

---

# 從科學哲學觀點探討十二年國教科學課程 「探究與實作」之意涵

陳世文

國家教育研究院

## 摘 要

「探究與實作」是十二年國教自然科學領域強調之科學素養，亦是學校主要的科學課程。為提升教師「探究與實作」的教學知能，許多學校紛紛辦理增能研習或工作坊，增進教師對於「探究與實作」意涵與做法的了解。不過「探究與實作」蘊涵多元科學哲學觀點的深層思辨，欲深入認識「探究與實作」，有需要從不同科學哲學觀點中窺知其義。循此，本文嘗試從邏輯實證論、否證論以及科學歷史觀等主要科學哲學觀點探討十二年國教自然科學「探究與實作」之意涵，提出其對科學教學之啟示，促進教師對「探究與實作」之科學哲學觀點及其教學取徑之理解，作為「探究與實作」課程教學之實踐參考。

**關鍵詞：**十二年國教、科學課程、科學哲學、探究與實作

## 壹、前言

受到十二年國教課綱改革的影響，近來國內教育界掀起一股「探究與實作」的熱潮，短時間「探究與實作」成為大家耳熟能詳、朗朗上口的流行詞。在十二年國教課綱中，「探究與實作」不僅是學校的科學課程，更視為是重要的科學素養。為了促進教師對於「探究與實作」之教學知能，進而提升課程設計與教學實踐之成效，從中央到地方各級學校辦理許多「探究與實作」增能研習活動。根據全國教師進修網資料顯示，在新課綱上路的第一年中，各級學校辦理自然科學領域「探究與實作」相關研習或工作坊場次多達 429 場，每天

平均有 1.2 場，顯示出教育界對於「探究與實作」重視與推動之積極程度。

檢視這些研習或工作坊內容可以發現其主要協助教師了解兩個問題：第一是「什麼是探究與實作？」，這是屬於「what」的問題，其最常引述自然科學領綱內容來說明，例如「探究與實作」包括發現問題、規劃與研究、論證與建模及表達與分享的探究能力，以及觀察、測量、資料蒐集與分析的實作能力。其用意在於培養學生想像創造、推理論證、批判思辨和建立模型之思考知能，以及觀察定題、計畫與執行、分析與發現以及討論與傳達等問題解決能力。第二是「探究與實作怎麼做？」也就是「how」的問題，主要提供探究課程主題、

探究教學模式及實作活動，讓教師親身經驗如何進行「探究與實作」。然而教師對於「探究與實作」的認識除了「what」和「how」的層次之外，可以更進一步理解「why」的層次。為什麼要「探究與實作」不是因為自然領綱的要求，而是「探究與實作」本身即是認知主體建構科學知識不可或缺的重要途徑，有關科學知識的發現、科學理論的建立及科學證據的詮釋，會涉及不同科學哲學派別的觀點論述，這些論述對於「探究與實作」蘊含不同意涵的深層思辨，因此教師有需要在認識定義與體驗實作的層次之外，進一步深究「探究與實作」在不同科學哲學觀點中的蘊義。惟科學哲學涵蓋範疇豐富淵博，難以一文以蔽之，故本文僅從邏輯實證論、否證論及科學歷史觀等主要科學哲學觀點，探討「探究與實作」在這些科學哲學觀點的意涵及對科學教學的啟示，幫助教師更深入體認「探究與實作」在自然科學領域之重要角色。

## 貳、科學哲學的意涵與範疇

科學哲學(philosophy of science)是西方哲學的一個分支，主要探討科學知識怎麼來、如何形成科學知識，以及什麼樣的科學知識可被接受或拒絕等議題，簡言之，科學哲學可視為探討有關「科學」這門學科本質的學問(陳瑞麟，2010)。科學哲學主要從本體論(ontology)、知識論(epistemology)及方法論(methodology)三個理論範疇進行自然事物本質、科學知識結構及科學理論方法等面向的哲學思辨

(陳榮祥，2002)。本體論探討事物的存在，如唯物論或唯心論、整體論或化約論均屬本體論範疇；知識論則是關心科學知識的起源與本質，如理性論與經驗論等；方法論則涉及了解自然事物本質或是形成科學知識的方法，如歸納法與演繹法等。

科學哲學的本體論思辨源於人類對於自然萬物起源與本性的好奇探索，人們相信上帝創造自然萬物，認為自然現象背後存在未被發現的「真理」(truth)，為了了解這個真理究竟是什麼，數千年來人們對於宇宙萬物的本性與運行法則進行哲學性的論辯，例如早期希臘哲學家泰利斯(Thales)認為世界萬物的根本是「水」，阿那克西曼德(Anaximander)則認為「無限」(apeiron)是宇宙萬物的本質，而亞里斯多德(Aristotle)則主張萬物是由「土、氣、水、火」以及「乙太」(aether)五種元素組成，並有「輕物」與「重物」之分(Frederick, 1993)。由此可見，人類不斷探討自然萬物的本性與存有，找出更多自然世界的規律，以了解所謂的真理。

長期以來，人們嘗試運用各種方法以有限的已知探索自然現象背後的未知，也就是科學現實主義所指透過科學探究來了解獨立於人類主觀認知的真理(Kitcher, 2001)，什麼方法能了解自然事物本質以及這些方法為什麼有效則屬科學哲學的方法論思辨的範疇，例如人們可以透過歸納法從個例中找出事物的通則原理，並用這些通則原理進行演繹推理等。在人們運用各種方法探索建立知識，而這些知識應該要

有真實與否的判準，什麼樣的知識可以被相信為真，何以這些科學知識可被接受為真則屬科學哲學知識論的討論內涵。

傳統觀點認為人們透過科學方法找出通則，建立科學理論就能逐漸了解真理，因此「求真」被視為科學的核心精神，然而，科學「求真」的論點受到極大質疑(劉源俊, 2003)，當我們進一步從科學哲學的內涵來思考「什麼是真理?」、「用什麼方法才能求得真理?」以及「為什麼這麼求就能得到真理?」等問題時，會發現科學對於這些問題目前仍難具定論，其背後涉及到許多不同哲學觀點的論辯，因此欲了解科學的「探究與實作」，應該納入更多哲學觀點的探討，法國哲學家庫諾爾(Cournot)曾說「沒有科學的哲學是空洞的，沒有哲學的科學是盲目的」(Rickle, 2020)，哲學因有科學參與而豐富，科學因有哲學思辨而清晰，兩者應相輔相成，同行並進。

## 參、「探究與實作」的科學哲學觀點

### 一、邏輯實證論的「探究與實作」

#### (一) 邏輯實證論的理論內涵

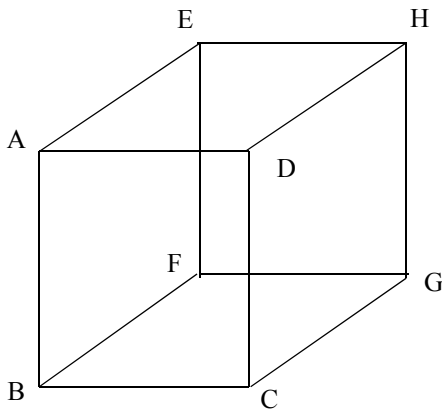
邏輯實證論(logical positivism)是科學哲學的重要派別，二十世紀初期由石里克(Moritz Schlick)為主的維也納學圈(Vienna Circle)學者所提出。受到馬赫(Ernst Mach)的現象論、休謨(David Hume)的經驗論、維根斯坦(Ludwig Wittgenstein)的檢證原則、羅素(Robert Russell)的符號邏輯以及培根(Francis Bacon)之歸納法等理論的影響，邏輯實證論主要有二點內涵：第一、

邏輯實證論主張「檢證原則」(the principle of verification)，意指一個命題只有當它在經驗上可證實，這個命題才有意義(Ayer, 2001)，也就是透過感官經驗來檢驗命題是否能被有意義的評判，而命題是否能被有意義的評判之前提是至少存在一個經驗方法可被檢證，若是命題無法被檢證，那麼它就是無意義的命題(Shanker, 2004)。第二、感官經驗具有客觀性(objectivity)，邏輯實證論認為科學命題的檢證建立在客觀的感官經驗基礎上，透過客觀感官經驗可得到確定與絕對的科學真理，而任何未經感官經驗的知識純屬個人主觀猜想與臆測(Klee, 1996)。

#### (二) 邏輯實證論的難題

邏輯實證論主張透過「觀察」探究自然現象、察覺現象蘊含之規則，提出可檢證的假說，設計實驗加以驗證，如此一來即可不斷累積科學知識。這套科學哲學理論看似合理，背後卻遭遇二點難題。第一、邏輯實證論認為感官經驗是客觀的，但完形心理學(Gestalt psychology)反駁如此觀點，其指出感官觀察並不客觀，而是個體主觀心理經驗的投射，如圖一所示，這些線條構成一個六個正方形的立方體，當個體觀察 ABCD 與 EFGH 二個正方形時，會形成朝左下方突出或是朝右上方突出的立方體，由此可見，個體觀察相同圖像會產生兩種不同視覺形態，這顯示出感官經驗的不確定性，也就是個體經常先存有想法，而想法會指導個體的觀察，受個體認知經

驗或理論知識影響的觀察被視為是理論蘊含 (theory-laden) 的觀察 (Kuhn, 1970; Feyerabend, 1988)。若觀察無法客觀地檢驗理論,那麼所得的理論也就不具客觀性,依據理論所演繹的推論也會產生問題,使得科學理論的判斷易成為個人或社群因素的決定(Knorr-Cetina & Mulkey, 1983)。



圖一、感官觀察的不確定性

第二、邏輯實證論主要透過個例觀察歸納出普遍命題,但問題是人們無法窮盡所有個例的觀察,因此企圖從有限次數的個例歸納出普遍命題在邏輯上並不成立,而其命題效力充其量只能建立在有限次數個例觀察結論的歸納與演繹上(Quine, 1969)。舉例來說,當個體觀察第 1 隻烏鴉到第 1000 隻烏鴉都是黑色時,自然歸納出「所有烏鴉是黑的」的命題,並檢驗第 1001 隻烏鴉也是黑色來證明命題的有效性。然而我們並無法窮盡觀察全世界所有烏鴉,也就無法確認「所有烏鴉是黑的」此命題的真實性,如此一來,邏輯實證論所主張

的歸納法就會存在問題。為了避免全稱命題無法窮盡檢證的問題,後來發展的邏輯經驗論(logical empiricism)以逐漸增加的驗證(confirmations)來取代原有邏輯實證論的檢證(verification)概念,也就是科學上透過不斷累積的證據來增加命題的有效程度,不過,驗證所累積的命題效力仍是來自於有限個例的證據,無法確認命題的真實性。

### (三) 邏輯實證論的「探究與實作」意涵

從邏輯實證論來看,「探究與實作」蘊含「觀察—證實」的觀點,意指透過感官經驗來證實科學命題的有效性。這種「觀察—證實」的觀點提供兩點意涵:第一、觀察雖然無法絕對客觀,但其仍是幫助形成假說、分析資料數據、驗證研究假說不可或缺的重要科學技能。Hacking(1983)指出觀察是科學的實作行為,也是自然科學資料蒐集的來源,更是科學領域的重要技能。其說法雖在於反駁觀察是理論蘊含的觀點,但也顯示觀察在科學中的重要性。科學的觀察雖然不夠客觀,但缺乏觀察而單憑個體主觀臆測的科學更不客觀,因此在科學教學上,不能因為觀察的侷限性便告訴學生不需觀察,而應引導學生認識觀察在「探究與實作」中難以避免受到個體主觀認知經驗的影響,讓學生體認觀察在科學探究上的重要性與侷限性。

其次,邏輯實證論的歸納法存在證實的問題,有個著名的故事指涉這個問題。有隻火雞被養在農場裡,農場主人每天早上 9 點固定會來餵食火雞,火雞觀察主人

無論是晴天、陰天或雨天都會按時出現餵食，於是牠歸納出「農場主人每天早上 9 點都會來餵食」的結論，而且每天預測都很準確，到了聖誕節前一天上午 9 點主人仍準時出現，但卻宰了牠(Chalmers, 1999)。這個故事是羅素(Robert Russell)用來提醒邏輯實證論者需注意歸納法往往會有例外出現的侷限。不過在真實生活上，人們很難不像羅素火雞一樣在自然現象中尋找有跡可尋的規律性，幫助自己建立準則與進行預測。因此，在科學探究中，歸納與演繹仍是幫助學生發現自然規律的重要方法，透過歸納的結果進行現象的預測與理論的演繹，教師不宜因為證實的限制而否定歸納與演繹的重要，而是引導學生了解歸納與演繹在「探究與實作」中的侷限性。

## 二、否證論的「探究與實作」

### (一) 否證論的理論內涵

否證論(falsificationism)以波普(Karl Popper)為代表，其在「科學發現之邏輯」(the logic of scientific discovery)一書中對邏輯實證論之命題評判與歸納觀點提出批判，波普認為科學與非科學的評判界線不是「證實」而是「證偽」，一個理論的有效性不在於它通過多少個例實證，而是它承受多少否證檢驗，一旦實驗結果或經驗證據與理論命題不符，理論就可被推翻，而未被否證的理論，則具有暫時認可性(Popper, 1962)。舉例來說，「所有烏鴉都是黑的」不在於檢證多少隻黑烏鴉來確證命題的有效性，因為再怎麼檢證都難以窮盡

全世界的烏鴉數量，況且也無法確認是否已窮盡所有烏鴉數量，科學應透過「關鍵實驗」(crucial experiment)來反證，只要發現一隻白烏鴉，就可推翻「所有烏鴉都是黑的」的說法，白烏鴉就是否證的關鍵實驗，未找到白烏鴉之前，「所有烏鴉都是黑的」應暫時被認可。除了證實存在問題之外，波普認為邏輯實證的歸納和演繹亦不具邏輯性，即使觀察 1000 隻黑烏鴉，也無法歸納「所有烏鴉是黑色」的命題，也不能演繹推理第 1001 隻烏鴉也是黑色，因為有限個例無法確認普遍命題的真實性，況且個例數量無法準確估計，因此命題透過檢證所形成的歸納也不成立，所有科學理論應視為未被證偽的暫時認可命題，命題承受否證程度愈高，則愈具演繹推理效力。

### (二) 否證論的難題

否證論看似解決了邏輯實證論的矛盾，但卻面臨了另外的難題：首先，波普認為一個關鍵實驗就能推翻原有理論，但什麼是關鍵實驗與什麼才算關鍵實驗便存在爭議，而且當理論與實驗結果抵觸時，科學家通常不會質疑既有理論，而是歸咎觀察或量測結果的誤差(Musgrave, 1973)。因此，即使發現一隻白烏鴉也難以推翻「所有烏鴉都是黑的」的命題，人們可能解釋白烏鴉只是一隻毛色突變的黑烏鴉或是一隻外表很像烏鴉但本質上根本不是烏鴉的白鳥。如 Duhem(1954)所述，命題 P 是由理論假說 H 與輔助假說 A 所組成，因此若指 P 為偽，最多只能推論 H 或 A 其中之一為偽，

無法直接證明 H 為偽，但即使 H 被證偽，也可能是 A 所導致，而非 H 為偽。Lakatos(1970) 進一步提出研究綱領(research programme)的觀點，其指出科學理論的結構是由穩定而不易變動的硬核(hard core)與應對批評而允許動態調整的保護帶(protective belt)所組成，而所謂科學的否證往往只是推翻理論的保護帶，而非硬核本身，因此關鍵實驗的評判與效度成為否證論的棘手問題。

其次，Popper(1959)認為一個理論存在愈多潛在否證條件(potential falsifier)則該理論就愈具效力，這是否證論的核心論點，卻也是自身難題。否證論認為透過一反例可否證全稱命題，但是卻難以否證特稱命題，例如在臺北發現一隻白烏鴉，它或許能夠推翻「臺北所有的烏鴉都是黑的」的命題，卻無法否證「臺中所有烏鴉都是黑的」，要證偽此命題，需在臺中找到至少一隻白烏鴉，可見否證論在特稱命題上會出現無法窮盡證偽的問題。如此一來否證論在證偽特稱命題上與邏輯實證論在證實全稱命題上遇到相同的矛盾。邏輯實證論若無法證明一個全稱命題為真，那麼否證論同樣無法證明一個特稱命題為假，因為它必須逐一否證每個特稱命題，這也造成否證論在證偽上出現難以解決的問題。

### (三) 否證論的「探究與實作」意涵

否證論主張證偽在檢驗科學命題的重要性，所有科學理論應不斷接受否證，科學理論本質上僅是一種假說的角色，而觀

察或實驗等是檢驗假說的方式，其用意在於淘汰暫時認可的理論(Popper, 1973)。否證論認為科學應該大膽推測原有理論為假，並且想像創造出關鍵實驗，以批判反駁原有理論的錯誤，顯示否證論的「探究與實作」帶有「推測—反駁」的意涵。探究目的不在認定理論為真進行實證檢驗，而在於推測理論為偽並進行否證予以反駁，可見否證論的「探究與實作」有別於邏輯實證論的「探究與實作」，其強調對於現有理論批判思辨的精神，原有科學理論不是用來證實遵循，而是大膽推測與批判反駁。否證論觀點反映出「探究與實作」具有懷疑的科學精神，科學除了證實原有理論之外，更應大膽推測與批判思辨，挑戰原有理論的觀點。

## 三、科學歷史觀的「探究與實作」

### (一) 科學歷史觀的理論內涵

科學歷史觀以孔恩(Thomas Kuhn)為代表人物，其從歷史觀點解構科學理論的發展，為科學哲學帶來歷史學與社會學省思。Kuhn(1962)指出科學理論發展通常經歷常態科學、危機及革命時期。常態科學的理論形成穩固的「典範」(paradigm)，規範理論內容與研究方法的合法性，而科學社群服膺相同典範，甚少質疑典範的有效性。當典範中出現異例(anomaly)時，通常會擴大理論架構消弭異例，例如托勒密的地心說無法解釋行星逆行的異象時，便在原有天體運行的理論架構中加入周轉圓的概念，可見常態科學典範通常忽略或修

正理論來消弭異例，然而，當常態理論難以解釋愈來愈多異例時，科學家開始質疑原有理論的正確性，原有理論可能被修正或被新理論取代，更多科學社群支持新理論而產生典範轉移的科學革命。僅有少數異例並無法否認原有理論，僅有在新理論較原理論更能有效詮釋異例時，原有理論才有可能被推翻(Kuhn, 1962)。但科學新理論與原有理論的觀點與規則並不相同，兩者關係並非共存並榮而是相互競爭，如同圖一的二個立方體無法同時並見，亦即典範的「不可共量性」(incommensurability)，唯有當信仰原有理論的科學社群逐漸凋零，原有理論才有可能逐漸走入歷史。

### (二) 科學歷史觀的難題

孔恩的觀點擴展了科學哲學的歷史論辯，促進科學內部史與外部史的更多交流，科學內部史是指科學社群的運作，而外部史則指社群以外的力量或因素。然而常態科學典範決定探究方法與及詮釋理論的標準，將致使理論缺少中立的評判標準，而成為相對性的偏好選擇，但科學理論若取決於相對知識的選擇，那麼科學何來理性的成分？科學理論若缺乏中立判準，那麼評估典範及其不可共量性的界線又是什麼？孔恩對此提出解釋，其認為典範包含「範例」(exemplar)和「訓練基礎」(disciplinary matrix)，意指科學家在訓練過程中透過例題傳授給新學者的必要技能，而且可透過翻譯的歷程來理解與溝通不同典範之間的理論(Kuhn, 1970)。但 Siegel(1987)又指出

孔恩的解釋與原有論點相互矛盾，如果堅信不可共量性的論點，理論之間如何能透過翻譯進行溝通與對話？理論之間的不可共量性又應如何認定？如此一來，科學歷史觀也同樣遭遇邏輯實證論與否證論所存在的邏輯矛盾。

### (三) 科學歷史觀的「探究與實作」意涵

科學歷史觀的「探究與實作」不在於證實或證偽，而在於強調科學理論的認定離不開科學社群因素的影響，常態科學時期的「探究與實作」基本上取決於支配典範的標準，執行科學社群妥善規範的遊戲規則，而科學教科書內容所論述的是典範的理論內容，以「英雄式」的意象來描繪科學家在科學理論的貢獻，讓整個科學歷史看起來像是直線與累積性的發展(Kuhn, 1962)，因此常態科學的「探究與實作」是為了讓新學者了解典範所揭示理論內容與探究方法，培養更多的科學家，並使科學社群信仰同一套科學見解。但科學理論通常不會完美無瑕，科學家在探究過程中可能發現異例的存在，當異例漸增以致原有理論難以消解時，常態科學的理論會逐漸出現危機甚至崩解，因此科學革命往往來自於既有典範理論中的異例(Kuhn, 1970)。

從這些論述來看，科學歷史觀的「探究與實作」蘊涵了三點意涵，第一、常態科學是新學者了解典範理論與研究方法的重要階段，同理，學校自然科學領域實踐「探究與實作」也是幫助學生了解既有科學理論與探究方法的重要元素，其內涵雖

不離對常態科學理論的驗證，不過其有助學生學習如何透過探究找出證據並形成結論，進而培養科學探究的技能，提供日後科學家養成之重要基礎，而常態時期科學社群的交流有助科學家對科學理論內涵的認識，此意指教師亦可透過學習社群的交流或觀念共同體的分享，增進「探究與實作」之教學知能，獲得更佳之教學成效。第二、常態科學的理論並非恆定不變，而可能隨時面臨異例的產生。因此教師在「探究與實作」過程中應提醒學生覺察異常的數據或現象，雖然這些異狀常肇因於探究方法的不精確，而非新理論的影響，但確實有助於培養學生對科學理論存疑的態度，鼓勵他們從異例中思考與檢視科學理論的解釋效力。第三、科學歷史觀揭示科學理論並非直線累積，而是經歷常態、危機甚至革命的非線性歷程，在「探究與實作」課程中，教師可融入科學史教學，幫助學生了解科學理論的歷史更迭。如此一來，科學家拉瓦節(Lavoisier)在科學課程中象徵的意義就不再只是教科書提出氧化學說的英雄人物，而是從燃素說進展到氧化論之典範轉移過程的關鍵角色，促使學生了解科學社群對於典範理論的信仰、科學理論的暫存性及其非線性式的歷史演進歷程。

#### 肆、「探究與實作」對於科學教學的啟示

從前述可知，不同科學哲學觀點的「探究與實作」具有多元意涵，這些意涵除了幫助教師對「探究與實作」本質有更多認

識之外，亦提供科學教學以下幾點啟示：

#### 一、「探究與實作」應是未知旅程的科學自由行

從科學哲學的思辨觀點可以發現，科學是試圖從有限已知到了解未知的探索歷程，而科學教學上強調「探究與實作」之目的是讓學生了解科學家進行科學探究的本質，培養學生像科學家一樣具有發現問題與解決問題的能力(NRC, 1996, 2000)。然而，傳統科學課室的「探究與實作」，學生經常依循既定的研究問題，按照固定實驗步驟與實驗器材進行探究，寫出探究結果，或是運用公式計算解題，得到所謂的「正確」答案。教師在「探究與實作」中則扮演導演的角色，學生則是照著劇本演出的演員，而科學實驗室就像演出既有科學世界觀的劇院，每天重複播放固定的科學劇情(Osborne, 2002)。這種劇院式的「探究與實作」無法反映科學家發現與解決科學問題的樣貌，因為不會有人告訴科學家會需要解決什麼科學問題以及這些科學問題該如何解決，科學家也甚少依循既有的實驗步驟重複驗證已知的科學事實。真正的「探究與實作」是在黑暗中摸索未知，如同日本諾貝爾物理學獎得主湯川秀樹(Hideki Yukawa)所說：「那些探索未知世界的人是沒有地圖的旅行者，地圖是他們探索後的結果。他們既不知道目的地在哪裡，也不知道通往目的地的直接路徑。」(Crease & Mann, 1996, p159)。因此，科學課室中的「探究與實作」，不應是教師擔任



導遊帶著學生走完行程的豪華旅行團，而是教師引導學生探索未知世界的科學自由行，學生不是按圖索驥的抵達目的，而是不斷試誤的探索學習。

## 二、「探究與實作」課程應融入多元科學哲學觀點

科學課室常見的「探究與實作」主要是從自然現象發現問題、根據問題研擬假說、設計實驗、控制變項、最後得到結論檢證假說的歷程，這種「探究與實作」屬於邏輯實證論的證實模式，然而科學理論的發展不是只有邏輯實證的意涵，還包括否認論與科學歷史觀等不同科學哲學的觀點，這些不同科學哲學的觀點也應該融入「探究與實作」之中。例如否認論強調證偽在科學理論中的重要性，教師在「探究與實作」課程可提供一個全稱命題，讓學生思考如何透過「探究與實作」來證偽，以培養學生批判思辨的能力，也讓學生了解科學理論亦具有反證的科學哲學取徑。科學歷史觀中異例的重要性也是「探究與實作」值得重視之處。許多新科學理論的發現往往來自於探究過程中發現的異例，因此「探究與實作」過程中不應只關注探究結果與原有理論的符合程度，更應鼓勵學生察覺探究過程中的異狀，細思當探究結果與原有理論不符之際背後可能造成的原因。科學許多重大發現往往來自對於異例的重視，學校科展許多得獎作品也常來自對於異例的探究。因此，「探究與實作」不一定只是邏輯實證論的「證實模式」，也

可以是否證論的「證偽模式」或科學歷史觀的「異例模式」，然而，不管是何種科學哲學觀點，均需透過探究與實作的過程找出證據，藉以驗證、建立或是駁斥科學理論，因此科學課室的「探究與實作」在融入多元科學哲學觀點之際，仍應強調找出證據以及詮釋論證的重要性，設計不同的探究模式，培養學生檢視證據與問題和結果之間的對應關係，幫助學生對科學理論之發展以及「探究與實作」的本質有更深入的體認。

## 三、「探究與實作」教學應體認不同科學哲學觀點的侷限性

不同科學哲學觀點各有其理論的侷限性，因此當教師進行「探究與實作」時，應體認到不同科學哲學觀點的侷限性，並引導學生了解與思辨這些侷限性在探究與實作中的重要角色，例如教師在引導學生「觀察」自然現象時，不能因為觀察不具純然客觀性便否定觀察在「探究與實作」中的重要性，事實上，觀察是發現、蒐集與歸納證據的主要途徑之一，因此教師應引導學生了解觀察結果常因觀察者不同而異，提醒學生探究過程需要更詳細的觀察，培養學生細心嚴謹的科學態度，也因為觀察之不確定性，科學上經常需要借助儀器的測量，但是科學儀器的測量也不完全準確，因此應幫助學生了解科學測量上為何強調準確值與估計值的概念及原因。此外，歸納與演繹是「探究與實作」重要的科學方法，能幫助學生在探究歷程中歸納結果

與演繹預測, 培養學生論證與推理的能力, 但教師也應引導學生了解歸納與演繹在「探究與實作」的侷限性, 使學生更深入了解證據與結果之間的論證效力。

## 伍、結語

「探究與實作」的教學不是在科學實驗室要求學生重複實驗活動驗證教科書所揭櫫之已知理論, 而是幫助學生了解「探究與實作」本質上涉及個體對於科學知識、科學技能以及科學本質觀等多元層面的建構(Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004), 因此, 教師在「探究與實作」教學上除了自身應具備科學知識之外, 亦應了解「探究與實作」的教學方法, 以及體認「探究與實作」背後蘊涵之多元科學哲學觀點, 以有效幫助學生理解科學概念、熟練科學技能, 以及認識科學本質, 對此, 科學教師除了增進科學專業知識之外, 亦能透過教師社群的對話交流, 分享與借鏡「探究與實作」之教學經驗, 涉獵更多科學理論演進發展的史料, 了解科學企業的知識產製文化, 藉此省思自身對「探究與實作」的課程規劃與教學實踐。而「探究與實作」的增能研習或工作坊除了提供教師對於課綱定義的了解以及實作活動的體驗外, 更應加入「探究與實作」在不同科學哲學觀點中意涵的思辨與探討, 讓教師知其然亦知其所以然, 以對科學本質有深層的理解, 在科學課室發揮更好的教學成效。

本文從邏輯實證論、否證論或科學歷史觀拙述「探究與實作」之多元意涵, 提

供教師對於十二年國教自然科學領域「探究與實作」蘊涵之科學哲學觀點及科學課室可行之教學取徑有更多了解。惟邏輯實證論、否證論與科學歷史觀等科學哲學觀點思辨既深且廣, 作者所知有限, 僅能略窺一二而難見全貌, 未來研究可對此議題持續深入探討, 而重要的是, 作者冀期各界教育專家與教師能持續推動與落實「探究與實作」的課室實踐, 以有效提升臺灣學生的科學素養。

## 致謝

本文承蒙國家教育研究院研究計畫(計畫編號:NAER-108-24-G-2-01-00-1-01)經費補助及兩位審查委員惠賜卓見指正得以完成, 特申謝忱。

## 陸、參考文獻

- 陳瑞麟(2010)。科學哲學：理論與歷史。臺北市：群學出版社。
- 陳榮祥(2002)。西方科學哲學發展之初探。科學教育研究與發展, 28, 43-58。
- 劉源俊(2003)。科學精神要義。物理雙月刊, 25(6), 850-854。
- Ayer, A. J. (2001). *Language, truth and logic*. London, UK: Penguin Books.
- Chalmers, A. F. (1999). *What is this thing called science?* Queensland, AU: University of Queensland Press.
- Crease, R. P., Mann, C. C. (1996). *The second creation: Makers of the revolution in twentieth century physics*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Duhem, P. (1954). *The aim and structure of physical theory*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Feyerabend, P. (1988). *Against method*. London, UK: Verso.
- Frederick, C. (1993). *A history of philosophy*.

- New York, NY: Bantam Doubleday Dell.
- Hacking, I. (1983). *Representing and intervening: Introductory topics in the philosophy of natural science*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Kitcher, P. (2001). *Science, truth, and democracy*. New York, NY: Oxford University Press.
- Klee, R. (1996). *Introduction to the philosophy of science: Cutting nature at its seams*. New York, NY: Oxford University Press.
- Knorr-Cetina, K., & Mulkay, M. (1983). Introduction: Emerging principles social studies of science. In Karin, Knorr-Cetina, & Michael, Mulkay. (eds.), *Science observed: Perspectives on the social studies of science*, (pp. 1-17). London, UK: Sage.
- Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Kuhn, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions (2nd)*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In Imre Lakatos, & Alan Musgrave. (eds), *Criticism and the Growth of Knowledge*, (pp. 91-195). New York, NY: Cambridge University Press.
- Musgrave, A. E. (1973). Falsification and its critics. *Studies in Logic and the Foundations of Mathematics*, 74, 393-406.
- National Research Council (NRC). (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Osborne, J. (2002). Science without literacy: A ship without a sail? *Cambridge Journal of Education*, 32(2), 203-218.
- Popper, K. R. (1962). *Conjectures and refutations*. New York, NY: Basic Books.
- Popper, K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. London, UK: Hutchinson & Co.
- Popper, K. R. (1973). *Objective knowledge*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Quine, W. V. (1969). Naturalized epistemology. In Willard Van Quine (ed.), *Ontological relativity and other Essays*, (pp. 69-90). New York, NY: Columbia University Press.
- Rickles, D. (2020). *What is philosophy of science?* Cambridge, UK: Polity Press.
- Shanker, S. G. (2004). *Philosophy of science, logic and mathematics in the twentieth century*. New York, NY: Routledge.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Siegel, H. (1987). *Relativism refuted: A critique of contemporary epistemological relativism*. Dordrecht, The Netherlands: D. Reidel.
- 投稿日期：109年10月8日
- 接受日期：109年12月9日

# **Exploring the Meaning of “Inquiry and Practice” in 12-Year National Science Curriculum from the Perspectives of Philosophy of Science**

**Shih-Wen Chen**

National Academy for Educational Research

## **Abstract**

"Inquiry and Practice" is not only the important science curriculum but also the significant scientific literacy emphasized in 12-Year National Education. Many schools have carried out in-service teacher training programs to help teachers enhance their pedagogical content knowledge toward "Inquiry and Practice". However, the nature of "Inquiry and Practice" actually involves the argumentations of philosophy of science. To further figure out the significance of "Inquiry and Practice", it is worthwhile to explore its meaning from various perspectives of philosophy of science. Therefore, this paper aims to shed light on the meaning of "Inquiry and Practice" from the perspectives of philosophy of science: Vienna Circle's logical positivism, Karl Popper's falsification, and Kuhn's scientific paradigm. Meanwhile, some implications on science teaching would be proposed to help science teachers understand that the nature of "Inquiry and Practice" closely connects with the argumentations of various philosophy of science, which aims to lead to science teachers have a deeper understanding and an effective implementation in their "Inquiry and Practice" lessons.

**Keywords: 12-year national education, science curriculum, philosophy of science, scientific inquiry**