

日本初中科學課程

——「新科學」簡介

楊冠政 國立臺灣師範大學

一、前言

「新科學」是日本東京株式會社編輯部根據日本文部省所頒布之「中學校理科學習指導要領」編製之初中科學課程。於民國六十年（一九七一年）經日本文部省審查通過，並於民國六十一年出版發行。

日本的教育制度與我國甚相似，就是採用所謂中央集權制，中央政府對中小學教育有直接管轄權。因此，該國中小學校之課程均依據文部省之「學習指導要領」編纂。由於日本對教育學術之重視，其中央至地方政府均設有教育研究所，從事學校課程之研究發展。近年來，各國科學教育均在銳意革新，以配合日新月異的科技進步。日本對科學教育之現代化亦不遺餘力，其國立教育研究所有三十多位專任研究員，不斷引進歐美教育的新思想與新方法，使其科學教育得以與時俱進。

作者不揣謏陋，將近年所得資料編寫本文，冀對當前我國國中科學課程的改進有所借鏡。

二、課程的哲學觀點

新科學課程認為考慮科學教育（理科教育）之現代化時，必須顧及下列四點：

(1) 科學教育目標的現代化，換言之，務必要考慮科學教育是以什麼為目標。

(2) 科學教育內容的現代化，也就是說，若要達成科學教育目標，要以什麼為教材。

(3) 科學教育方法的現代化，即就目標之性質及所規定之內容，如何加以組合，並採取何種教學方式進行教學。並顧及學生之個別學習如何地進行，教學儀器如何地被利用，並採取何種適當之步驟。

(4) 科學教育評量之現代化，目標有無達成應加以評量。如果仍像從前的評量只求知識的理解，即不符合現代化評量的要求。

現代的科學教育應教些什麼？必須從教育內容現代化方面着手，並加以檢討。

許多人認為科學教育就是把科學家所創作的有關自然的理論與法則完全灌輸給學生，並要求學生們記住這些理論與法則，換言之，至今「灌輸學生自然科學所發展的一切知識」的論調仍在教育界瀰漫。

這種觀念是基於「科學是研究結果所得之知識」而建立的。換言之，這種科學觀念認為科學所產生的理論和法則均已完成且具絕對性。

自二十世紀以後，由於科學有長足的進步，產生兩個顯著的現象。其一是科學研究結果爆發性的增加，這大量的研究成果不能全部成為科學教育的內容，因此自然而然要選擇科學各領域中所共有之基本概念，以及達成這些概念所需之材料，然後加以精選及整理。

另一明顯的現象是對科學看法的改變。換言之，一般認為現在所發展的科學成果，並非是絕對的真理，它將來會有改變的可能；這種觀念就是認為科學是具變動性的探討學問。這種對科學觀念的改變，當然會影響科學基本概念的觀點。因此，「科學是探討」的認識也構成現代科學的基本概念。

三、課程目標

根據一九七一年日本文部省頒佈之「中學校學習指導要領」其理科課程目標以及第一與第二分野課程目標如下：

理科課程目標 促發對自然事物現象的關心，以探討的方式培養科學的態度和技能，認識自然與生活的關係，為達成此目標，並應採取下列作法：

- (1) 發現自然界的事物現象，透過探討的過程，培養創造的能力。
- (2) 理解基本的科學概念，進而培養對自然的本質，作同等綜合性的考察能力。
- (3) 啟發學習者對自然事物的現象作科學的判斷與思考，培養科學的自然觀。

第一分野課程目標

(1) 自物質與現象中發掘問題，以觀察、實驗、收集資料、推理、建立假說、驗證、發現法則，進而學習解釋自然現象的方法。

(2) 使知「物質」依其特性可分為「純物質」，「元素」與「化合物」，以及使理解質量可續存（質量不減），養成其有關對物質之巨視看法與思考。

(3) 使其瞭解，物質乃由原子、分子以及離

子所組成，以及瞭解以粒子模型以及培養其對物質之微視看法與思考力。

(4) 使瞭解自然與現象中有能量之變化，能量可被儲存，同時培養對自然現象有見解與思考之能力。

第二分野課程目標

(1) 在討論生物及其周圍的自然事物及自然現象中，能提出各種問題，能加以觀察及實驗，並收集資料、推理、形成假說，並能證實等過程中，獲得能夠發現自然界的法則，以及能解釋自然現象方法。

(2) 以生物及其周圍的自然事物現象間的相互關係為目標，使學生能解釋其機制，瞭解生物及周圍事物間的變化與能量關係，並培養能判斷自然界的綜合性與統一性的能力。

(3) 自認識廣大無邊的宇宙空間及現在情況下的自然界之事物、現象後，推想過去的情況，養成能觀察生物及其周圍的自然事物及現象與空間和時間的關係。

(4) 要深刻的瞭解生命現象，認識自然界的生物與現象間的協調，並養成尊重生命的態度，提高對自然愛護之關切心。

四、課程的範圍與組織

本課程將初中科學教材分為第一分野與第二分野。第一分野含十一單元，共有廿八章，分成上下兩冊，供三學年教學，其內容為物理與化學。第二分野含十一單元，共有卅二章，亦分成上下兩冊，其內容為生物與地球科學，供三學年教學之用。兩分野並行教學，亦可合併，混合教學。

現將教材組織列表於下：

第一學年教材組織

第一分野	第二分野
第一單元 探討物質的性質 I. 物質的量與其測定 II. 物質的體積與質量的關係	第一單元 地球和生物 I. 我們的地球 第二單元 生物的世界

Ⅲ．物質的特性 第二單元 物質的分離 Ⅰ．固體與液體的分離 Ⅱ．氣體的特性與其分離 第三單元 力的作用 Ⅰ．力 Ⅱ．力的平衡 Ⅲ．壓力與其傳達 第四單元 能量 Ⅰ．功與能 Ⅱ．熱與能量	Ⅰ．動物的世界 Ⅱ．植物的世界 Ⅲ．生物之分類與生物界之歷史 第三單元 生物的身體和細胞 Ⅰ．細胞 第四單元 地球周圍的宇宙 Ⅰ．地球、月球與太陽 Ⅱ．太陽、星球及地球之運動 Ⅲ．星球世界
---	---

第二學年教材組織

第一分野	第二分野
第五單元 物質與分子原子 Ⅰ．物質的變化與質量 Ⅱ．原子模型 Ⅲ．分子模型 第六單元 物質的三態 Ⅰ．物質的三態與其分子的狀態 Ⅱ．熱與分子的狀態 第七單元 光與透鏡 Ⅰ．光能 Ⅱ．凸透鏡 第八單元 電流 Ⅰ．電路 Ⅱ．電能 Ⅲ．電流與電子	第五單元 生物的活動 Ⅰ．細胞也是活的 Ⅱ．動物體之功用 Ⅲ．植物體之功用 Ⅳ．自然界中物質的循環 第六單元 大氣包圍的地球 Ⅰ．太陽的輻射與大氣的流動 Ⅱ．大氣中水蒸氣的變化 Ⅲ．天氣的變化 第七單元 流水作用和地層形成 Ⅰ．地表上的流水作用 Ⅱ．地層的堆積岩

第三學年教材組織

第一分野	第二分野
第九單元 物質與電 Ⅰ．離子模型 Ⅱ．離子反應 Ⅲ．物質的構造 第十單元 電流與磁場 Ⅰ．磁場	第八單元 生物的反應 Ⅰ．對刺激的反應 Ⅱ．動物的運動 Ⅲ．感覺之機制 Ⅳ．腦與神經 Ⅴ．動物的行動

II. 電磁感應

第十一單元 運動與能量

I. 運動的記錄

II. 力與運動

III. 能量的轉換

第九單元 自然界中的生物

I. 自然的結構

II. 生物間的作用

III. 自然界的平衡

第十單元 地殼的變化與地表歷史

I. 火山活動

II. 火成岩

III. 地震

IV. 地殼之變動

V. 地表之歷史

第十一單元 自然與人類生活

I. 自然界平衡與資源開發

II. 自然環境之調節與自然之保護

五、課程的概念結構

雖然本課程認為物質與能量的概念能夠代表自然科學的基本概念，而本課程的概念結構仍分為四個系統，即物質、能量、生物與地球科學。

(1) 物質的概念：本課程將物質的概念分為兩部份：一為巨視的物質概念；另一為微視的物質概念。

所謂巨視的物質概念是指物質的特性的概念。一般物質具有其特定的密度、沸點、熔點及溶解度，故可依藉此特性將物質自混合物中分離出來。其次，在物質變化的前後，其總質量保持恒定不變，即物質不滅定律。故物質氧化時，物質與氧的質量比保持一定，也就是說元素與元素結合時常具有一定的結合比例。這些都是巨視的物質概念。

所謂微視的物質概念是指物質組成的概念，即原子、分子，和離子的概念。由於分子的運動而形成三種物相，即氣體、液體和固體。而分子之運動受溫度影響。當原子失去或獲得電子時則成為離子。在溶液中能形成氫離子的物質稱為酸，能形成氫氧離子的物質則為鹼。氫離子與氫氧離子化合成水的作用稱為中和。鹼之正離子與酸之負離子結合所成之物質則稱為鹽類。

微視的物質概念也可以說是粒子概念。現代自然科學是微視的物質概念為基礎，對於解釋物質的各種觀念非常有用。就概念發展言，微視的物質概念是由長期的巨視概念累積而成的。

(2) 能量的概念：由力的概念為起始。凡能使物體變形，或使物體之運動狀況改變之作用均稱為力。通常的電力，磁力和重力均屬之。摩擦力為阻止運動之力，作用於兩物體的接觸面間。而作用力與沿力方向位移的乘積則為“功”。伸張的彈簧和高處的物體，均能作功。

能作功之物體均具有能量，而能量須由其所作之功來測定，故能量之單位與功之單位相同。

能量概念的主要部份為能量的轉變與能量不滅。壓縮的彈簧，運動的物體及高處的物體均有能量。而熱與電亦能作功故亦具有能量。而能量可以轉變，譬如內燃發電機，可由動能產生電能，而電流通過鎢絲，而產生光能與熱能。

在化學反應中，譬如氧化和電解，物質與能量均起變化，吸收或放出熱能。

由摩擦生熱，而知熱與能量有關。

由單擺的運動導入動能與位能之互換。物體的動能與位能可互相轉變，但轉變前後其能量總和保持一定。物體自高處落下時，位能減少，而動能增加，碰及地面時產生熱量或引起變形，計

算前後能量之變化，但符合能量不減之定律。

(3) 生物的基本概念：在生物的基本概念中何者為重要？依各人之觀點與立場，可能有甚多之論議，但其中之一是依物質概念和能量概念作為第一分野與第二分野之基本概念者。

在生物之學習中，「生物是什麼？」對這個問題，應該先具備有生物特有性質（物質的交替、多元性與普遍性、演化、恒定性的維持等）的基本知識。

「新科學」除重視這些生物的特有性質外，尚考慮生物所固有的且最普遍的功用——攝食（個體的維持）與繁殖（種族的延續）。以這二觀點觀察生物，所得到生物之基本概念應該是綜合物質概念和能量概念，而且還能洞悉自然界的奧秘者。

在此所謂「攝食」，不只是瞭解營養物質（有機物）的攝取方法，同時要瞭解營養有關之有機體的一切事項。換言之，食物獲得的不同方式；動植物及微生物的區別。動物的感覺運動器官及植物莖的功能等，皆需有正確的認識，更由這些認識來瞭解生物在生物圈的地位。

「攝食」對細胞本身有何意義？由此疑點開始並以觀察生物本身之功能，最後研究在一羣聚中，攝食行為與競爭、協調、食物鏈及生物量等之關係。

關於「繁殖」，亦應以類似上述之立場來研究，即以全生物共同具有之繁殖現象來觀察整個生物界。

以上所述之生物界所有之現象，就是生物歷史發展的結果。若用科學之立場來觀看生物界，則尚需要和演化密切關連之分類學作為依據。

(4) 地球科學的能量概念：地球科學的內容一直是包括地質、岩石、氣象、天文等。新的想法是綜合這些內容成為地球科學來研究，而不希望個別討論這些內容，並希望與生物學一起討論，成為一個以自然界為學習目標的學科。這就是第二部分最重要者！

地球上所有現象之起源是太陽之能量所引起

的。因地球受到不均勻的太陽能，所以自然界才有複雜的氣象現象，以圖地球的溫度均勻；另外在地球的內部也具有改變地球表面現象之能量存在，因為這些能量也可以各式各樣的壓力施於地殼上。

由此觀之，地球科學的內容應是以綜合性的地球科學的眼光來討論整個自然界的現象，它更需要觀察地球上能量之變化。

如此說來，以能量為中心的觀點來觀察自然界時，即已肯定了太陽能量的重要性，因此新的地球科學是先要學習天文。

因此測定太陽所發散的，和地球所接受的熱能是極為需要。同時還需考慮這熱能在一天中，一年間之變化，甚至於一天中氣溫之改變或一年間季節溫度之變遷等，都受到接受太陽能之多少而不同。

另外，要使學生瞭解，依地球經緯度不同所受到太陽能量也不同。此即誘起地球上大規模的空氣流動（大氣循環），而它會影響複雜的氣象現象。

至於水循環，先要使學生瞭解水蒸散時需要大量的能量，而這能量即是太陽能，在低處的水分靠太陽能蒸發，至高空即放出能量而成為雲，然後再成為水滴降至地上。降在山地的雨水經合流後，從高處往下流至低處，成為流水能量可使地形變化。由此看來，所謂流水之能量都由太陽能量所產生的。在生物學教學中，使學生確實明白地球上所有的生物生命，皆靠太陽的能量才能維持。

此外，對火山爆發、地震、地殼的變動等現象，教師應該使學生知道這些現象是地球內部所存在之能量所產生的。

六、科學方法

「新科學」課程之目標之一是……以探討的方式培養科學的態度和技能。本課程認為探討的方法可分成四類十一項，現詳列於后：

情報之收集

1. 觀察

- (a) 可用五官來觀察。
- (b) 可做定量之觀察。
- (c) 可做比較觀察，發現相似點與相異點。
- (d) 可用器具而觀察。

2. 測量

- (a) 可以任意基準來測量。
- (b) 測定量的表現法（精確度與誤差）。
- (c) 可直接測量。
- (d) 可做間接測量。

情報之處理

1. 分類

- (a) 以規定之基準做分類。
- (b) 以任意之基準做分類。

2. 圖表之製作

- (a) 能利用測定值製作條示圖 (Histogram)。
- (b) 能利用測定值製作圖表（可畫出正確的橫座標、縱座標、比例尺等）。
- (c) 能作圖表之換算。

情報之解釋

1. 圖表之解釋

- (a) 由圖表之內容可作預測。
- (b) 由圖表內容導出數學方程式。
- (c) 可以做到數字以外的解釋。

2. 照片圖 可解釋照片。

3. 預測與推理

- (a) 由觀察及測定的結果，可以預測及推理。
- (b) 由定律，假設及模型，可作預測及推理。
- (c) 可以驗證預測及推理。

4. 建立模型

- (a) 由情報之解釋以製作模型。
- (b) 使用模型於事實及理論之說明。
- (c) 可做模型之修正。

5. 形成假說

- (a) 從情報內容可製作假說。
- (b) 能用假說證明各種事實。

- (c) 可做假說的證明及修正。

其他

1. 實驗

- (a) 為要收集情報而做實驗。
- (b) 為要確定預測及推理而做實驗。
- (c) 為要驗證模型及假設而做實驗。
- (d) 可設定對照實驗。

2. 操作型定義：能實驗操作型定義。

3. 記錄及傳達。

七、探討的教學法

探討的學習方法已成為目前科學教育的主要趨勢之一。

「新科學」課程是以「把探討學習的方法給予所有學生」的中心信念為基礎而編製的。本課程認為探討的學習方法雖然學生深感興趣，但是花費時間。因此，在有限的時間內，想要使學生對所有的內容作探討性的學習是不容易的。此外，一般初中科學課程中所採用的基本概念，往往是超越學生的程度，這是由於教科書編寫者忽視了一個重要的事實，就是科學家與初學科學的學生對探討自然的方法是顯然不同的。職是之故，在自然科學的教學過程中，教師的解釋活動是極為必要的。

「新科學」課程認為進行探討學習時要注意下列事項：

確定學習目標

某種學習行為結束時，觀察學生的行為有多少改變，這在評定學習目標是否達成時是一個很重要的評鑑因素。直到現在，行為目標仍然偏重於瞭解「歐姆定律」或是否正確地認識「物質各有不同之熔點」等等之講授內容；換言之，只是把理解了，認識了，知道了，養成了等做為目標。

在上面的各目標中（理解……）在學習終了時，學生應有那些行為的改變或是否達到學習目標，都沒有明顯的表示。

相反的，能說明，能測定，能確定，能分類

等等之目標，是表示學生應有如何的行為能力，這才能明確的指出其行為目標。

在進行探討學習時，不可僅以學生能瞭解基本概念作為學習目標，而應該使學生有那些能力，且在將來能使用之能力，把這些做為行為目標，才是最重要的。

決定探討之重點及教師解釋活動之重點

在展開某一單元時，有些部分採用探討的方法極為有效，但是有些部分利用探討的方法並不理想。

探討的重點隨著科學方法而異。也許是模型的建立，也許是假說的設定及驗證。因此應該照著教學的步驟指導，才不致發生學習上的困擾，此時教師不應躊躇，並提示充分的資料以指導學生。

控制與回饋 (Control and Feedback)

一向認為好的學習方式是順利的達成預定的學習目標。因此學生學習過程中，有阻礙學習部分的，總儘量刪除，實驗和觀察也只挑選那些有明確結果的。

事實上，重視探討的學習是要安排給予學生學習上一些阻礙，並要求在阻礙發生時如何地使學生作回饋的學習及如何設法矯正；因此學習的達成包括教師的「有意控制」和學生「學習的回饋」。學生有集體的思考，這現象就是學生和學生中有互相控制和回饋的現象。

決定學習的方式和方法

教師的解釋活動不應該只有講述，教師應還要考慮器材的使用及教學計劃的安排，如何使用 OHP，應該獲得怎樣的 TP，都需多加研討。在探討過程中，也要提示有助學生思考的資料，另外教科書的如何使用，也需多加考慮。

分層討論探討學習的方法

使學生探討學習有三種類型：其一是「給予探討的問題及解決的方法和順序」等，使學生發現新的事實；另一類型是「只給予問題」使學生計劃解決問題的步驟，操作；第三種類型是「使學生自己發現問題，並能自己計劃步驟和操作」

的高階層的學習。

對於中學一年級的學生當然不能採取第三種類型的學習方法，應以第一種類型的學習方法開始，使學生能適應。雖第三種方法是終極的目標，但要求所有學生達到第三目標是很困難的，這也許可在課外活動時提出而討論。

如前述，在決定探討重點時請要多加考慮，使學生能達到某一階段的探討學習。

評鑑的方法及其具體方策

雖然達到了探討學習的目的，但所做的評鑑不可只考核知識和理解的程度。

因為目標和評鑑有表裏的關係，所以決定行為目標時，自然地研究了評鑑的方法。但使評鑑方法如何具體化，至今仍未有充分的研討，比如在學習過「細胞分裂」之後，給予其他的材料，來評鑑學生能否正確的操作顯微鏡，能否看到各個時期的細胞分裂，這就是「實作檢核」(performance test)之一。

不可把所有的學習效果都用「卷紙測驗」(paper test)來測驗，但在學習過程中，使學生把自己所做的假設寫在紙卷上，或者使學生將模型圖解於紙上，或以文字書寫在紙上等，也可做為評鑑的方法。

如上所述，應在何處實施對行為目標之適當評鑑，這也是如何推進探討學習的要素之一。

如何提示問題及使問題有效化

為使學生有疑問，並對探討產生興趣，且能持續著興趣去解決疑難，達到這目的，教師在提示問題時，應要使學生有強烈的印象。並使學生有不可思議的感覺。這是極為重要的問題。所以有時可以直接使用教科書內的問題提示，但另一方面去考慮學生的能力及設備的條件時，教師更可能會提示出更有效的問題。

八、評量方法

本課程重視學習的行為目標，並認為在進行探討學習時，不可僅以學生能瞭解基本概念作為學習目標，學生所能培養的能力亦應列入。

在每單元之指導計劃中均有行為目標，以及評量目標是否已達成之試題。

本課程認為目標與評量有表裏之關係；所以決定行為目標時，亦應籌劃評量的方法。而且評量方法應設法用「操作」來進行，譬如在學習細胞分裂之後，應給學生若干材料，來評量學生是否正確地操作顯微鏡，並且能否看到各個時期的細胞分裂。

茲將第二分野的教師手冊中，有關「生物體和細胞」這單元的行為目標及試題詳列於下：

行為目標

- (1) 能說明生物體都是細胞構成。而各種細胞中，具有某些共同的基本構造。
- (2) 能觀察細胞分裂之狀況，且能說明分裂的意義。
- (3) 能說明生物體的各部份是由不同種類的細胞所構成的。
- (4) 能說明生物體是由受精卵，經細胞分裂和細胞分化而成的。
- (5) 能觀察並說明單細胞生物的存在及其構造。
- (6) 能說明生物的遺傳現象是依賴於生殖細胞。

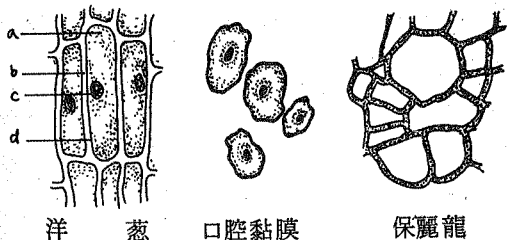
評鑑問題

1. [考查學生能否說明生物體是由細胞所構成，以及動物細胞和植物細胞的共同點和相異處。]

△在顯微鏡下觀察保麗龍切片，洋葱表皮，口腔黏膜時，有如下圖之形狀。

請回答下列問題：

- (1) 敘述保麗龍切片，洋葱表皮和口腔黏膜等各細胞之相異處。



- (2) 試述洋葱表皮細胞和口腔黏膜細胞間之異同點。

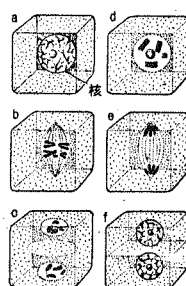
- (3) 寫出洋葱表皮細胞 a、b、c、d 等各部份的名稱。

2. [考查學生能否說明細胞分裂的連續變化及細胞模式圖。]

A 圖



B 圖



△A圖是洋葱根端細胞經染色後，在顯微鏡600倍下觀察所得。B圖是細胞分裂之模式圖，仔細觀察A B兩圖後回答下列問題。

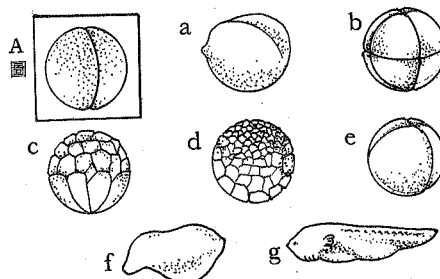
- (1) 按分裂之過程，將B圖依次序排列。
- (2) 依照B圖之次序（除f外），將A圖分成五羣。
- (3) 細胞核內的扭曲狀物是什麼名稱。

3. [考查學生能否說明在卵細胞分裂過程中，會形成特別細胞，組織，和器官等，而最後成為一個個體的事實。]

△簡單說明（五十字內）淡水中的雌魚所產的卵細胞，如何發育成為一條小魚。

4. [考查學生能否說明在卵細胞分裂過程中，會形成特別細胞，組織和器官等，而最後成為一個個體的事實。] A圖是在解剖顯微鏡下，所觀察的蛙卵，a至g圖，為連續五日觀察所得。試答下列問題。

- (1) A圖是受精卵抑是未受精卵。



(2) 連接於 A 圖的該是那圖？

(3) 按變化的次序，將 A 至 g 圖排列。

5. [評量學生有無解釋實驗結果之能力]

下表是將細胞切成兩部份，一部份含細胞核，而另一部份不含核，所得結果如下：

所檢查的細胞數目		沒有核的細胞	有核的細胞
		100	100
殘存的細胞數目	第一日	81	79
	第二日	62	78
	第三日	20	77
	第四日	0	74
	第五日		67
	第六日		65

由此結果，有人下結論：「細胞生命的延續，需要細胞核的存在。」你認為如何？試述你的意見。

6. [評量學生能否說明遺傳的機制]

將金魚店的淡水紅小魚與野生紅小魚 (P) 交配後，所生的小魚 (F₁) 都與野生紅小魚相同。再以這些紅小魚 (F₁) 自行交配後，所生的小魚 (F₂)，其性狀與野生紅小魚或金魚店的紅小魚相似。

野生紅小魚 → 野生紅小魚 → 野生紅小魚
金魚店紅小魚 → 金魚店紅小魚

△回答下列問題：

(1) 現代的特徵是靠那種細胞傳給子代？

(2) 細胞內那些部份具有遺傳的性質？

(3) 金魚店紅小魚的特徵有無傳給子代？

7. 實作檢核 (performance test)

學生觀察細胞時，教師對學生的顯微鏡之操作，切片，記錄法做評鑑。

△鏡頭之組合是否適宜。

△光圈大小是否恰當。

△焦點之位置是否正確。

△切片之作法 (染色，蓋玻片時的水量及有無氣泡。

△各部份之描繪有無說明。

九、教學單元的組織

教學單元為教學時真正使用的教學材料，通常教科書中之單元即是。

誠如教學目標所述：「本教科書以把探討學習的方法給予所有的學生」的中心信念為基礎而編寫的。本教科書的教學單元完全符合這目標，採用探討的過程來組織教學單元。

新科學課程之教學單元結構如下：

引言：以一些學生熟悉的事物，提出不易解答的問題，引起學生學習動機。

疑問：探討的學習是由「為什麼」作為起點。如果這疑問提示的方法很恰當，即能誘發學生的關心和注意。這課程的教科書中，每教學單元均以問題來引起學生的探討意念。譬如：

[問題] 生物和非生物體間有那些差別？

實驗・觀察

探討的學習重視在探討過程中要有明顯的實驗目的。本課程的科學方法中已說明實驗的目的有下列：

- a. 為收集資料而實驗
- b. 為確認構想和推論而實驗
- c. 為證驗模型和假說而實驗

因此在做實驗時，必須先瞭解實驗的目的。學生亦可使用儀器以觀察。

思考與討論

實驗與觀察所得之資料，或所提供之資料中，加以仔細考慮，解釋資料，整理數據，這些均需由學生自己進行。

本課程的教科書中，只有討論而無“結果”的解說，目的在讓學生有機會充分思考與討論。

課外讀物

本課程之教科書中列舉課外讀物，其目的是在幫助學生瞭解探討學習的歷史事實。這些課外讀物可在上學期間閱讀。藉課外讀物，使學生認識自然科學並非枯燥乏味的記憶性知識，而是隨著歷史的演進而成長的學問，提高學生對自然科學之興趣。

研究

這是為適應個別差異，而設立的學習活動。這些活動可分為下列數項：

- 有較上列學習活動更進一步的學習，而內容可能較複雜。
- 為家庭作業，讓學生能在家中進行學習活動。
- 適應個別需要的學習活動。
- 提出問題，讓學生設計解決方法，並需加以實驗與提出報告。
- 對於新儀器應需多加練習。

問題

其目的在使學生完全瞭解學習內容。故所列問題多為學習內容之應用，也有像 Open-end 之問題。

內容摘要

多採用問答式，使學生能自行整理。

習題

此項習題有下列目的：

- 測定對科學方法熟練程度。
- 基本概念之綜合。
- Open-end 之類問題。

十、結論：日本新科學課程的特色

綜上所述，日本新科學課程具有下列特色

重視科學概念

概念是現代科學課程的骨架，也是現代科學教育的預期結果。

日本新科學課程認為物質與能量的概念為科學課程的基本概念。雖然科學的內容包含有物理、化學、生物與地球科學，而且這四個學科各有其概念結構，物質與能量的概念都將四者連成一體。這種基本概念的重視為本課程的最大特色。

在第一分野中，物質的概念與能量的概念構成課程的骨幹，藉物質與能量的聯繫，物理與化學這兩門學科融成一體。一切化學變化與物理變化均可用物質與能量的轉變來解釋。在第二分野中的生物與地球科學的各種現象，亦可用物質與能

量的概念來解釋。譬如生物個體的維持賴攝食，而攝取食物的目的是在獲得物質與能量，以維持個體的生存。此外，在地球上所有的現象起源均來自太陽能量，例如地球上所有複雜的氣象，是由於地球受到不均勻的太陽能。地殼的各種運動，是由於地球內部能量所施展的壓力所致。

強調探討學習

本課程的教材是依照「把探討的學習的方法給予所有的學生」的目標而編寫，故強調探討的學習過程。

探討學習有其重要意義：

使學生認識，科學知識都是由數據的解釋而獲得的。而數據的解釋却與知識的進步而改變，因此科學概念和假設也會跟著知識的變化。

以往的科學教學，把科學當作權威性的“事實”或“教條”來處理，因此，課本只是一連串科學結論。學生學習科學的就是瞭解這些科學的事實與結論。而這些事實與結論是怎樣來的？這問題多被忽視。這種科學教學，常被學生誤解“科學是不可變的真理”。當他們從學校畢業後十年或二十年學校裏的知識已落伍，已為新知識所取代。因此他們會懷疑教師及課本的價值，進而懷疑科學本身的價值及科學家的能力。

編製科學方法

本課程採取美國科學教育研究成果，而編組出一套獨特科學方法。

美國自然科學促進會（American Association for the Advancement of Science）所編纂的小學活動過程教學（Science A Process Approach）中將科學過程技術分為基本過程與統整過程，前者包含觀察、測量、分類、傳達、應用數學、預測、推理、應用時空關係；後者包含解釋資料，操作型定義、形成假說、建立模型和實驗等。

本課程將科學方法分為下列四類：

- 情報之收集：包括觀察與測量。
- 情報之處理：包括圖表製作與分類。
- 情報之解釋：包括圖表之解釋、預測

、推理、建立模型以及形成假說。

d. 其他：包括實驗與操作型定義。

將兩者比較，很明顯的，日本新科學課程採取了AAAS之科學方法分類，並更進一步將其歸納成四類，這是一種進步的方法。

廣域課程的模式

本課程認為物理與化學，是以物質與能量為基礎的科學，故將兩門學科融合成為本課程之第一分野。由於生物與地球科學均以大自然為研究對象。故合併在第二分野。這種劃分，與傳統的科學課程有顯著的不同。一般傳統的科學課程，是細分為物理、化學、生物和地球科學等四科。

無可諱言的，這種廣域的課程模式不是最理想的。一般認為最理想的科學課程將是融合的（

unified）。但是在走向這理想的過程中，本課程提供了一個最恰當的折衷辦法。

吾人仔細剖析本課程的概念結構，可發現第一分野中，物理與化學的融合可謂十全十美，達到天衣無縫的境地；然而在第二分野中，生物的概念與地球科學的概念是各自分離，兩者實無法「合攏」。顯然的，由於本課程過份重視地球科學，使第二分野的教材失去了完整性。

主要參考資料

- 1 新科學 1972 東京株式會社 教科書及教師用書
- 2 日本文部省 中學校學習指導要領（理科部份）

（上接47頁，物理教學評量與命題設計(二)）

- (A)它的密度也應加倍
- (B)它的質量也應加倍
- (C)它的密度會減半
- (D)它的質量不應改變

(200) 11.由表一及表二看來，水的密度實驗曲綫近於

- (A)曲綫甲(B)曲綫乙(C)曲綫丙(D)方格紙上體積座標和質量座標所用的刻度數值相差一倍，不能比較。

(300) 12.把物質甲 10 立方公分放在等臂天平的左盤，可以和右盤的何種物質平衡

- (A)約 9.3 立方公分的白金(B) 200 立方公分的水(C) 10 立方公分的銀(D) 80 立方公分的軟木。

(300) 13.如果把 420 克的金屬投入汽油中，排出 40 立方公分，則該金屬為 _____，理由是 _____。

(300) 14.以下那一種方法不能測得某物質的質量？

- (A)利用不等臂天平的平衡來比較
- (B)利用物質的密度和其體積來計算
- (C)利用彈簧秤的拉長量來比較
- (D)利用水的密度和該物質的密度比來計算。

以上共 14 題分成二羣，每羣 7 題，其中屬知識之記憶（編號 100）者二題，屬理解階層者（編號 200）四題，屬應用者（編號 300）五題，屬分析者（編號 400）一題，若為考慮各題之配分比例，可令知識之記憶每題答對得 4 分；理解題每題得 7 分；應用題每題得 8 分，分析題每題得 10 分，總共全對可得 100 分。不過配分比例完全是人為的，也是相對的，將非本文討論之重點。本文將着重討論如何利用這些題目來診斷學生的學習、甄別學生的成就，並藉以誘導教學之改進和學習困難之發現與輔導，以及提供聯考命題者如何有效改進其命題設計之方法與資料。有關各命題之設計說明與實測後之檢討將留待下期進一步討論。

參考資料

- 1 國民中學物理教師手冊 第一冊 國立編譯館主編 台灣書店
- 2 學習成就評量手冊 第一冊 教育部國教司主編 國立師大科教中心
- 3 新法考試與思考推理能力的衡鑑 楊國樞測驗年刊第二十一期
- 4 The principle of Objectives Testing. in Physic J.G Houston Heinemann Educational Books.