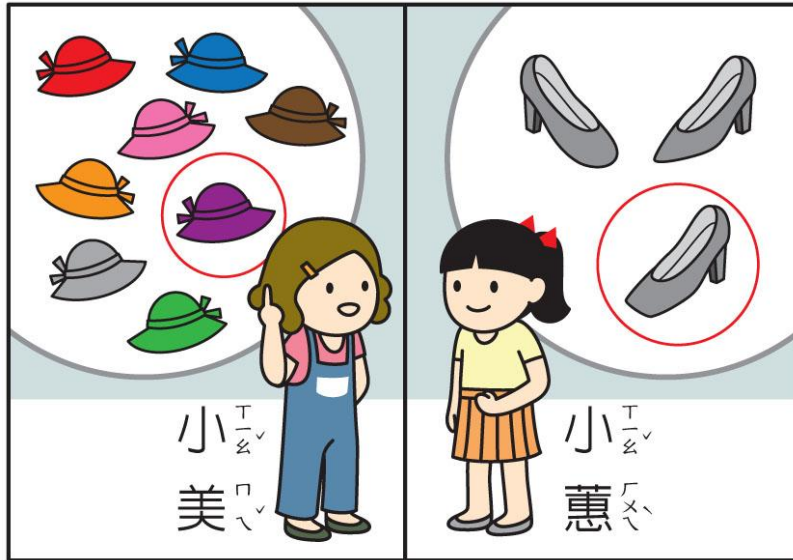
實驗設計：受試者內設計。

依變項：「參與者對結論的相對可信度之判斷」（判斷根據哪一種資料所做的猜測比較可靠）。

參與者：小二學生 62 人（男生 33 人，女生 29 人）。

實驗程序：實驗者敘述假想的情境，然後要參與者判斷情境中的小美和小蕙，誰比較可能猜中。實驗採個別施測的方式進行，並輔之以圖片，以避免記憶及理解因素的影響。

補助圖片：如下圖。



結果及討論

根據實驗九所提供的兩類資料：「七、八頂不同顏色的帽子」與「兩、三雙不同形狀的高跟鞋」，顯然前者的變異度較大。因此，如果要猜測主人公在任一時間可能穿戴的帽子或鞋子，只要能利用資料變異度的訊息，即能判斷對鞋子的預測猜中率較高。參與者的實際反應列於表十六。由於沒有任何參與者以「不一定」或「不知道」做反應，因此表十六將相關的欄位省略。

根據表十六男女生合計的反應數據，參與者的反應接近「隨機猜測」的水準（ $p(X \geq 31/(n=62, p=.5)) = .5504$ ）。顯示小二的參與者尚無「資料變異度越小結論越可靠」的觀念。表十六的資料也顯示，參與者的反應不存在性別差異（ $\chi^2 = .583; p = .445 > .05$ ）。

表十六 兩性參與者在實驗九中的反應

	男生	女生	合計
正確	18	13	31
錯誤	15	16	31
合計	33	29	62

綜合討論

綜而言之，本研究的九個實驗發現，前科學啟蒙期（小學低年級階段）兒童的素樸實驗觀與統計觀，擁有如下的幾個特徵：

(1) 這個階段的兒童，已能了解「獨立變項必須是個變項」，才可能成為另一個現象的可辨識成因。然而，在獨立變項不是個變項的情況下，他們的反應不是「無法判斷」，而是隨機猜測，而其猜測又深受各種暗示的影響。

(2) 這個階段的兒童，已經知道只有有變異的現象（依變項）才可能顯現因果關係。

(3) 這個階段的兒童未能瞭解，在因果推論上，有混淆時便無法下結論。

(4) 早在小一階段，兒童已能預期，當兩變項有因果關係時，將會看到兩者之間的共變。

(5) 這個階段的兒童傾向於預設 H_0 為真，但是他們沒有能力去釐清此一思考方式背後的原則。

(6) 這個階段的兒童已經知道，資料的取得方式受主觀因素的影響越小(越隨機)，其結論的可信度越高。

(7) 這個階段的兒童已經知道「樣本數越大，結論越可靠」。

(8) 這個階段的兒童尚無「資料變異度越小結論越可靠」的觀念。

參考文獻

- Baron-Cohen, S. (2003). *The essential difference: The truth about the male and female brain*. New York: Basic Books.
- Benbow, C. P. (1988). Sex differences in mathematical reasoning ability in intellectually talented preadolescents: Their nature, effects, and possible causes. *Behavioral & Brain Sciences*, 11, 169–232.
- Benbow, C. P., & Stanley, J. C. (1983). Sex differences in mathematical reasoning ability: More facts. *Science*, 222, 1029–1030.
- Browne, K. R. (2002). *Biology at work: Rethinking sexual equality*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Carey, S. (1985a). Are children fundamentally different kinds of thinkers and learners than adults? In S. Chipman, J. Segal, & R. Glaser (Eds.), *Thinking and learning skills* (Vol. 2, pp. 485 – 517). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carey, S. (1985b). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 41, 1123 – 1130.
- Champagne, A., & Klopfer, L. (1984). Research in science education: The cognitive psychology perspective. In D. Holdzkom & P. Ludz (Eds.), *Research within reach: Science education* (pp. 171–189). Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Chen, Z. (2002). Analogical Problem Solving: A Hierarchical Analysis of Procedural Similarity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 28, 81-98.
- Connellan, J., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Batki, A., & Ahluwalia, J. (2000).

- Sex differences in human neonatal social perception. *Infant Behavior & Development*, 23, 113–118.
- DiSessa, A. (1983). Phenomenology and the evolution of intuition. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 15–33). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Dunbar, K. N. (2002). Understanding the role of cognition in science: The science as category framework. In P. Carruthers, S. Stich, & M. Siegal (Eds.). (2002). *The cognitive basis of science*. (pp. 154-170). New York: Cambridge University Press.
- Garcia, J., & Koelling, R. A. (1966). Relation of cue to consequence in avoidance learning. *Psychonomic Science*, 4, 123-124.
- Geary, D. C. (1998). *Male, female: The evolution of human sex differences*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Gentner, D., & Gentner, D. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 101–129). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gentner, D., & Markman, A. B. (1997). Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, 52, 45-56.
- Gopnik, A., & Schulz, L. E. (2004). Mechanisms of theory-formation in young children. *Trends in Cognitive Science*, 8, 371–377.
- Gopnik, A., Sobel, D. M., Schulz, L. E. & Glymour, C. (2001). Causal learning mechanisms in very young children: Two-, three-, and four-year-olds infer causal relations from patterns of variation and covariation. *Developmental Psychology*, 37, 620-629.
- Halford, G. S. (1992). Analogical reasoning and conceptual complexity in cognitive development. *Human Development*, 35, 193–217.
- Harris, P. L., German, T., & Mills, P. (1996). Children's use of counterfactual thinking in causal reasoning. *Cognition*, 61, 233-259.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking: From childhood to adolescence*. (Translated by Parsons, A. & Milgram, S.). New York, NY, US: Basic Books.
- Keane, M. T. (1997). What makes an analogy difficult?: The effects of order and causal structure on analogical mapping. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 946–967.

- Kimura, D. (1999). *Sex and cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- Kuhn, D., Amsel, E., O'Loughlin, M., Schauble, L., Leadbeater, B., & Yotiv, W. (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego, CA: Academic Press.
- Kushnir, T. & Gopnik, A. (2005). Young children infer causal strength from probabilities and interventions. *Psychological Science*, 16, 678-683.
- Kushnir, T., & Gopnik, A. (2007). Conditional probability versus spatial contiguity in causal learning: Preschoolers use new contingency evidence to overcome prior spatial assumptions. *Developmental Psychology*, 43, 186-196.
- Larkin, J. (1983). The role of problem representation in physics. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 53–73). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 299–324). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nisbett, R. E., Krantz, D. H., Jepson, C., & Kunda, Z. (1983). The use of statistical heuristics in everyday inductive reasoning. *Psychological Review*, 90, 339-363.
- Novick, L. R., (1988). Analogical transfer, problem similarity, and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 14, 510-520.
- Nowell, A., & Hedges, L. V. (1998). Trends in gender differences in academic achievement from 1960–1994: An analysis of differences in mean, variance, and extreme scores. *Sex Roles*, 39, 21–43.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1975) *The origin of the idea of chance in children*. (Translated by Leake L. et al). Oxford, England: W. W. Norton.
- Reeves, L. M. & Weisberg, R. W. (1994). The role of content and abstract information in analogical transfer. *Psychological Bulletin*, 115, 381-400.
- Ross, B. H., & Kilbane, M. C. (1997) Effects of principle explanation and superficial similarity on analogical mapping in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 23, 427-440.
- Saxe, R., Tzelnic, T., Carey, S. (2007). Knowing who dunnit: Infants identify the causal agent in an unseen causal interaction. *Developmental Psychology*, 43, 149–158.

- Schulz, L. E., & Bonawitz, E. B. (2007). Serious fun: preschoolers engage in more exploratory play when evidence is confounded. *Developmental Psychology*, 43, 1045–1050.
- Schulz, L. E., & Gopnik, A. (2004). Causal learning across domains. *Developmental Psychology*, 40, 162-176.
- Schulz, L. E., Gopnik, A., & Glymour, C. (2007). Preschool children learn about causal structure from conditional interventions. *Developmental Science*, 10, 322–332.
- Seligman, M. E. (1970). On the generality of the laws of learning. *Psychological Review*, 77, 406-418.
- Sobel, D. M. (2004). Exploring the coherence of young children's explanatory abilities: Evidence from generating counterfactuals. *British Journal of Developmental Psychology*, 22, 37–58.
- Sobel, D. M., & Kirkham, N. Z. (2006). Blickets and babies: The development of causal reasoning in toddlers and infants. *Developmental Psychology*, 42, 1103–1115.
- Spelke, E. S. (2005). Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science?: A critical review. *American Psychologist*, 60, 950–958.
- Springer, K., & Keil, F. C. (1991). Early differentiation of causal mechanisms appropriate to biological and nonbiological kinds. *Child Development*, 62,767-781.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51–67.
- Wellman, H. M., Hickling, A. K., & Schult, C. A. (1997). Young children's psychological, physical, and biological explanations. In H. M Wellman & K. Inagaki (Eds.). (1997). *The Emergence of Core Domains of Thought: Children's Reasoning about Physical, Psychological, and Biological Phenomena*. (pp. 7-25). San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- West, L., & Pines, A. (Eds.). (1985). *Cognitive structure and conceptual change*. Orlando, FL: Academic Press.
- Wilcoxon, H. C., Dragoin, W. B., & Kral, P. A. (1971). Illness-induced aversions in rat and quail: Relative salience of visual and gustatory cues. *Science*, 171, 826-828.

無衍生研發成果推廣資料

97 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：王震武		計畫編號：97-2511-S-431-001-MY2					
計畫名稱：女生科學學習的觀念雛形、認知歷程及社會影響的動態歷程研究--發展早期女生科學思考雛形及其教育意涵研究：素樸實驗觀念與統計觀念的萌芽							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	3	0%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	3	33%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 （本國籍）	碩士生	2	2	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	2	2	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 （外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p style="text-align: center;">其他成果</p> <p>(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p style="text-align: center;">無</p>
---	--------------------------------------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）