

科學素養之涵義

(The Dimensions of Scientific Literacy)

郭鴻銘 沈青嵩

國立台灣師範大學

摘 要

- I. 具有科學素養者了解科學知識的本質。
- II. 具有科學素養者能確實應用適當的科學概念、原理、原則及理論於他所處的環境中。
- III. 具有科學素養者能運用科學過程以解決問題，作正確抉擇及拓展自己對環境的了解。
- IV. 具有科學素養者對自己所處環境中各方面的交互作用，能符合科學的價值標準。
- V. 具有科學素養者應了解並鑑賞科學與技術的領域，它們兩者之間互為影響的關係及其與社會各方面的緊密關係。
- VI. 具有科學素養者，由於他的科學教育涵養，對環境培養出一種更寬宏，更滿足與更激奮的觀點，並在他有生之年繼續培養此種涵養。
- VII. 具有科學素養者，在科學與技術方面，繼續不斷地發展出無數的操作技巧。

科學的本質

I. 具有科學素養者了解科學知識的本質：

科學知識具有永恒性的唯一特徵可能是科學知識的本質，而非科學知識的內容，無疑的科學知識是處在一種不斷改變的狀態，一些學者下結論道：不只科學知識的改變是不可避免的，而且其改變的速率也是持續地增加。

科學知識是依下列兩種途徑改變的：新知識的誕生添補了舊知識的缺失空隙及舊知識的被取代修正。

過去科學的課程迷信於流行的專門知識及其枝節的學習，使事情顯得更複雜的是，這種暫時性的知識被認作千真萬確的真理教給學生，如此人們甚至於在未瞭解模型的本質及其在科學上所扮演的角色之前就先行學習原子特殊模型的枝節，在這種經驗下人們可能誤以為只要能確知碳原

子的電子數及其結構就算是具有科學素養了。

花費時間專注於絕對性及專門性知識細節研究之人們，如果花費同樣時間於研究較廣泛之科學本質時必能達成他們原先所不能達成的高程度之科學素養。這個觀點並不否認研究專門性知識的價值與需要。但却主張追求較廣泛性的目標——應多學習科學的大概念而少學習單一特殊的科學知識。

追求達成廣泛性教育目標是具有強而有力的心理學上之依據，理由是可增加由學習轉移成真實狀況的或然率，「越有廣泛的學習基礎，對未來新問題的解決越有幫助及越少阻力」。

大家很容易同意一個具有科學素養的人瞭解科學知識的本質，但將此種信念實現於課程的結構上却不是頂容易的。為要使得此一科學素養涵義成為決定科學計劃目標的有效來源，一個急需而必要的步驟是將代表科學知識本質的因素列出來。

下列之因素均以簡單名詞表示，以方便其應用，每一名詞附以簡潔的說明，然而這並非必要記憶的定義，因為那是需要專書專章來敘述的。

科學知識的本質是：

1. 暫時性的：科學知識是具有可變性的，因此它不必要符合絕對和最後真理的要旨，這種特性在具有科學素養者的眼裡並不會降低知識的價值。

2. 公眾性的：是取其與個人相反之意義，它是假定當其他任何人面對相同事件時具有相同的結論。

3. 複製性的：在相同的情況下於不同地方和不同時候，別的研究者，至少在理論上，可得相同的結果。

4. 或然性的：應用在實際的情形時，科學的預測與解釋是或然性的，而非絕對性的。

5. 人文性的：它是人類運用豐富想像力，致力於自然的次序化或發現自然模型下的產品，知識本身是由文化產生的原素（即概念）而形成

6. 歷史性的：過去的科學知識是今日知識的基礎，今日的科學知識也將成為明日的知識的基礎，過去的科學知識對今日知識而言是站在歷史上承先啓後的地位而非為今日知識的累贅。

7. 唯一性的：科學知識是數種「意義領域」中的一種，或是人類已發展成功理解方法中的一種，它是由於知識本質及產生新知識的過程而有別於他種領域，同樣的事物以科學解釋或以他種理解方法解釋可能產生相互矛盾的現象。

8. 合一性的：由科學知識歸納而出的概念體系對各個專門科學而言均是適用的，分門別類的專門科學只是具有程度上的差異而無基本上的不同。

9. 實驗性的：科學知識是以觀察實驗為基礎而獲得的，理論只是可引導做更深一層的探討，所以科學知識是以真實世界為起源而離不開感官經驗。

科學概念

II. 具有科學素養者，能確實應用適當的科學概念、原理、原則及理論於他所處的環境中。每一個人經常有某種傾向或心意嘗試着運用科學概念於他所處的環境中，因此這個特性除了認知方面外尚包括情趣的一面，運用各種特定的概念並不局限於傳統書上的一般例子。

具有科學素養的人嘗試應用科學概念的目的，可能只是想發現它是否適用，自發地嘗試運用概念或揚棄不適宜的概念均是符合科學素養的涵義。

縱使科學課程已在學校中建立，但是確定最低限度的概念核心仍然是個持久性的問題，自從1950年後由於科學素養的概念普遍被接受，此問題益形重要；為了令其實際有所列出的核心概念項目必須充足，但又不能過多。

為了達成上述的目標，只將各專門科學中共同運用的主概念列出，這些主概念也是整個概念結構（如定律、原理等）的基石。這兒所稱的概

念是與學習心理學家所用的意義完全相同，它代表創設性與概括性，通常是幾個單字如「能量」、「循環」來表示。

「在一封密系統中，質能的總和不變」或「細胞是所有生命有機體構造與功能的單位」等是原理與原則，它是由一個或一個以上的主概念組成的，事實上許多原理原則只包括少數的主概念，主概念可說是原理、原則和理論的共同因子。

將主概念作為本科學素養涵義的基石之另一理由，可從概念連續發展性看出來；更複雜關係的原理或原則可視為主概念的延伸。

一旦將主概念視為科學素養涵義的基石，如何精煉選擇主概念的目錄是一件極為困難的工作，事實上近年來有許多研究小組分別獨立的去從事這項工作，有趣的是大家都得到相似的目錄。

選擇科學的主概念，一般的研究小組均從橫跨各專門科學的共同概念中去獵取，雖然經過一番努力，研究小組仍然認為他們所提的目錄並非是完整的，一則他們不敢太過武斷，二則也確少了評判的標準。

合科科學教育中心(The Center for Unified Science Education)的同仁們從早先研究小組的許多目錄中精選出一份實用的目錄，目錄內容如下，可視為課程發展與評鑑之用的實用目錄，然而它仍有待於時間的考驗。

目錄定形前仍須對原草稿中的每一項提出解釋，以求形式上的劃一，所有概念能合併者盡量包容於其他概念中，如「構造與功能的單位」包容於「基本實體」內，又如「機械作用」和「變化率」包容於「變遷」中，將屬於各主概念的許多第二階層的概念分項細列於此是不大實際的。

列於下面的主概念及其實用定義是經現今中心同仁一致同意的，並被確認為代表科學素養涵義的核心；正如上節科學的本質一樣，這些實用定義是不必要讓學生或教師背誦的，否則對這些概念是不公平的，因為長短若是評判深奧與否標準的話，每一個概念都值得寫成一本書去專論的。

說某個人已達到了主概念或未達到的這句話

是不適當的，因為每個主概念均帶有連續發展的層次性，從最單純的知道到最徹底的了解是沒有了解的上限，因此我們可以這麼說：某人對某個主概念了解到什麼程度，同一個人對「平衡」有高度的概念而對「群落」可能另有起碼的概念。

科學主概念如下：

1. 因果律：事件間的關係證實了「自然並非反覆無常」的信念，一旦這個關係建立，我們即可用以預測事件的發生。

2. 變遷：每一樣事物均在變化過程中，變化的速率可從很快到極慢之間，以致於某些情況我們未能注意到它可能包含有一些階段或結構。

3. 循環：某些事件或狀況經過一固定時距或週期似將重複出現的明顯模式。

4. 能量——物質：互變的性質顯示物體和某些東西是可變動或變換的。

5. 熵：一個集體系統之混亂度，不規則性及擾亂性的量度，在封閉系統中它永遠是增加的。

6. 平衡：是一種狀態。在此狀態下，變化或變化的趨勢，以兩種相反的方向發生、存在。此兩相反方向變化的發生率相等或其總量相等。

7. 演化：一系列的緩慢改變，可用以解釋某些事物的成因及其將來的變化。一般認為由簡單演進至複雜。

8. 場：在無直接接觸下，某些影響或作用分佈的區域或空間。

9. 力：一種推或拉。

10. 基本實體：用來解釋某些現象的基元、構造與功用的基元。

11. 梯度：某些物理量強度作規則性增加或減少的情況。

12. 交互作用：兩者或多於兩者間的相互影響。

13. 不變性：即使其他特性可以改變而物體的某一特性或狀況仍然守恒。

14. 模型：大致上是一種試驗性計劃或結構，它似乎與真實的結構、事件或事件的類別相對應而具有解釋價值者。

15. 規則性：對自然界原始次序或人為次序的信念，包括用來表示次序的計劃或模式，如：元素週期表。

16. 生物體：一個非封閉性的動態系統，其特徵為賦有生命的過程，可以用來比喻某些無生物的事件。

17. 理解：人類心志與外界的交互作用。

18. 或然率：一種相對的必然性，可用來表明某一時距或其他事件後發生的可能性。

19. 群落：一群具有相似或共同特性的基本實體。

20. 定量：對物體、事態或事件的某一具體的或抽象的屬性量度之數量表示。

21. 複製性：在其他條件相同時，做同一事情將產生相同結論的信念，是科學實驗的必要特性。

22. 共振：一系統的動作將引起另一系統的相同動作。

23. 比例：一系統的大小增加或減少時，系統內的其他特性或相互關係可能或可能不維持相同的考慮。

24. 意義性：自然界某些既存的差異或經由自然及人為變化所產生的差異，不能純以機率的觀點加以解釋時，則此種差異必含有某種意義。

25. 對稱：自然界的模型，其結構或功用大部份與方向無關的信念。

26. 系統：一群可被定義的事物，至少部份周界可用來作更有效率的探討研究。

27. 理論：一群相互連貫而調和的句子、方程式、模型或這些融合體，用來解釋大量而分歧的相關事物。

28. 時空：真實世界的元次，用來隔離事物。

29. 有效性：經由兩種或兩種以上方法均得到相似的關係時，相信此種關係精確能代表被探討的狀況。

科學過程

III. 具有科學素養者能運用科學過程以解決問題，正確抉擇及拓展自己對環境的了解。

近年來，富有智性的科學過程對科學實習之貢獻已達到相當滿意的狀態，這要歸功於美國科學促進協會（AAAS），將科學過程作為科學學習的基本內容，最有力之論據是過程較傳統知識的內容更具永恒性。

科學過程與其他科學素養的涵義有密不可分的關係；當我們從事分類過程時就形成了群落的概念，同樣的，在解釋數據的科學過程之結論中，可看出它深受或然性的科學本質之影響。

雖然AAAS提出的Science——A process Approach是以小學程度的課程為依據，但是它的永恒性及價值性絕不會因學生升入中學而告消失；同樣的，科學過程的技巧與內涵在高於小學的程度仍可繼續拓展發揮，這正如上節所談的，科學概念具有連續發展性，科學過程何嘗不是如此呢？

下面即將列出的科學過程主要是根據AAAS委員會的目錄，但經中心同仁與許多科學教育專家研商後，做了如下的修改：①加上了「發問」的過程，②「建立模型」的過程雖在AAAS所發展出的Science——A process Approach裡被去掉，我們還是決定加以恢復，③「實驗」修正為「設計實驗」。

具有星號的科學過程是AAAS設計的「統整過程」，它包含其他基本的科學過程，目錄不按基本至統整的順序排列，其目的是將每個過程的學習視為「無止境」的狀態。一個學習者雖對某些統整過程已有進展，但基本過程仍值得他去拓展。

科學過程如下：

1. 分類：人們將一堆事物次序化的系統過程。

2. 傳達：利用各種介質在兩人間傳遞信息的過程。

3. 變因控制：影響事件或狀態之因子的學習，研究及辨認。

4. 操作型定義*：從本質描述上或過程的行為上來定義事物。

5. 設計實驗：爲了檢證假設或回答問題，所設計的一系列操作組合。

6. 建立模型：設計一種機械過程、計劃或結構，其行為表現有如真實的特殊事物一樣。

7. 假說*：一種暫時的概括性敘述，可解釋相當多的事件，它必須經過實驗的驗證。

8. 推理：以先前的經驗來解釋某一觀察。

9. 解釋數據：由一組數據而發現的模式或意義，可導致概括性的敘述。

10. 量度：以某種器具估量某一事物的一些特徵之數量的過程。

11. 觀察：人們以感官獲得自己或環境的信息，是大部份科學過程的基石。

12. 預測：以先前的信息爲基礎預測未來的觀察，是有別於猜測的。

13. 發問：發問者可能基於自己觀察與已知間的相互矛盾而提出的不確定的，疑問的或未處理的難題。

14. 運用數字：利用數字去表示觀念、觀察、相互間關係等的技術，經常是補充文字上的不足。

15. 利用時空關係：空間關係及其隨時間變化的描述。

價值標準

IV. 具有科學素養者，對自己所處環境中各方面的交互作用，應符合科學的價值標準。

此科學素養涵義的基礎是定義我們認爲值得或希望如此的原則、標準或特質爲價值的標準。固然對於學校是否需要強迫學生接受一套新的價值標準有所爭論，但是進了學校後的學生自己原有的價值標準必會有所修正，這也是本涵義所蘊涵的。我們不能想像，一個具有科學素養的人，在科學思想和行為適用的情況中，其行為會叛離這些價值標準。一個行為越能與科學思想及科學

行為相調和者，必是一個越具科學素養者。

過去五十年來，人類合乎科學的經驗領域有大量的進展，當然仍有異於科學的人類經驗領域，這些領域是基於不同的價值判斷，是人類的另種理解方式；異乎科學的理解方式對人類仍然是有效的，只是各自具有不同的價值標準。

具有科學素養的人，可以（應該）假設仍具有審美的素養，當他與美學領域交互作用時，應採取美學所依據的價值結構。

因此，在形成科學素養的價值涵義上應包括了在須作決定的情境中，澄清並對照不同價值標準的經驗基礎。

值得注意的是，對於作爲科學基礎的某一種價值標準，我們不以教一節課或一個單元的方式來教學生，正如我們不以此方式教導「誠實」一樣。價值標準及其他態度的培養須要長時間的發展，其所受日常學習環境的影響並不比任何設計的課程少。

過去，科學被認爲不具有個人的偏見，意思是說科學完全沒有個人的價值觀，今天普遍承認這種觀點是不完全正確的，現在的觀點是我們必須承認個人對探討的終極結果，所預有的觀念之個別偏見是存在的，並須對報告資料受偏見之影響減至最少，作適當的處理。理想上，研究資料的解釋應儘可能的客觀，但這有心理學上不可克服的困難，在科學精神上，或許研究者了解報告中主見存在的部份並隨同報告指出來，這樣做將符合科學的價值標準。

以科學爲基礎的價值標準是人類科學的起點，我們可以證實沒有這種價值標準絕無蓬勃的科學；然而對這些價值標準的體認及其對學校科學計劃和科學教學的根本重要性之認識是近幾年來的事。

1966年，由教師、科學家及學校行政主管們所組成的教育政策委員會（Educational Policies Commission）的重要著作教育與科學精神（Education and the spirit of Science）一書由國家教育協會（National Education Associa-

tion) 出版，這本書估定科學與技術對近世的影響，並敘述科學與技術革命對人類的潛在價值，它建議：「……價值觀與其相關的思想模式對人類與教育將長期扮演著較科學及技術追求所得之可見成果更為重要的角色。」

這本書在總結一節裡倡議道：「學校應該有助於科學對世界提供的重大發展機會之體認」，它更進一步指出上述目標的達成有賴於提升作為科學基礎的價值觀之了解。

當我們注意到上述的倡議是由研究小組提出的唯一倡議時，其影響就更深遠了。因此提出一套合乎科學的價值標準是為達成本科學素養涵義而建立適當課程結構的第一步。

事實上，學習者的價值標準是很難（縱非不可能）估定的。但此不應減緩增進此一科學素養元次的努力。

在教育與科學精神一書中所確認作為科學基礎的價值標準為：

1. 對認知與理解的熱望：堅信知識是須要的，並對謀求新知識為值得投資大量的時間及其他資源。

2. 對所有事情的好問心：對權威敘述及其理自明的真理均抱著存疑的態度，能珍視所有的問題，雖然某些問題比其他問題更具價值，因為他們經科學的探討後能導致更進一步的瞭解。

3. 對資料及其意義的研究：珍視資料的獲取及整理。因為它們是理論的基礎，而理論可解釋衆多的事物，在某種情況下，資料有立即應用到人群的價值，如確實估定社會問題的嚴重性及指導改善環境時的政策性參考。

4. 求證的需求：對於將資料公開及發明並行新的實驗以評估既有的發現與主張的有效性，具有強烈的需求心。

5. 對邏輯的尊重：從原始資料到結論的出現，每一過程需符合一連串的邏輯性推理，並堅持未符合邏輯程序的結論或行為是值得懷疑的。

6. 對前提的考慮：基本假設為進一步行為的基礎，它往往引起一連串的探討。能對這些內

在與外在的基本假設經常的作評判與回顧。

7. 考慮影響：對一系列的探討或行動所產生直接、間接的影響，應有經常而深思熟慮的回顧，並相信此種回顧是值得的。從而根據其結果決定是否繼續或中斷此一探討，行動的系列。

科學—社會

V. 具有科學素養者應了解並鑑賞科學與技術的領域，它們兩者之間互為影響的關係及其與社會各方面的緊密關係。

科學與技術的分野是相當微妙的，兩者的發展進步是相互依賴的，運用科學知識去產生真實的成品或去處理特殊的問題時一般認為就是技術，因此當舊的科學知識應用至新的途徑，或新的科學知識產生了技術的成品時就可能產生新的技術。

科學也需依賴技術，例如發展出新的儀器（技術）將可得到更新更精確的資料或數據而誕生了新的科學知識，技術也可產生了科學上所需的人為狀況或問題，而這些狀況或問題可由技術過程加上處理。

硬要將一個人分為科學家或技術專家是很困難的，因為在他職業的執行上，兩者都是需要的；因此一位工程師經常需追求新知識（科學）以解決他工作上的問題（技術），同樣地，一位生理學家可能需要設計安排一系列的裝置（技術）以引發新知識（科學）。

對於許多人來講，科學知識經由工藝技術應用於實際人生，就代表了科學的真價值。基於同一理由，科學的批評者，通常根據在工藝應用上所產生之弊多於所產生的副作用來批評科學。

雖然下面列出了科學、技術與社會各方面相互間關係的因子，並附以高度濃縮的解釋，然而要了解這三者的相互關係並非簡略的研究甚或死記這些因子就可以的，唯有對包含有明顯相互關係之各類特殊情況作研究才可能了解並鑑賞它們間的相互關係。

本涵義與其他涵義組成之因子間有許多交叉結合和重疊的關係；例如：考慮影響的價值標準是直接與社會間相互關係有關的，因此科學知識的應用是由社會決定的；另一個例子是科學的暫時性本質，科學家或技術專家對同一科學知識和資料之應用可能有互異的解釋。

科學、技術及社會其他方面的相互關係間之因子為：

1. 科學與技術：雖然科學與技術經常相互重疊而且當其繼續演進時可發現是相互依賴的，然而兩者是有所區別的，科學偏重概念性知識的創新與整理，技術偏重應用科學知識以達成問題的全部或部份解決。

2. 互異的觀點：科學思想及知識可用來支持對各個特殊問題（如人口控制、飲用水的氟化等等）所採取的不同觀點。因此，在正常下科學家們（技術專家們）可以互相不同意對方的觀點，即使他們可能都依據相同的科學理論與資料。

3. 社會對科學及技術的影響：科學家及技術專家所選定的研究題目受社會的需要、時尚及財力支持的影響。

4. 科學知識的終極價值：表面上看來，科學家經常追求一些似乎與社會無關的現象或研究一些極平常的問題，但是歷史證明有相當比例的這些研究對拓展各種技術的應用有着不同磨滅的價值，一個包羅萬象的科學知識銀行是將來技術登峯造極的保證。

5. 科學與技術的衝擊：科學與技術的發展對於每個人的生活有着真實而直接的影響，不是所有的影響都是如我們所期望的，也有些反面的效果；主要的是當我們有獲取時就伴隨着或多或少的損失而似有出賣原則的感受。這種出賣原則包括知識、信心、社會結構及物質的本質。

6. 科學講求開放：科學的蓬勃發展基於疑難、觀念的自由溝通而無任何人際界限或外來權勢的限制之結果。

7. 社會控制技術：雖然需要在自由發展下科學才能充分的表現它的功用，但是科學知識及

技術成品的應用實際上最後還是受包括科學家和技術專家在內的社會決定的，而這群專家有責任去告訴大眾這些應用的可能結果及達成此結果所需的研究。

8. 縮短大眾了解的隔閡：科學及技術知識與大眾了解間存有相當的隔閡，這種隔閡過去存在，現在存在，將來也將繼續存在；唯有科學家、技術家、教育家及公眾雙方面持久的努力，才能將此隔閡縮小至最低程度。

9. 科學及技術的資源：近世科學技術的發展需要可觀的人才、時間、金錢等資源，許多資源如人才就需要長時期的準備和分配。

10. 科學及技術的極限：科學與技術不能保證任何問題均有答案，事實上任何問題通常是不可能根本的答案，只能在限定的要點上及時地給予部份或暫時的解決方法，問題的解答是不能立法解決或購買或特別分配資料來保證的，某些問題及某些人類關心的範圍是不能以科學及技術來解決的。

11. 科學家、技術專家是常人：科學家和技術專家撇開他們自己的專精部門後可能並不具有很強甚或太多的科學素養涵義，他們仍是一般常人；並非只有少許的卓越人才才夠程度從事科學或技術的工作，實際上這方面工作機會的大門對每個人都是永遠敞開的。

12. 科學、技術和自然資源：社會有能力與責任透過科學與技術調節自然資源的品質及使用速率，以保證這一代與下一代的舒適生活。

13. 科學、技術及其他領域：雖然科學和技術有着不同特徵的知識與過程，但它們與人類其他知識和理解的領域有許多的關連及重疊。

興 趣

VI. 具有科學素養者，由於他的科學教育涵養，對環境培養出一種更寬宏，更滿足與更興奮的觀點，並在他有生之年繼續培養此種涵養。

這是個非常個人性的科學素養元次，包括對

科學廣泛而持續地興趣及對科學和技術各方面的喜好態度，這並不意味着有科學素養的人自動贊成出現帶有科學及技術名字的任何一件事，而是說這種人極熱衷於有關科學事物的讀、聽、看、討論和參與。

這個元次也暗示着有科學素養的人個人對自己世界的觀點是較無科學素養的人更具複雜性，一旦這種增加的複雜性被統整成爲一含有全貌但無止境的整體模式，其意義即在熱切的尋求後，變化的新事物調整成整體的模式，在某種意義上，這是一種富有成長性及延伸性的個人哲學觀，而導致更滿足而不自滿。

本元次的另一特徵是通曉個人所處環境中的有生物及無生物的構成要素，具有科學素養的人能理解全盤的自然體系，並明瞭所有各部門間的相互關連，對問題的了解及處理是通盤性的而非支離破碎的局部性。

下列的各因次是對本元次的科學素養有幫助的：

1. 興趣：個人對科學在感覺上及表現上有着滿足水準的興趣，最少個人不討厭科學。
2. 信心：個人相信在他自己的水準下能參與科學的工作及了解科學的事情，並相信他這樣做將可達到自我滿足的程度。
3. 對科學環境的喜好：個人花費在科學上（讀、看、研討等）的時間相對於電視節目、報紙內容、書本、大衆性展覽（如博物館）等佔有相當份量的比重。
4. 對科學解釋的喜好：對每一件事物的科學性解釋較諸以一般非科學性的解釋更感偏好，假設這種科學性的解釋是在一個適當的難度之下。
5. 消遣：個人對科學的追求較其他消遣如貝殼收集、照像、賞鳥等更爲喜好。
6. 職業：個人正考慮或已認真從事科學有關的工作。
7. 繼續不斷的練習：個人不管年紀如何，不久之過去已獲得了一些科學知識，他將以他的毅力不斷的追求一系列的科學需求，因此他不時

的置身於科學課程中，而這並不是爲着他正式研究計劃的需要。

8. 反應的喜好：在非正式情況下對事物的疑問，個人經常有高度的科學基礎之反應，這種情形在發問者非教師或其他權威人士時更有特殊的意義。

9. 尊重事實：個人相當敬重科學家及技術專家在今日世界上所扮演的角色，並承認某些特殊科學家及技術專家在過去所做的重大貢獻。

技 巧

VII. 具有科學素養者，對科學與技術方面繼續不斷地發展出無數的操作技巧。

科學與技術方面的儀器及其獨特的器材似乎與科學與技術相絕緣，這項缺失妨害了個體達成高度的科學素養，許多人爲着某些理由非常難得去實際操作這些不太常見的科學儀表及機器。

過去，主要是青年女子年紀較大的婦人很難有機會去操作儀器，這可能是文化背景所產生的偏見，認爲婦女不適合做這類工作，還有許多科學教師過分珍視保護這些稀有的設備，因爲這些設備是需要消費極大比例的預算。

近幾年來，上述的限制已趨減少，而動手的經驗被認爲所有有志科學學習者應該而需及早的步驟。

不幸地，由於設備的缺乏，或更重要的，由於學習者的存心走捷徑而繼續甚或擴大妨害達成更高程度的科學素養。

下列的儀器，代表其操作技巧對達成科學素養是重要的。

①顯微鏡，②溫度計，③米尺，④水平，⑤分度（圓）管，⑥計時器，⑦照相機，⑧計算機，⑨錄音機，⑩電腦分心，⑪氣壓計，⑫示波器，⑬複寫記錄器（或其他記錄數據與時間的裝置），⑭安培計，⑮pH 儀（或其他測電流爲某些物理變量函數的電子儀器）。

對上述儀器的運用技巧最少包含下列兩種意
(下接52頁)

七、結 語

在此人類開始揭開火星秘密的今日，科學教育應趕上時代。新的小學自然科學課程是應時代的要求而產生的。其精神從課程標準中的總目標可看出。

國民小學自然科學教育目標，在於指導兒童接近自然，瞭解其周圍的環境，增進科學知能與科學情趣，熟練科學方法，以養成具有科學素養的國民。爲了要達成上述目標，必須使兒童能夠：

(一) 主動探究自然現象及其周圍的事物，養成隨時發現問題，探究問題及自行解決問題的習慣以及正確的科學態度。

(上接科學素養之涵義)

義：其一爲能讀出儀表刻度的技巧，其二爲由各種儀表測出之讀數，所代表的功用知識之體認技巧；上列的某些儀器如顯微鏡的滑尺是需領悟它本質的技巧。

涵義的運用

科學素養的涵義及其所包含的因子有衆多途徑的用法，有些用法與原來產生該涵義的意向一致，這些用法是：

(上接海盜一號與火星探測)

謝 辭

本文承蒙師範大學理學院院長楊冠政博士提供不少寶貴的參考資料，謹此致謝。

參考文獻

1. 彌永昌吉等編(1958)：地球天文事典，pp. 623～629，平凡社，東京。
2. Moore, P.(1972): The picture history of astronomy, Grosset & Dunlop, N.Y.

(二) 經由學習活動過程，瞭解有關物質、能量與生物等的基本科學概念。

(三) 在學習活動中，獲得觀察、實驗等的科學方法，藉以啓發其獨立思考與創造發明的能力。

(四) 應用科學方法、科學概念及科學態度在日常生活之中。

新小學自然科學課程是應時代的要求所成的，其目標很具體，本文前面所提的均活躍在此目標中。雖然要達成這目標，國家或許要花費巨大的經費，各位教師們或許要流更多的血汗，可是，如果能使我們的兒女得到更豐盛的科學教育，將來成爲德、智、體、群並行，具有科學素養的大國民時，著者認爲這一切的措施均值得的。

1. 作爲評判，再思及校對原科學計劃目標的標的。
2. 作爲評鑑現行科學計劃成果的基礎。
3. 作爲建立計劃目標的基礎，以發展新的統一科學計劃。
4. 作爲中心目標的儲存所，以便需要時用以編製教學單元目標。
5. 作爲科學界同仁討論的跳板，以爲指導細思學校課程是否需要科學的理由。
6. 作爲教學目標的資源，以便據此發展評鑑器材。

3. 竹內均(1973)：火星，理科の教育，Vol. 22, No.8, pp.560～563.
4. Moore, P.(1974): Concise atlas of the universe, Rand McNally, N.Y., pp.92～97.
5. Gwynne, P.(1976): Visit to a small planet, Newsweek (Aug), pp.6～9.
6. Donovan, H. ed.(1976): Mars, the riddle of the red planet, Time(Aug), pp.18～21.
7. 趙春山主編(1976)：美太空船登陸火星，中央日報地圖周刊第一五二七期。