

量 and 動量不滅定律，不如相信有未被偵測的質點隨着 β 質點被釋放而出。這種看法是保里 (Wolfgang Pauli) 於一九二七年首次提出的。

一九三四年，費密 (Enrico Fermi) 根據保里的觀念導出 β 質點放射——即 β 蛻變——的正確理論。因而，保里的理論得到支持。事實上，把這個隨着 β 質點而放出的質點叫做「微中子」的就是費密本人。如果在 β 蛻變的過程中，電量不滅定律欲成立，則微中子必須是不帶電。因此，微中子與物質之間必定不會有太強的相互作用。在一九四〇年代，幾位科學家在經過研究 β 蛻變時之原子核回跳問題後，繼而測出微中子的能量和動量。他們得到的結論是：微中子的速度幾乎與光速相同，而其質量則幾乎等於零。雖然微中子不帶電又無靜止質量，但却必須有角動量（或稱自旋），俾使在 β 蛻變過程中，角動量不滅定律得以成立。

所有關於微中子的性質，都在各種不滅定律成立的大前提之下推理而出的。不幸，這種推理不容易得到證明，因為微中子和物質之間幾乎沒有相互作用。事實上，我們已知，微中子在固體中平均要走相當於一千光年的距離後始有碰撞之機會。欲直接偵測微中子，則必須尋找這種非常稀少的碰撞。

漫談科學教育

趙金祁

引言

近數十年來，人類對科學方面的研究，由藉以寄居的地球擴及宇宙間星辰的探測。十多年前，人類發射了歷史上第一枚人造衛星。這一創舉的影響，促使全球教育人士，對中小學科學教育，寄予特別的重視與大力的提倡。

科學技藝最發達的美國，自廿世紀中葉，即已着手有計劃地推行科學教育的全面改革工作。先後並動用了數百萬的經費，與無數的人力，纔獲得了相當的成果。就以用種種不同方法編著的教材而言，即如雨後春筍紛紛問世。迄目前止，由美國各著名大學，或研究單位所編著完成之重要中小學教材，便有二十六種之多。其中數學部門六種，數學與科學綜合部門一種，物理部門三種，化學部門兩種，生物部門乙種（分兩版），社會科學部門四種，普通科學部

雖然根據能量、動量，及原子核角動量不滅定律可知微中子必然存在，但是我們仍需直接的證據。雷尼斯 (F. Reines)，柯贊 (C. C. Cowan) 及其友伴終於在一九五〇年代找到這種證據。他們根據理論知道，微中子可與質子作用而產生中子和正電子。正電子幾乎立刻和負電子結合而成兩個 γ 射線光子。同時，中子亦可與鎢原子核作用而產生更多的 γ 射線光子。後面這種光子一定在前面那一對光子產生十五微秒後才出現。因此，只要能夠測得在適當相對時間，適當相對方向出現的三種 γ 射線光子便可以證明微中子的存在。

雷尼斯和柯贊利用原子爐所產生的大量中子——每秒鐘約有 10^{13} 個中子通過一平方厘米的面積——以便於進行實驗。用以觀察 γ 射線光子的複雜偵測系統則用水泥牆、水、和鉛以與原子爐隔絕，以免受來自原子爐的放射線影響。當原子爐運轉時，偵測計上顯示出每分鐘有幾次反應發生。由於 γ 射線光子出現的次序與理論結果一致，且原子爐停止工作時反應亦隨之停止，使我們確信能量不滅定律是可以成立的。如此，假設微中子存在的三十年以後，終於獲得實際的證實了。

門九種。這些教材由於編著的立場不盡相同，在教材的取捨與實施的對象方面，各訂有個別的嚴格準則。至於教材的內容，除教科書外，每套還包括了電影，幻燈片，教師手冊，實驗器材，示範教具，及相關資源等參考圖書；可謂準備充分，祇要教師在實際教學過程中靈活發揮，都能運用裕如，絕無窒礙與困難之感。

面對着這一有計劃的科學教育改革，美國全國性學術團體先後還發行了十二種科學教育雜誌，及十種通訊刊物。此外，並成立了八個全國性及區域性的督導單位，專責輔助新教材的推廣。近年來，更進一步計劃革新大學部門的科學教育，以貫通大中小三個不同階段的科學教育，而獲致改革上一氣呵成的功效。（以上所提數字，係五十八年六月份以前所作之統計）。

在美國全國一致的科學教育改革聲中，除上列統計各項資料外，尚有種種

涉及理論探討，測驗方法，課程研究等有關科學教育書籍，真是洋洋大觀，匯成今日教育工作上的一大主流。

一 我國科學教育的革新

我國自民國五十年起，有識之士亦針對科學教育改革的實施大聲疾呼，以喚起社會各階層的注意。教育當局爰於民國五十三年，由教育部正式頒佈高級中學數學科與自然科教材編輯大綱，開創今日高中物理、化學、數學、生物等方面全面革新的局面。

數年來，新教材的實施，嘉惠青年學子者甚多，尤其理科學生，在進一步高深學理之研究上，獲益更爲顯著。筆者曾於民國五十七年至五十八年間，再度前往國外進修科學教育，得與頗多彼邦人士交換意見，咸認我國在高級中學中所推行的新教材，對留學生進修計算機技術與學習數學、化學、生物，及物理的新觀念等，具有直接的贊助。否則，以我國學生以往的程度，殊難啣接大學研究部新設的課程。然而，不容諱言的，參與當年教材革新的人士，也都認爲，我們在推行新教材的準備上，以及與各級學校的配合方面，在在需要繼續努力，作進一步的發展。例如，小學、初中、高中與大學的課程啣接上，即存在着若干猶待解決的問題。可慶幸的是，在總統英明號召延長國民義務教育的同時，國立編譯館更延聘了不少專家，在短時間內，發行了初中數學、物理、化學、生物等新課本。同樣地，在小學方面，也編著了新穎的教學課本與自然科教材。這樣或多或少地與已推行之高中新教材，作了某種程度的配合，誠屬可貴的現象。此外，國內各重要大學，亦針對高中新教材而作課程編配上的若干調整。如：大學部物理系多半已用量子理論，來解釋物理概念，即屬顯明的例子。不過，科學教育在我国的推動情形，似乎成果上的要求，重於方法上的研究與發展，以致若認爲，今日科學教育的實施，已經達到無瑕疵的地步，則未免言之過早，過份樂觀了。

二 方法乎？成果乎？

在歐美各國推行了十餘年的科學教育改革工作之後，檢討結果，終於發現科學教育改革中的一個非常重大的問題。那就是，科學教育的內容，究竟應該是方法爲重呢？抑或以成果爲重呢？

欲了解方法與成果何者重要的問題，必須先對兩者在科學教育實施中所表露的特徵作一簡單的說明。不容否認的，所謂成果的科學教育，大都承襲着舊有的科學教育形式。因此，這是一種訓練背誦，測驗記憶，講授原理原則，以及複習前人實驗的刻板的教學活動。成果教學中的學生學習過程，端賴教師的教學爲依歸。不僅教材內容有賴專家代爲選擇與編配，就是實驗活動亦都屬按圖索驥的工作。那就是說，對已有的現成科學成果，祇許學生囫圇吞棗，不容有所置喙與懷疑，也不鼓勵親身體驗。教學的目的祇在使學生吸收科學成果，愈多愈佳，並冀由眾多成果的累積，昇華而創造更新的成果。由於歷年來重視成果的緣故，教科書的排列大多循原理原則的介紹，實際內容的討論，以及計算習題的練習等程序進行。同樣地，實驗課本的內容，亦制式地依目的，原理，儀器，步驟，數據，討論等程序編排。學生的學習不僅被動地等待配給科學成果，更得在活動上循一定的途徑，求得知識的成長。

反之，如欲了解所謂方法的科學教育的特徵，則必須說明方法的意義。英譯方法一詞爲「Process」，大多數詞典裏，這一名詞的中譯文爲過程與方法。因此，方法的科學教育就是過程的科學教育，特別重視知識成長中過程的體驗。反映在教材上，則教科書的內容，祇在對少數幾個原理原則所構成的模型，作反覆的陳述。尤其對這些模型構成過程中，所經歷的各種經驗，不厭其詳地一一介紹，以冀在學生的學習中，能體驗到，包括成功與失敗兩者的經驗。這樣的教學，很顯然地注意到學生的興趣與個別差異；故而方法教學的目的在讓學生熟悉獲致原理原則的種種不同的途徑，以獲取爲自己建立模型的經驗。當然，在方法的科學教育中，習題與考試也是課程內規定的學生活動之一，不過，這時的習題與考試，並不以材料的記憶與模擬使用爲重點，却以訓練推敲，思考，聯想，歸納，與創造等能力爲主。方法教育的實驗工作，亦與成果教育的實驗內容截然不同。實驗的目的不僅必須體驗前人實驗，還得從進行實驗裏，應用自己已有的看法與想法，貫通枝節，推出新的結論。

總之，在方法論的教學中，學生學習活動，除吸收科學成果外，並可脫出教科書與實驗手冊等局限的範圍，不再被動地等待教材的配給；相反地，隨興趣之所至，遊刃涉獵於教材的各方面，以便融會貫通，爲自己的創造力，作厚植的準備。準此，這種方法的教學，固然不能有成果上的劃一標準與明顯的急功近利，但却是培植學生批判，創造，實驗能力的真正途徑。

尤其，教育乃百年樹人之大計，科學教育亦復如此。我們得認清，企圖在教育上求取急功近效，則絕非正途。惟有腳踏實地步步推展，纔是樹立健全基礎的根本。因此，今日推動科學教育，若僅僅擷取他人的成果，縱能獲得一時的急救效果，但總屬可一而不可再的臨時措施。因捨棄方法的運用，但求襲取他人的經驗，則影響所及，整個國家的科學發展，始終只能處於支離破碎的從屬地位，而無從自發地創造更多，更新的理論，亦無由提高我國的科學水準。

從另一方面講，方法的重視，對科學研究的本身，亦有其絕對的價值。一位科學家只知道已有的科學現象與科學理論，而對這些理論創設的過程無何心得，更安論藉前人的經驗，改進為更健全的新說了。

三 科學教育的局域性與全面性

欲了解如何進行科學教育的改革工作，首先必須明瞭科學與國家的種種關係。大致說來，我們須具備下列數點認識：一、科學與技藝是今日國家各方面革新的內在重要基幹。二、科學與技藝的專門與深入的發展是促成國家水準全面提高的主要因素。三、現代社會大家有義務了解科學的潛在力量，及目前科學進步上的極限。四、我們得承認，純粹科學本身的目的，在為了求得擴大人類的知識領域。因此，我們對已有的科學經驗，應具有能加以批評與檢討的學養。五、我們既承認，科學與國家關係的如此密切，人人都有義務知道科學的內涵以及在不同程度上應用科學的方法。

基於以上的認識，可知科學教育有其全面性，同時亦有其局域性。此一特性反映在科學教育的推動上，必須注意所謂因材施教，以期發揮個人所長。因此，對於一般大家，科學教育的目的，在協助大家瞭解科學的真諦，人類與自然的競爭過程，科學發展與國家社會的關係，以及國家措施對於科學發展的影響；同時，還須培養社會大眾注意科學進展，與運用科學方法的興趣。為期達成此一目的，科學上的實驗、觀察，定律的歸納，理論的演繹，假設的求證，與乎前人經驗與方法的批評與擷取，應該是一般大家都須熟悉的基本課題。

至於，針對在科學與技藝上具有特殊興趣的人士，我們應該發揮教育的局域性。證之大學教育的分科制度，可知科學與技藝的發展，必須依賴專門與深入的研究所。為此，我們應該配合社會的需要，着手發展適用於各種不同對象的專門性科學教材。目前，國外已有專門為工程學生，物理研究，計算機技術，

地球科學及化學研究等的數理教材。我國在這一方面，尚未注意及此，宜乎及早計劃編訂各種能適應特殊科學發展需要的教材，這樣方能符合科學教育局域性發展的要求。

四 科學教育中教學法的革新

我國改革高中科學教育，包括籌備時間在內，前後已經有了近十年的歷史，但是除初期的科學展覽，教師進修，叢書編纂，在職訓練，教材改革，儀器添置，科學館籌建與大專聯招入學試題的改進外，近年來在這一方面並無甚多的進展。國家長期科學委員會固然有獎勵科學教師研究的措施，以及擬議中的各項步驟，但科學教育的進一步改進工作，均有再需發展的餘地。就以目前中等學校教室內進行的科學教育活動作例子，試問，我們的教室活動在大力提倡科學教育聲中，又有多少與未改進前完全不同的地方？不容否認的，至今教室中除粉筆與黑板還是最通用的主要教具外，教師的講演，仍然保持着最普遍與最權威的地位。

其實，教室內科學教學的活動，應分為三方面：即教師的活動，學生的活動，及教師與學生間的相互討論。教師活動的直接方式，包括演講、指示學習方法，批評現有的原理原則，及提示結論等；其間接方式有接受學生的創見，贊揚，推廣與鼓舞學生的見地，以及提供各種問題，讓學生有廣泛參考與深入研究的機會。至於學生活動方面，則有對問題的反應與抒述自己意見等兩大方式。而且，這些活動却大都依賴着教師與學生間相互的討論來進行。

由此可知，我們的教室活動，始終還局限在一個小範圍內，姑勿論演講是否存在缺點，但我們不得不承認，在幫助學生敏捷反應，與鼓勵學生速讀相關書籍上，僅賴講演方式，殊難發揮效果。尤其在科學突飛猛進，知識範圍越來越廣的今天，若不能讓學生獲得敏捷反應，與速讀的技巧，只是一味地訓練學生對題目的演算，與原理的背誦，則根本談不上有所獨立思考與創見可言了。我們應該記得，已故中央研究院院士姚從吾先生的名言：「學習游泳的人，必須跳下水裡去；學習騎馬的人，必須跳到馬背上。」可見，在這講求方法論科學教育的時候，單靠講演的教學方法，也無法讓學生在學習活動中親身體驗第一手的經驗，而成爲不切實際的隔靴抓癢的活動。

今天有些科學先進國家，已進步到在科學教育方面，將教學活動用電視錄

影，分割成極小的片段，這些片段經過分析與整理後，區分為以上所述各種教室活動的方式。然後以這些方式的出現次數，用代號識別排列到矩陣裏。這樣，從數理的統計基礎上來評論這些片段所構成的教室活動，是否符合科學教育所要求的教學原則。當然，這僅是一種新的嘗試，但，據筆者在美實地的體驗結果，認為這是我們在革新科學教育的大目標下，最值得提倡與借鏡的一種教學改革研究。

五 結 論

對新物理教學的一

點意見

石育民

石副教授，今年二十九歲，民國五十三年畢業於國立臺灣師範大學物理系，民國五十七年進入國立清華大學物理研究所深造，五十九年取得博士學位，成爲中華民國第一位理學博士。目前，副教授除了任職於國科會外，並在師大物理系任教，其青年有爲，敬業樂羣的精神，極爲上司所賞識。而教學不厭，誨人不倦的態度，更深受學生們的愛戴與歡迎。——編者

我國中學物理課本自民國五十四年之後，變更爲新教材，從教育部所頒的課程標準可看出是完全依美國 P. S. S. C. 物理爲藍本，筆者想就這新物理教材提出一點對教學的意見。

一 先談幾個批評

有一個同時念過舊教材和新教材的學生，曾告訴筆者，認爲新物理有些地方實在太囉嗦了，不曉得要幹什麼，但認爲新添了許多原子物理的知識，倒是非常吸引人。另一位教過新物理的教師說：有許多地方書本上講了一大堆，可是沒什麼內容可教的。這兩種看法實際上是一樣子，也許不是代表着多數的人，但筆者確信的確有一部份教師及學生，做如此的看法。

在他們所指出所講囉嗦的部份中，很顯然的大部份是對物理基本觀念的解釋和與實際觀測測量的關係。這兒我不禁聯想到了一件小故事，筆者在某次上課時，證明了某一定理，下課後有一位相當用功的學生跑了過來「老師！是不

總之；科學教育是一種具有延續性的專業活動，我們應該在已有的改進基礎上，不斷吸收新知識，編纂新教材，發掘新問題，創造新技巧。準此，我們必先根據國家的需要，從方法論的基礎上確立科學教育的整套計劃，再藉專門人員以新觀念來全力推動，纔能在科學教育的新教材、新教法、新教具上，求取更新的成果。也惟有依賴這種構想所創造的原動力，纔談得上在教學本身的活動中，鼓舞青年對科學探討，與專門技藝學習兩方面的興趣與進取心，進而突破舊有的升學主義觀念，以達到建教合作，科學與技藝平衡發展等，建設國家的遠大目標。

是可以請你證明一下這定理。」「不是在課堂上證明了嗎。」「那裏，你只用文字說明了，沒有式子的證明！」似乎是只有公式和算式式子才是內容。

二 錯誤的看法

筆者從中學時代念物理的記憶中，認爲它是計算一些物體的運動，平衡，如何考慮摩擦和電阻並串聯的計算方法等等。當時心裏面還佩服得五體投地，認爲這些物理公式能算出這麼多東西（而且知道可以實際用實驗量得的）實在了不起，同時也認爲了物理就是這些算的科學。同事胡君曾對筆者談過，他有一次問一位學生：「你何以知道你的實驗結果有意義。」「與理論數值比較就可以得知」這是那位學生的回答。

從上列這些事實裏面，我們不難發現，一般對物理的看法總把公式，計算當爲靈魂（怪不得中國學生一向對實驗不予重視）而對於算出來的數量到底真正代表了什麼東西却漠不關心。

三 物理是現象的科學

物理上許多名詞，定律實際上是代表着某些現象的歸納，因此物理上的基本觀念是應以其測量的觀念去了解，在以前這些基本觀念，往往讓學生們直覺的去想像它，而直覺的想像，往往根據其以往之生活經驗，當然筆者也認爲許