

人本建構取向觀點

促進理解 之科學評量

Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View

Joel J. Mintzes, James H. Wandersee & Joseph D. Novak 編著

洪振方 總校閱 丁信中 等譯



心理出版社

GT 40-058.1
20052

港台書室

促進理解之科學評量

人本建構取向觀點



總校閱 洪振方

丁信中、王雅亮、江世豪、林冠群、洪振方、唐偉成
陳榮祥、葉明達、葉倩亨、簡聿成、羅豪章、蘇明俊

合 譯

促進理解之科學評量：人本建構取向觀點 / Joel J. Mintzes.

James H. Wandersee, & Joseph D. Novak 編著；丁信中

等譯.--初版.--臺北市：心理，2004（民93）

面；公分.--（自然科學教育；8）

譯自：Assessing Science Understanding: A Human Constructivist
View

ISBN 957-702-694-X（平裝）

523.31

92014033

自然科學教育 8 促進理解之科學評量：人本建構取向觀點

編 著：Joel J. Mintzes, James H. Wandersee, & Joseph D. Novak

總 校 閱：洪振方

譯 者：丁信中、王雅亮、江世豪、林冠群、洪振方、唐偉成
陳榮祥、葉明達、葉倩亨、簡聿成、羅豪章、蘇明俊

責任編輯：林怡君

執行編輯：陳文玲

總 編 輯：林敬堯

發 行 人：邱維城

出 版 者：心理出版社股份有限公司

社 址：台北市和平東路一段180號7樓

總 機：(02) 23671490 傳 真：(02) 23671457

郵 撥：19293172 心理出版社股份有限公司

電子信箱：psychoco@ms15.hinet.net

網 址：www.psy.com.tw

駐美代表：Lisa Wu Tel：973 546-5845 Fax：973 546-7651

登 記 證：局版北市業字第1372號

電腦排版：臻圓打字印刷有限公司

印 刷 者：玖進印刷有限公司

初版一刷：2004年8月

本書獲有原出版者臺灣繁體中文版出版發行獨家授權，請勿翻印

Copyright © 2004 by Psychological Publishing Co., Ltd.

定價：新台幣450元 ■ 有著作權 • 翻印必究 ■

ISBN 957-702-694-X

Assessing Science Understanding

A Human Constructivist View

Edited by

Joel J. Mintzes, James H. Wandersee & Joseph D. Novak

Copyright © 1999 by Academic Press.

Translation Copyright © 2004 by

Psychological Publishing Co., Ltd.

All rights reserved.



ACADEMIC PRESS

Deah, Binah, Vehascael

知識、理解與智慧

對於一個人所學習的東西
除非他可以清楚地理解以及在思想上融會貫通
否則即使唸了許多內容
也不過就好像一個裝滿書本的箱子
並不會因此而得到智慧

Talmudic 箴言

作者群簡介

Audrey B. Champagne (251), School of Education, State University of New York at Albany, Albany, New York 12222

Catherine L. Cummins (79), Graduate Studies in Curriculum and Instruction, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana 70803

Katherine M. Edmondson (17), School of Veterinary Medicine, Cornell University, Ithaca, New York 14853

Kathleen M. Fisher (221), Center for Research in Mathematics and Science Education, San Diego State University, San Diego, California 92120

JoEllen Fisherkeller (105), Department of Culture and Communication, New York University, New York, New York 10003

Ronald G. Good (393), Curriculum and Instruction, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana 70803

Kathleen Hogan (105), Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York 12545

Vicky L. Kouba (251), School of Education, State University of New York at Albany, Albany, New York 12222

Joel J. Mintzes (1, 45, 407), Department of Biological Sciences, University of North Carolina at Wilmington, Wilmington, North Carolina 28403; and Department of Mathematics, Science and Technology Education, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina 27607

Joseph D. Novak (1, 45, 407), Department of Education, Cornell University, Ithaca, New York 14853

Nancy R. Romance (189), School of Education, Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida 33428

Maria Araceli Ruiz-Primo (345), School of Education, Stanford University, Stanford, California 94305

Philip M. Sadler (281), Science Education Department, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, Massachusetts 02138

Richard J. Shavelson (345), School of Education, Stanford University, Stanford, California 94305

Mike U. Smith (79), Department of Internal Medicine, Mercer University School of Medicine, Macon, Georgia 31201

Sherry A. Southerland (79), Educational Studies Department, The University of Utah, Salt Lake City, Utah 84112

Pinchas Tamir (315), Israel Science Teaching Center, The Hebrew University, Jerusalem, Israel 91904

John E. Trowbridge (163), Department of Teacher Education, Southeastern Louisiana University, Hammond, Louisiana 70401

Michael R. Vitale (189), Department of Science Education, East Carolina University, Greenville, North Carolina 27838

James H. Wandersee (1, 145, 163, 407), Graduate Studies in Curriculum and Instruction, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana 70803

譯者群簡介

(依姓氏筆畫排序)

丁信中

國立高雄師範大學科學教育研究所博士

王雅亮

國立高雄師範大學科學教育研究所博士候選人

江世豪

國立彰化師範大學科學教育研究所博士

林冠群

國立高雄師範大學科學教育哲學博士

洪振方（總校閱）

國立高雄師範大學科學教育研究所副教授

國立臺灣師範大學科學教育哲學博士

唐偉成

國立高雄師範大學科學教育研究所博士候選人

陳榮祥

國立高雄師範大學科學教育研究所博士候選人

葉明達

國立高雄師範大學科學教育研究所博士候選人

葉倩亨

國立政治大學教育研究所博士候選人

簡聿成

國立高雄師範大學科學教育研究所博士候選人

羅豪章

國立高雄師範大學科學教育哲學博士

蘇明俊

國立高雄師範大學科學教育研究所博士

前言

「賦予意義」是人類基本的適應過程，也是概念之所以發生改變的主要原因；無論是在經驗老到的科學家心中或是當孩童初次面對大自然奇妙事物的時候。

這本書，以及其姊妹作品——《促進理解之科學教學：人本建構取向觀點》（*Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*），對於想要在二十一世紀培育出具有科技素養以及富責任感公民的科學教師們提供了一套有用、具理論性、實徵，以及實用的指導方針。在編寫這套叢書的時候，我們的一個重要想法是，新世紀的成功必須要在科學教育中實質地開展新的教學方式、學習方式，以及新的學生進步評估方式。我們的觀點主要來自於科學史哲與教育史哲，以及過去二十五年來社會、政治、經濟上的巨大轉變影響，同時更受到「有意義的學習」、「知識重建」以及「概念改變」等相關議題在認知模式上研究成果的啟發。

在《促進理解之科學教學》中，我們著重在一系列有別於傳統的有效另類教學策略，這些策略在實務上與傳統教學法有很大的差異，同時也反映出了我們想要培育學生成為「意義賦予者」與「知識建構者」時所應該扮演的角色。

在這本後續作品當中，我們將焦點轉到「評量」這個基本問題上，我們認為「評量」應該在有關於「促進」或是「阻礙」自然科學理解的評鑑上扮演重要的角色。Novak（第一章）將評量視為教育當中第五項必須的因素，其他還包括了教師、學習者、課程以及社會環境。就我們的觀點而言，中、小學當中（以及學院和大學）不適切的評量實務絕對是阻礙學生理解與概念改變的重要因素之一。

「評量引導學習」可能是教育領域中最古老的箴言。然而，一直以來，科學教育者都沒有發展或測試出新的評量技術來幫助學生進行有意義的學

習，因此，我們看到的是科學教育中教學與評量關係的漸行漸遠。但在我們的工作經驗中，我們看到了許多有才華而且盡責的科學教師們願意冒險嘗試實施新的教學實務，他們不願意因循於不適切的評量技術而阻礙了學生有意義的學習機會，因此我們想要在本書當中談一談這個問題。

人本建構論

本書提供了一些在世界各地中，小學以及學院、大學階層中廣泛所使用的有關評量科學理解的有效工具，這些工具的發展主要是源自於對知識的學習、創造與使用的一些觀點，這個基本的想法就是「人本建構論」。

人本建構論者相信，人類心智的特性本質在於「意義賦予」這種深層能力的表現，人類這種追尋意義的傾向表現，在與周遭的人、事、物互動的過程中可以視為是概念改變的主要驅動力量。對我們而言，了解科學的最佳方式就是將其視為人類以一種特定的方式與適應的原則來運用其心智中「意義賦予」能力的過程——這種能力在孩提時代就開始發展，目的在於幫助學習，同時也是人類數百年來進化的產物。從另一個角度來說，科學是一種需要心智努力的奮鬥，透過和自然世界與其他的意義賦予者長期的互動，希望可以建構出具有啟發性的有效解釋。

依照我們的看法，正規學校教育的功用在於鼓勵意義的分享，教師的角色應該是意義的中介者、協助者，以及溝通者。我們的終極目的在於使學生發展出有效而且可以互相分享的意義，而這些意義的內容在分析與批判評鑑知識與價值主張的時候可以是一致的、簡約的，以及有用的。當我們在這方面的努力成功時，我們就可以幫助學生對於這個世界進一步地建構出更有效的解釋；我們鼓勵學生在自己的思維上努力，設法解決其中的矛盾性與不必要的複雜性，同時我們也要使他們能夠對於他人的知識與價值主張進行評鑑與挑戰——包括那些提出現今科學社群所接受的權威性意見的人士在內。

評量科學理解

在這種「人本建構論者」的觀點中，我們認為評量是一種具有潛力的

有效機制，可以用來鼓勵與回饋學生的「意義賦予」過程，我們同時也知道許多正在廣泛使用的評量實務限制以及這些實務中「分類與選擇」的態度所可能產生的負面效果。本書中一再強調的主題之一是，知識在創造上、學習上與使用上的成功表現並不能在一般的評量實務中看到，因為傳統評量著重在學科知識的單一量化測量。因此我們提供了一些範圍較廣的新型評量技術，而背後的二項主要假設基礎是：(1)「理解」無法藉由學生之間規範式地比較而呈現出有意義的結果；(2)概念的改變無法藉由單一的、標準化的字母式或數字式的分數來做出完整的表徵。

本書中的每個章節都是由科學教育評量領域中的一位或數位專業權威或是受到尊敬的專家所執筆，然而我們的目標並不在於呈現專家的論文，而是希望為每一位科學教師提供一本具有可讀性而且兼具方便性的另類評量技術的書籍，我們在書中所提供的建議不僅具有堅強的理論架構，更有二十五年以上的研究作為支持的基礎。

第一章裡面，我們介紹了一些基本觀點的相關理論與研究，在Schwab所提出的教育四元素的架構中（學習者、教師、課程與社會脈絡），我們建議「評量」應該是屬於決定高品質教育最重要的因素中的第五項元素。第二章（Edmondson）和第三章（Mintzes和Novak）介紹了兩種廣泛使用的評量工具，也就是我們用來表徵和評鑑知識與知識創造的工具：概念圖與V型圖。在過去二十五年間，這些工具曾經被世界各地數以千計的中小學教師與大學教授所採用。

晤談被稱為是評量的「做苦工者」，因為它在探索與記錄學生的理解上扮演了重要的角色。第四章（Southerland, Smith和Cummins）與第五章（Hogan和Fisherkeller）介紹了一些晤談的策略，可以立刻在課堂當中使用。在其他方面，作者們對於晤談學生與評鑑學生反應的一些方法，都提供了實用的、按部就班的指導內容。

第六章（Wandersee）與第七章（Fisherkeller）介紹了一些新的視覺與觀察的評量策略，可以幫助我們掌握住科學學習中「非語言」的成分。他們也提出，科學本質中的大部分都有賴於觀察，而這類重要技能的有關專業知識，可以透過觀察檢核表的使用以及運用心像為主的評量策略來幫

助學生學習。

為了要擴展評量策略在使用上的範圍，第八章的作者（Vitale 和 Romance）、第九章的作者（Fisher）與第十章的作者（Champagne 和 Kouba）著重在檔案評量、SemNet 軟體、以及書面報告等用來當做自然科學理解測量方法的價值性。

在對於學生另有概念的廣泛研究計畫當中，有一個具有潛在價值性的方向是有關於「概念診斷測驗」的逐步發展。這些廣泛使用的評量工具〔例如 Hestenes 的〈力學概念量表〉（*Force Concept Inventory*）〕仍然採用傳統的選擇題形式，但是同時也要求學生必須詳盡地敘述在科學理解時所運用到的知識基礎。在十一章中，Sadler 就介紹了運用試題反應理論來分析這類工具的計量特性過程，而此類工具主要是用在哈佛大學 STAR 計畫中，針對天文學的概念評量而設計。

本書的其餘各章則介紹了在科學教育評量中的一些重要議題，包括了國家的與國際間的測驗計畫（第十二章，由 Tamir 主筆）、實作測量的心理計量（第十三章，由 Shavelson 和 Ruiz-Primo 主筆），以及科學評量中紙筆測驗的限制（第十四章，由 Good 主筆）等。在結尾部分（第十五章）我們針對各章的重點作出總結，並且根據人本建構論的觀點，針對評量提出一些值得注意的建議。

我們的讀者

這本書和它的姐妹作《促進理解之科學教學》主要是為了科學教師、研究生、師資培育教師、研究人員以及課程發展者所寫。然而我們也發現到，前一本《促進理解之科學教學》實際上對於行政人員、學生家長、上級督導人員、學校委員會的成員，以及任何其他關心科學教育現狀和想要為科學教育付出心力的人都可以提供一些幫助，我們深信這本有關評量的書籍問世以後，更可以和前一本的著作互相輝映，相得益彰。

敬獻

我們願意將這本書敬獻給我們的終生友人，Susan Mintzes、Carol Wandersee，以及 Joan Novak。如果沒有她們持續的支持與鼓勵，我們根本不可能完成這本著作（以及其他的一切）。

致謝

本書中的報告係由國家科學基金會與威斯康辛大學—麥迪遜（Wisconsin-Madison）校區所同意的合作計畫提供經費支持（合作計畫編號：RED-9452971）。在威斯康辛大學—麥迪遜校區中，國家科學教育研究機構設置於威斯康辛教育研究中心，而且合作的對象包含了農學與生命科學院、教育學院、工學院，以及文理學院等，主要目的在於改進華盛頓特區的科學教育。書中任何的想法、發現及結論皆屬於作者個人的意見，並不代表經費支援單位的立場。

總校閱序

本書《促進理解之科學評量》及其姊妹作品《促進理解之科學教學》一直是我在高雄師範大學科學教育研究所授課使用的教科書，我採用這套叢書的理由如下：第一，這套叢書提出有關教學、學習，與評量的新範式。

《促進理解之科學教學》提供新的教學模式，培育學生成為意義賦予者和知識建構者，而《促進理解之科學評量》提供另類的評量模式，這些模式建立在評量乃是促進概念理解及啟動學習的核心角色上。因此，這套叢書很完整地包括了教學、學習，與評量三個部分，具體展現了三者相互為用的動態系統。

第二，這套叢書以人本建構論的觀點為主軸，架構起教學、學習，與評量三者的內涵和互動關係。人本建構論反對激進建構論和社會建構論對科學本質的主張；激進建構論者完全拒絕科學知識的合理性可以依據外在的實體加以測試，而社會建構論者認為實體本身純然只是社會協商的產物，人本建構論者則批判前二者的觀點將使科學陷入相對主義的僵局。再者，人本建構論者亦反對邏輯實證論者的科學本質觀，後者認為科學是透過客觀觀察自然世界以理解自然世界的現象，人本建構論者則批判此將使科學陷入客觀主義的困境。人本建構論採取中庸的科學本質觀，既承認存在一個外在的、可測知的世界，但又強調仰賴理智上的認知作用，經由長時期與事物和他人的互動，而對外在世界建構起富啟發性的有效解釋。人本建構論科學本質觀的興起，實是為教學、學習，與評量三者的內涵和互動關係注入新的生命，使之起了革命性與建設性的變化。

第三，任何教學與評量的理論必須先定義「理解」的意義為何，則教學與評量才能對學習有所助益，而這套叢書依據人本建構論的觀點對何謂「理解」提供一組相當新穎、有用的判準，它們分別是：(1)當我們建構的意義能獲得他人的共鳴或分享時，此即「意義的分享」；(2)當我們觀點中的內在矛盾獲得調和時，此即「解決不一致性」；(3)當我們的解釋沒有多

餘或不必要的命題時，此即「追求簡潔」；以及(4)當我們能夠以科學範式的概念和方法論的標準確證我們的觀點時，此即「批判地思考」。這組判斷超越了傳統上對「理解」作字義的靜態定義，而賦予「理解」互動的、批判的，及方法論的動態定義，因此確立了有意義學習與教學和評量三者相互辯證發展的動態關係。

第四，這套叢書源自於對知識的學習、創造，與使用之相關學理，不僅有豐富的理論為基礎，更經過實徵性研究的支持，其中不只涉及了認知心理學有關有意義學習、知識重建、思考推理，及後設認知的理論，更結合了科學史、科學哲學，和科學教育等領域的學理探討，可使讀者對教學、學習，和評量三者之間的關係有跨領域的整體性理解，以及有廣度的認識和深層的透視。

第五，這套叢書先從學習的本質切入加以論述，強調學習如何學習，再據以探討教學與評量的理論和模式，使讀者能夠建立從學習到教學與評量三者之間的邏輯關係，進而精確地掌握了有意義學習的教學與評量之精義，以使教學與評量成為有意義學習的有效路徑和回饋機制。

第六，這套叢書既是教學與評量的方法，在本質上亦是探究「理解」的研究方法，尤其其理論橫跨認知心理學的諸面向，因而也適合作為「認知與學習」各主題的研究方法，所以這套叢書的價值性相當高，適合教師、研究生，師資培育學者、研究者，以及課程發展者共同研讀和使用。再者，這套叢書可適用於小學、中學、大學，到研究所的教學與評量。此外，這套叢書提供多元的教學方法，使教學活動的規劃深具彈性與適性，而多元的評量方法則提供不同能力面向的學生都有機會可以表現的舞台。

基於上述這六點理由，選用這套叢書作為教科書，這樣的安排將使參與者沐浴在豐富的知識饗宴中，而我與修課的研究生均已從這套叢書中獲益良多，因而強力推薦這套叢書給諸位先進與同好分享。

《促進理解之科學教學》已由黃台珠等六位教授共同翻譯出版，由於黃教授的熱心推薦，心理出版社委由我主持《促進理解之科學評量》中文版的翻譯工作，於是召集了選修我這門課的博士班學生共同參與，其中包

括跨校選課的政治大學教育研究所博士班葉倩亨小姐與彰化師範大學科學教育研究所博士班江世豪先生。我們盡力地使譯文能符合信雅達的境界，但仍恐有所疏漏，敬請各位先進與同好不吝指教。

洪振方

于燕巢深水居

2004. 4. 8