

美國國家科學教育標準中 9 至 12 級的物質科學內容標準

內湖高中 葛重光

68-80

前言

教育部於民國八十四年十月頒布了高級中學課程標準實施要點，且規定依此課程標準所編輯的教科用書，將自八十八學年度起由高一逐年試用並修訂。此課程標準強調各學科教材應循中小學課程一貫發展之精神設計，內容應顧及與國中課程的銜接，並注意與相近學科的聯繫及統整，同時應與學生生活相結合，而教科書的分量及難度，需配合教學時數、學生能力並預留部分教學時間，供教師使用補充教材或善用其他教學資源（註 1）。筆者認為若此課程標準能逐步普遍落實地實施，對國內教育的發展必有助益，相信日後的學子有信心與能力迎向二十一世紀新的時代。

至於科技先進的美國，於 1996 年 1 月國家科學教師協會（The National Science Teachers Association）公布了國家科學教育標準（National Science Education Standards），這是結合了各級學校教師、課程專家、教授、科學家、工程師乃至行政人員、家長、政府官員通力合作的結果，以期望各級學校依此國家科學教育標準施教時，使每一個國民都具備足夠的科學素養，進而增強美國在國際上的地位。

美國的國家科學教育標準為何如此強調國民的科學素養呢？他們認為在現今科技發達的時代，科學素養對每個國民都是必需的；人們愈來愈需要靠科學的資訊來做決定、討論或辯論社會上涉及科學或科技的重要議題。而了解大自然的奧秘更是令人興奮，覺得有成就感的；此外，科學素養在職場中也愈來愈重要，現今許多工作都需要高級的技巧，即要求工作者能學習、理解、具創造性的思考、有作決定、解決問題的能力，而了解科學及其過程對上述能力的獲得是最有助益的。美國有鑑於其他國家對提升科學素養及科技能力的大力投注，美國亦不遺餘力地在培育其國民的科學素養（註 2）。

在美國所謂的「標準」，所要表達的是對所有學生的科學標準，同時也強調卓越性與公平性，故此標準是適用於所有學生的，不論其年齡、性別、文化或在科學方面的能力、期望、興趣、動機的不同，因不同的學生將以不同的方式來理解，會依其興趣、能力、教材而有不同深度及廣度的學習，但無論如何，所有的學生都當具備標準中所要求的知識與技能，即使有些學生習程度是遠超於此的。此標準同時亦指出學生學習科學所當有的需求，而整個教育體系是有責任提供這些的（註 3）。

美國國家科學教育標準共分八章，其中第一章為緒論；第二章為原則簡介

及名詞解釋；第三章起為主要的標準內容，共有六個方面的標準，即第三章的科學教學標準；第四章的提升科學教師專業素質標準；第五章的科學教育評量標準；第六章的科學教育內容標準；第七章的科學教學計劃標準；第八章的科學教育制度標準。其中與我國高中課程標準最有關係的是第六章科學教育內容標準，在此章中科學教育內容又分為八個部分，即

- (1). 統合科學中的概念與過程；
- (2). 科學作為一門當做探究的學問；
- (3). 物質科學的內容標準；
- (4). 生命科學的內容標準；
- (5). 地球與太空科學的內容標準；
- (6). 科學與科技的內容標準；
- (7). 個人與社會觀點的內容標準；
- (8). 科學史與科學本質的內容標準。

以上的科學教育內容皆依學生年齡分成三階段，即

- (i). K - 4，幼稚園至小學四年級；
- (ii). 5 - 8，五年級至八年級；
- (iii). 9 - 12，九年級至十二年級（相當於我們的國三至高三）。

今筆者不揣淺陋，將科學教育內容與高中物質科學最有關連的兩部分：

- (一)「科學作為一門當探究的學問」即科學內容標準 A。
- (二)「物質科學內容標準」即科學內容標準 B。

今分別譯述如下：

(一) <科學作為一門當探究的學問>

科學內容標準 A：9 至 12 年級科學活動的結果，應使學生發展出

1. 有必備的能力去做科學研究。
2. 對科學研究有所了解。

至於內容標準中所指「學生做科學研究的能力」及「對科學研究的了解」為何，茲分述如下：

(1). 作科學研究需具備以下的基本能力：

(a). 確認指引科學研究的問題與概念。

學生應能明確地陳述可進行實驗的假設，並提出指引假設的科學概念與實驗設計的邏輯關連。他們應將適當的實驗程序，背景知識、科學研究的觀念等清楚地提出。

(b). 設計並進行科學研究

至於所設計並進行的科學研究，需介紹研究領域的主要概念、適當

的設備、安全的維護、方法邏輯問題的協助、科技應用的建議、研究觀念的澄清及來自其他研究的科學知識。在科學研究的過程中亦需對問題、方法、控制變因、操縱變因等弄清楚。學生應將數據組織起來並呈現出來;對方法和解釋進行修訂;對同儕團體的批評能提出公開呈現的結果。不論科學研究如何進行,學生應採用證據、引用邏輯,並建構提出解釋的論點。

(c). 利用科技與數學來改進研究並溝通結果

手工具、測量儀器、計算器等科技產品在科學研究中都是必需的。運用電腦來收集、分析、呈現資料等都是科學內容標準所要求的。在整個科學研究中數學一直扮演著非常重要的角色。如測量是用來提出問題的、公式是用來發展解釋的、圖與表是用來溝通結果的。

(d). 利用邏輯與證據來明確地陳述或修正科學解釋

學生做研究時當盡力將解釋或模型明確地陳述。模型需是物理的、概念的、數學化的。在學生回答問題時,他們需對解釋的修正進行討論與議論。所有的討論需建立在科學知識、邏輯運用及研究的證據上。

(e). 認識並分析其他可能的解釋與模型

這方面的標準乃強調對由檢視現今科學的知識,衡量證據及由邏輯判斷出哪是最好的解釋或模型等論點予以分析的批判能力。換句話說,雖有數種似有道理的解釋,但不見得有相同的分量,學生應藉著科學準則來找到所要的解釋。

(f). 能對所提的科學論點進行溝通與辯護。

學生在學校的科學計劃中當發展出能正確有效溝通的能力。這些包括寫下並遵循的實驗程序,表達概念,複習以往所得資訊,總結數據,正確地使語言,列出圖與表,解釋統計上的分析,當說得清楚,合乎邏輯,建立合理的論點,對別人批判的評論能恰當地回應。

(2). 對科學研究的了解的重點如下:

- (a). 科學常探究物理、生命、或所設計的系統是如何運作的。觀念及知識是科學研究的指引。歷史或當今的科學知識常影響研究的設計與解釋,及對其他科學家所提解釋的評估。
- (b). 科學家進行研究常有許多不同的理由,如想發現自然界的新觀點。解釋最近觀察到的現象,試驗先前研究的結論或現今理論的預測。
- (c). 科學家倚賴科技來做數據資料的搜集與處理,由新的技巧及工具所帶來的新證據,將指引科學的研究及新的資料收集法,因此促進了科學的進展。數據資料的準確性、精密性及科學研究的品質均需倚賴科技。
- (d). 數學對科學研究是重要的。數學的工具及模型常指引並改進了問題

的提出、數據資料的搜集、解釋的建立及結果的溝通。

- (e). 科學的解釋需堅持以下的準則：所提出的解釋在邏輯上一致。遵循證據的規則，對可能的質疑及修正是持開放的態度，解釋是建立在歷史或現今的科學知識上。
- (f). 科學研究的結果所帶來的新知識和方法，常從不同型式的研究及科學家們公開的溝通來的。在對科學研究結果的溝通與辯護時，論點必需合乎邏輯，並證明它們是與自然現象、調查結果及科學的史實相關連。此外，科學家用來得證據的方法及程序均需清楚地呈現，以利於往後進一步的研究。

科學內容標準 B:對於 9 至 12 年級的學生，當使他們逐漸了解以下的物質科學內容，即

- (1). 原子的結構
- (2). 物質的結構與性質
- (3). 化學反應
- (4). 運動與作用力
- (5). 能量守恒及亂度的增大
- (6). 物質與能量間的交互作用。

茲就其中的基本概念及原則分述如下：

(1).原子的結構：

- i. 物質是由微小的粒子所組成，這些粒子稱為原子 (atoms)，而原子是由更小的成份組成，這些更小的成份有可測量的性質，如可測其質量、電荷。每個原子都有個帶正電的核，它的周圍是被帶負電的電子所圍繞，核子與外圍電子的作用力使得原子得以維持。
- ii. 原子核是由質子與中子所組成的，質子與中子要比電子重得多。當一元素具有不同中子數的原子時，這些原子稱為此元素的同位素。
- iii. 使原子核中的粒子結合在一起的核力，在原子核距離範圍通常較使原子核分開的靜電力要大得多。核子反應會使作用粒子的部分質量轉化為能量，如此放出的能量遠較原子相互作用放出的能量大得多。核分裂是使一個大核分裂成較小的核。核融合是使兩個原子核在超高的溫度、壓力下融合在一起，核融合也是太陽或其他星球能量的來源。
- iv. 放射性同位素是不穩定的。會進行自發的核反應而放出粒子和 (或) 輻射線，任何單一原子核的蛻變是無法預測的，但一大群相同的放

射核是依可預測的速率進行蛻變，此種預測可用來估計含該放射性同位素物質的年齡。

(2).物質的結構與性質

- i. 原子藉著轉移或共用最外層的電子而相互作用。這些最外層電子決定了元素的化學性質。
- ii. 一個元素是由一種原子所構成，當元素依質子數（原子序）排列時，會有物性、化性重覆出現的現象，由此可認定元素屬於哪一族，因同一族的元素其物性、化性相似。週期表即依元素外層電子組態及其許可能量，重覆出現的結果而得的。
- iii. 原子間藉轉移或共用電子而形成化學鍵。物質僅由一種的原子構成時，即為元素。原子可藉鍵結形成分子或固體晶體。由兩種或多種原子由化學反應而結合在一起時即形成化合物了。
- iv. 化合物的物理性質反映出它的分子間交互作用的性質，這些交互作用由分子結構、組成原子的成份、鍵角、鍵距所決定。
- v. 固體、液體、氣體在原子、分子間的距離、角度不同。因此其間的結合能亦不同。在固體中其結構幾乎是固定的；在液體中分子或原子均可移動，但不會離得很遠；在氣體中分子或原子均可獨立運動，且都隔得很遠。
- vi. 碳原子間能以鏈狀、環狀、分枝結構相互結合在一起。因此形成許多不同的結構，包括合成的高分子聚合物，油類及我們生活中所需的大分子。

(3).化學反應

- i. 在我們周遭都有化學反應，如保健、烹飪、化妝品、汽車中都有化學反應發生。在我們體內的每個細胞中都有一些有機分子的複雜化學反應在持續不斷地進行。
- ii. 化學反應可釋出或消耗能量，如燃燒化石燃料時，可藉著光和熱放出大量的能量。光可促使一些化學反應發生，如光合作用及城市煙霧的形成。
- iii. 在反應的離子、分子或原子中的許多重要的化學反應涉及轉移電子（即氧化還原反應）或轉移質子（酸鹼反應）。在另一些化學反應是藉著光或熱將化學鍵斷裂而形成非常活潑的自由基，而這種帶有電子的自由基隨時可形成新的化學鍵。自由基的反應控制了許多化學反應步驟，如大氣中臭氧層、溫室效應的氣體粒子的存在，化石燃料的形成與燃燒，高分子聚合物的形成及一些爆炸反應。
- iv. 化學反應所需的時間，如一個原子移動部分鍵距所需數個飛秒（femtoseconds）(10^{-15} 秒)，或如以十億年為單位的地質反應。化學反應速率是由反應原子、分子碰撞機會的多寡及溫度、反應物的性質（含

形狀)來決定。

- v. 催化劑如金屬的表面會加速化學反應速率。化學反應在生物系統中被蛋白質分子催化，此種在生物體內的催化劑稱為酶。

(4).運動與作用力

- i. 當有淨力作用於一物體時，物體的運動情況將會改變。運動定律是用來準確計算力對物體運動影響的效果，可由 $F=ma$ 算出物體運動的改變量，而此公式與力的性質是無關的。當一物體對另一物體施力時，另一個物體也必施一大小相同，方向相反的力給原施力物體。
- ii. 萬有引力是一種普遍存在的力，是一個有質量的物體施於其他任何有質量物體上的。兩物體間的萬有引力與兩物體的質量乘積成正比，與兩物體間的距離的平方成反比。
- iii. 靜電力也一種普遍存在於兩帶電物體間的作用力。異性的電荷相吸，同性的電荷相斥。靜電力的大小是與兩物體所帶電荷的乘積成正比。如同萬有引力，靜電力的大小也是與兩帶電體距離的平方成反比。
- iv. 對於兩個帶電的粒子，靜電力遠較萬有引力來得大。如原子或分子間相互摩擦時，常觀察得到的是靜電力。
- v. 電與磁可說是一個電磁波的兩方面表現，移動中的電荷將產生磁力。而移動中的磁亦將產生電，這些效應有助於學生了解馬達與發電機。

(5).能量守恒與亂度的增加

- i. 宇宙間的總能量是守恒的。能量可藉化學反應、核反應、光波或輻射等方式放出，但無論如何能量是不會被毀滅的。當有能量轉移時所涉及的物質將漸漸變得不規則。
- ii. 所有的能量可視為是運動中物體所具有的動能，或是因相對位置而有的位能，或是由場力而得的能量，如電磁波即是。
- iii. 熱是由原子、分子或離子的任意運動或振動來的。溫度越高時，原子或分子的運動越激烈。
- iv. 所有的物體、物質經一段時間後都將傾向於較不規則，較不組織化，因此能量轉移的總效應將是能量一致地傳出，如藉傳導、對流、輻射，能量由高溫的物體傳給低溫的物體；我們燒燃料將使周遭環境變熱。

(6).物質與能量間的交互作用

- i. 波動包括聲波、地震波、水波、光波等，它們都是具有能量的。當它們與別的物質交互作用時會傳送能量。
- ii. 當帶電荷的物體加速或減速時，將產生電磁波。電磁波包含了無線

電波（波長最長的電磁波）、微波、紅外線（輻射熱）、可見光波、紫外光波、X 光波、伽瑪射線。電磁波的能量是由能量包所攜帶，能量大小與波長成反比。

- iii. 每種原子或分子只能依特殊不連續的量子來吸收或放出能量，因此只能吸收或放出對應於特殊不連續量的波長的光。而這些特殊的波長可用於物質的鑑定。
- iv. 在金屬中電子可自由地移動，但在像玻璃等絕緣體中電子是幾乎不動的。半導體中電子的移動情形是介於導體與絕緣體之間。在低溫時，一些物質會變成超導體，對移動中的電子無任何阻力。

<物質科學內容標準>

美國著名的 2061 計劃（以下次再見哈雷慧星的年份期許）中科學教育的里程碑 Benchmarks 述及 9 至 12 年級的物質科學內容，乃是為全民科學素養的，今譯述如下：

I. (4 D) 學生在 1 2 年級結束時當知道的物質結構之內容：

- i. 原子是由帶正電的原子核及其周圍帶負電的電子所組成。一個原子的電子組態，特別是外層的電子，決定了該原子是否能與其他原子反應。原子間可藉移轉或共用電子而形成化學鍵。
- ii. 原子核只佔原子體積的一小部分，是由質子與中子所組成的。質子、中子的質量均約為電子質量的兩千倍。原子核中的質子數決定了該原子的電子組態，也因此決定了它是何種元素。在中性原子中電子數等於質子數。一原子可藉著得到或失去電子而帶有電荷。
- iii. 中子的質量幾乎與質子相同，但不帶電荷。雖然對一原子與其他原子的反應沒什麼影響。但中子卻與原子核的質量與穩定性有極大關係。同位素是元素具有相同的質子數（電子數），卻有不同的中子數。
- iv. 具有放射性的原子核是不穩定的，且會進行自發的蛻變，放出粒子與（或）輻射線。我們無法準確預測一個不穩定原子核何時會蛻變，但一大群相同原子核會依可預測的速率蛻變。這種蛻變速率的預測可用來估計含放射性物質的年齡。
- v. 科學家繼續不斷地研究原子，並發現了組成電子、中子、質子的次級粒子。
- vi. 當元素依其原子序排列時，則相同系列的性質將重覆出現於表列中。

- vii. 原子常與其他原子組合成各別的分分子，或形成三度空間重覆出現的晶體結構。許多生物、化學或物理的現象能以原子、分子的重組或運動來解釋。
- viii. 分子中原子的電子組態決定了該分子的性質。大分子間如何作用其形狀是特別重要的。
- ix. 原子、分子間的反應速率依其相互碰撞的機會而定，故反應速率依反應物質的濃度、壓力、溫度而定。有時原子或分子有高度促進其他原子、分子反應的作用。

II. (4.E) 學生在 1 2 年級結束時當知道的能量轉換內容：

- i. 不論何時能量從一地方或以某種型式消失時，必有相同的增加量在另一地或以其他型式出現。
- ii. 一物質中的熱能是由原子或分子不規則運動所形成的。在任何原子或分子的交互作用中，由統計可知它們反應結束時較反應開始時不規則，即有熱能會均勻地散出。具大量數目的原子或分子，其亂度是較大的。
- iii. 能量轉換過程中常產生熱能，而此熱能會轉傳導或輻射傳到較冷處。雖然總能量不變，但當能量均勻散出時，因熱量的散逸使可利用的能量減少。
- iv. 原子或分子不同的電子組態將有不同的能階，一些電子組態的改變是需輸入能量，但有一些卻是放出能量。
- v. 當被游離的原子或分子的能量變化時，只能依能階差的能量大小放出或吸收能量，不會有放出或吸收的能量不是能階差能量的情形。當輻射被吸收或放出時將有能量的改變，故輻射也是有各別不同的能量值。當各別原子或分子（氣態的）吸收或放出光時，可藉以用來鑑定物質。
- vi. 當很大的原子如鈾、鈾的原子核分裂成中等大小的原子核時，會放出能量；當小的原子核如氫、氦的原子核則可結合成較大的原子核時，也會放出能量。核反應所釋出能量遠較化學反應所釋出的能量要大得多。

美國國家科學教育標準中所期望的變革：

(一). 科學內容標準 A 中為提升科學研究素養將面對下列不同強調重點，即

- (i). 當較不強調的：

(ii). 當較強調的兩部份，現以下表陳述如下：

表一（註 4）

當較不強調的	當較強調的
為證明或証實科學內容而做的科學活動	研究或分析科學問題而做的科學活動
限於上課時間內的探究	不限於上課時間內的探究
課程外的科學過程技能	課程內的科學過程技能
強調單一的科學過程技能如觀察、推論	運用多重的科學過程技能如操作、認知、程序各方面
得到一個標準答案	運用證據或策略來發展或修訂所提的解釋
視科學為探索與實驗	視科學為討論與解釋
就科學內容提供問題的答案	科學解釋上的溝通
學生不論個人或團體未經討論即分析、統合數據資料	學生常常經討論後，才來分析、統合數據資料
少做科學研究以留時間來教課	多做科學研究以發展理解、能力、研究價值及科學內容中的知識
以實驗的結果下探究的結論	運用實驗的結果來做科學討論或解釋
物質與設備的管理，即硬體方面的管理	觀念與資訊的管理，即軟體方面的管理
學生提觀念，教師下結論，限於師生的私人溝通	同學間科學概念與活動的公開溝通

(二). 科學內容標準 B 將面對下列不同的強調重點：

表二

當較不強調的	當較強調的
知道科學的事實與資訊	理解科學概念並發展做研究的能力
學生為個人理由學習各科教材 (如物質科學、生命科學、地球科學)	學生依科學研究、科技、個人及社會觀點、科學史與科學本質等方面來學習各科教材
學習各個獨立的科學知識與科學過程	統整各方面的科學內容
涵蓋許多科學主題	學好一些基礎的科學概念
以一套定型的程序來進行科學研究	將科學研究視為教育上所當學的策略、能力及概念

科學內容標準 A 的精神與特色：

- 1、在「科學為作一門當做探究的學問」中的內容標準不止於「科學是個過程」的要求，即不只要求學生會觀察、推論、實驗。做科學研究對科學學習而言是最重要的，因做科學研究時，學生開始描述物體與事件、提出問題並予以解釋，也會運用現今的科學知識來檢視所做的解釋是否正確，且會和他人溝通他們的觀念。學生能認同所做的假設、運用邏輯及批判性的思考，亦會考慮其他不同解釋的可能性。如此，學生藉著結合科學知識與思考判斷來發展他們對科學的理解。
- 2、科學研究的重要性並不意味著：「所有的教師都當追求單一的教法」，就像科學研究是多面性的，教師亦當用各種不同的方法來發展學生的理解與能力（註5）。

科學內容標準 B 的精神與特色：

- 1、美國的科學內容標準並不要求一份特定的教材，教學所用的教材是在教室中組織並呈現的，此標準中的內容以不同的強調重點與觀點而呈現多種不同的課程，請參考前述「美國國家科學教育標準中所期望的變革」中「當較不強調的」與「當較強調的」部份。
- 2、該科學內容標準乃是供人們制定某個特殊行動時，「是否能提升整個社會科學素質」的準則，日後的教育改革將依此標準以求整合性、一致性及一貫性，其能否突破現今的束縛而迎向未來的遠景，是靠前線的科技教師與行政人員的共同努力才可完成的（註6）。

美國物質科學內容標準與我國高中物質科學內容的比

較：

至於部分我國的物質科學內容有高一基礎化學其教材綱要為

- 1、緒論；
- 2、自然界的物質；
- 3、物質的形成及其變化；
- 4、生活中的能源；
- 5、生活中的物質。

高二物質科學化學篇、高三化學為選修課程，其內容為

- 1、物質的構造；
- 2、物質的狀態；
- 3、物質的變化；
- 4、物質的性質等四大部分。

茲比較如下：

- 1、大體而言美國教材較以物化中主要觀念為導向，頗有先前 Chem 教材的風格，而我們較重生活化的教學內容與實驗活動，並選擇本土化素材，在風格方面是頗不相同的。
- 2、在美國的教材中涉及頗多的核化學，及放射性同位素的應用，這在我們教材是少提及的。此外，如自由基、超導、及由量子概念導出光譜鑑定的原理、亂度的概念這些是我們較未提及的。
- 3、在我國教材中生活化的教材如污染、土壤、生活中的物質，在美國科學內容中較少提及；又我國教材中物質的性質部分不論金屬或非金屬元素的性質都詳加敘述並舉例，在美國科學內容中並不強調；同樣地，在我國教材中物質的變化部分，其中的一些氧化還原內容及烴類的反應敘述頗多，亦非美國科學內容所強調的。

結語：

- 1、美國國家科學教育標準是他們結合各學校教師、課程專家、各專業領域裡的學者專家，乃至行政人員、政府官員、家長們通力合作的結果，而我國課程標準的修訂時在各領域的專家如工程師、人文學者、政府官員、家長甚少參與或投入，似乎我們在合作層面上可參考他們的方式。至於整個過程，與後續動作方面美國亦有可借鏡之處，因他們利用了先前教改的成果，及其「教」與「學」的研究，試教的報告、教師、專家們的經驗與遠見，且經過多人對初稿無數次的評論。這種公開、反覆多次的過程產生「如何使學生具優秀科學專業」的共識，而訂下這套標準的各級人士仍將繼續對話，以使它不斷進步，確保能符合師生及社會的要求，其對日後的評論與修訂更是持開放的態度，這些公開、持續的作法是值得參考的。
- 2、對所有相關科教的人士與官員的責任感亦是值得借鏡的，因美國的國家科學教育標準在強調卓越性與公平性的同時，亦強調當給學生學習科學的機會。若想讓學生有優良科學素養，需要有良好的專業教師、足

夠的上課時數與場所、適切的學習材料及學校周邊的教育資源，而提供這些條件乃所有相關從事科教者的共同責任，即使目前國內的人力、物力各方面資源有限，尤其用於科教方面，但不論教師、行政或政府官員都當有「給學生學習科學的機會與資源，是我們的責任」的擔當而盡力為之。

- 3、美國國家科學教育內容標準有足夠的彈性，他們深知完成此標準，需要在科教方面有大的變革，他們亦強調科學是由學生來做，而不只是為他們做一些事。至於我國的課程標準中佔最大份量的是各學科的教材綱要（註7），而各科教材綱要亦規定得很詳細，不像美國那麼具有彈性，且他們強調科學研究，主要的科學知識來自對科學的探究，而我們目前高中除了少數同學做科展，或參加一些科學研習營外，大部分的同學在高中階段，除課程內的實驗外，甚少做科學研究。這對科學素養的養成是不易達成的。
- 4、美國的國家科學教育標準除科學內容標準外，還另外設立了其他相關的五方面標準，實體大而思精，畢竟是他們結合了各方人力長期努力的結果，而我們的課程標準對其他五方面標準，僅在教學方法、教學評量方面提到一些，故美國在其他五方面的標準是值得參考與借鏡的。
- 5、目前國內有核電廠設立的抗爭，核放射對環境的影響乃重要的社會議題，故建議將核能、核化學列入選修教材中；其他如自由基、超導、核磁共振等在現今生活中、醫學中或未來交通、科技的發展都甚為重要，似乎亦應仿美國列入選修教材中，以提供學生嶄新的視野。
- 6、在文中「美國國家科學教育標準中所期望的變革」所列「當較強調的」部分值得我們注意與參考，因回顧我國高中的科學教育在升學壓力下，我們「所強調的」倒是他們「當較不強調的」部分，期盼我們的科學教育不停留在傳授科學知識，求一個標準答案，以應付考試的階段，當放開腳步由表一、表二左方邁向表中的右方時，我國的科學教育才能趕上世界的潮流。

參考文獻

- (註1)：教育部（84年10月）高級中學課程標準,教育部編印
- (註2)：美國國家科學教育標準中綜覽部分（An Overview），
網址為 <http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/html/>
- (註3)：同註（註2）
- (註4)：美國國家科學教育標準中 Chap 6:Science Content Standards

網址同(註2)

(註5): 同(註4)

(註6): 同(註4)

(註7): 評介美國國家科學教育標準,魏明通著,科學教育月刊第196期(86年1月)