

探討「自然與生活科技」的教學設計 - 以天燈為例

國立台東大學 美術產業學系講師

施能木

壹、前言

教育部宣布於九十學年度實施國民中小學九年一貫制新課程，課程是從個體發展、社會文與自然環境三個面向，提出七大學習領域，即是：語文、健康與體育、社會、藝術與人文、數學、自然與生活科技、綜合活動（教育部，民87）。此次教育改革是將現行課程中的「學習科目」都以「學習領域」的方式來替代，而學習領域的實施是以統整、合科教學為原則，換句話說，教師必須具備統合兩種以上教學的能力，方能勝任未來國教九年一貫課程的教學。

對國小教師而言，上述七大學習領域中的「自然與生活科技」，它是結合國小原有的「自然」學科，並加入「生活科技」的新學科，而整合成新的學習領域。或許現今國小教師對生活科技的教學仍屬陌生，因為它是一全新的教學領域，但「科技」在歐美國家的小學已經行之有年，而在此課程的重新檢討中，能將「生活科技」由現行國中的「生活科技」課程延深至小學階段，實為我國國民教育的一大進步之處。

然而，卻有學者對於「自然與科技」這樣的學習領域名稱有著不同的意見，他們認為科技是指科學的應用，「自然」的學習原就包含學問與應用，實不必特別提出「科技」一詞（任潔芳，民87），此種說法係對「科技」定義的認知不清所產生的誤解。其實，科技是「善用各種材料、機具、資源、知識和創意等，以有效解決人類實務問題，改善人與環境間的關係」的學門（施能木，民88）。換句話說，科技應是人們運用既得的知識，妥善的評估所使用的材料、機具、資源及創意，決定出最適當的方案，以解決所面臨的實務問題。在瞭解科技的意涵之後，本文將以「天燈的製作」為教學內容，以「科技教育者」的觀點，探討「自然與生活科技」教學活動的設計與實施。

貳、教材的分析

澳洲的「科技」學習領域中，係以「設計、製作與評估（即DMA）」、「資

訊」、「系統」等三個系絡來談科技的本質，其中「設計、製作與評估」教學的設計主要源自人們在工作世界中處理事物的方法與態度，即人們處理每項工作時，都會進行相關因素的分析與評估，然而決定出製作的方案以完成工作，最後再評估方案的優缺以作改進之參考。此種方式讓學習者於教學過程中養成工作世界中應有且正確的方法與態度，實值得我們加以效仿。因此，在以天燈製作為主題的教學中，我們必須進一步的分析「天燈」教學相關因素，以便切確的掌握教學每個關鍵步驟。

以天燈為主題的「自然與生活科技」教學，其所涉及的學科領域包含「科技」、「科學」兩個部份，因此教材的分析可以就這兩部份進行：

一、天燈製作的考量因素：

天燈的製作看似非常簡單，而實際而言，只要疏忽任何一個環節因素，都會導致天燈無法順利昇空。我們將根據天燈過程中先後的步驟去思考與分析其主要的注意事項，而天燈製作的四個重要因素如后所敘：

1.天燈造形的考量

除了材料選用的考量外，天燈的造形也需加以考量，因為不同造形的天燈其容積亦會有所不同。此時，學生必須考量何種造形會使其容積成為最大，他們可以透過數學的計算、實作與測試等方式來找出最大容積的天燈造形。

2.天燈材料的選用

我們大概都會知道天燈是以紙為主體，然而紙材的種類卻是非常繁多，並非每種紙材都可以作出成功的天燈。因此，單位紙質的重量、紙張的特性等因素是我們在選定紙材時必須謹慎考量。換句話說，在教學活動的過程中，我們必須提供學生有測試紙質的活動，以使他們能夠評選出最合適的紙材。

除了紙材的選用之外，一些相關的材料也必須一併加以考量，例如：黏貼材料、底部平衡的材料等，因為這些材料也會影響天燈製作的成功與否，所以也需讓學生有思考、測試這些材料的機會。

3.製作流程的最化佳

假若沒有仔細地去思考天燈的製作流程時，通常會使一個天燈的製作花費相當多時間且很沒有效率，同時也讓學生遭遇諸多挫折之處，使得預

定的學習成效大打折扣，因此在開始製作天燈之前，必須讓學生有機會去思考各個製作步驟與相關的細節，以規劃出一個可行且具效率的製作流程，以使整個製作過程時間得以精簡。

4.天燈施放的注意事項

在天燈製作完畢之後，接著必須考量施放的注意事項，因為這個部份看似非常簡單，但其也是檢驗天燈製作的成功與否的重要步驟，雖有一些論著敘述著天燈施放的方法與注意事項，假若依其敘述的步驟來施放天燈時，常會有意想不到失敗的事件發生，此時，我們必須讓學生有機會去檢討這些方法的缺失，再去尋求適當解決問題的方法，然後讓他們整理與歸納施放方法與注意事項，以便找出適當的結論。

二、天燈昇空原理的分析

天燈經過材料選用、規劃流程、實際製作與施放等過程後，雖然可讓學生獲得完整的科技知識與技能，但學生可能對天燈為何昇空？那些因素是影響順利昇空的科學原理？這些都是學生想知道的科學原理，因此有關天燈昇空原理，我們可探討出下列所敘的因素：

1.天燈昇空浮力的產生

天燈能夠昇空是個值得探討的問題？因為它涉及諸多的科學原理，如此可讓學生學得實務與理論結合的統整性知識。天燈能夠昇空主要是由於浮力的產生，當其所受的浮力大過其整體重量時便可順利昇空，而浮力的產生係由於天燈內空氣受熱後會使其密度變小，因密度差而產生浮力。因此，在探討天燈昇空的原理時，我們會談及空氣受熱膨脹（密度變小）的原因，以及浮力產生的相關原理。

2.計算天燈昇空的影響因素

天燈能否順利昇空與天燈重量、浮力兩項要素有著極重要的關係，換句話說，當天燈所受浮力大過天燈重量時即可昇空。天燈重量等於紙材的重量與天燈底部平衡機置的重量的總和，這部份是可以藉由實際稱重而得到結果，並且可將其記錄下來。然而，浮力的大小與天燈體積、熱源的供應（密度差）同樣有著極密切的關係，即浮力為天燈體積與受熱後密度差的乘積。換句話說，當天燈體積愈大時，其所受的浮力愈大；當熱源使天燈內空氣受熱愈多，則其與燈外空氣的密度差愈大時，其所受的浮力亦愈

大，同樣，此浮力可透過數學公式來計算出其大小。

經過上述教材的分析，我們大概可將「天燈」的相關主題作一適切的釐清，以便建構出整個教學活動的進行，即是以科技活動為主軸，藉學生有機會去瞭解天燈製作過程中每個重要因素的關鍵知識與技能，然後再以科學原理探討活動去探究其所以然的原因，因此可讓學生獲得完整的統整知識與技能。

參、教學的搜集與彙整

在進行教學的規劃時，為使教學活動內容充實且具可行性，我們必須從期刊論著、網路資源等多方面去蒐尋天燈相關的資料。期刊的資料大概有三篇：即劉得劭（民 84）所著的〈從傳統天燈工藝延伸至美勞教學之例〉、劉貴賢（民 85）所著的〈天燈教學活動設計〉、施能木（民 87）所著的〈從 STS 教學途徑來教導美勞活動 - 以天燈為例〉；而提供有關天燈資料的全球資訊網站可說是不少，我們可利用搜尋網站（Search engine site）來快速找到相關資料。藉由這些資料的搜集與彙整之後，我們可獲得下列有關天燈的相關教材：

一、天燈造形選定的評估

因熱空氣而升空的天燈，其上升時除受風力因素之影響外，天燈本身的造形亦是能否平穩升空的重要條件。因此，我們可進行燈體造形的評估測試，以決定天燈升空的最佳造形為何？我們可以用下敘步驟來進行尋求適當的天燈造形：

- 1.將學生區分為五或六人為一組，並且要求每個人以四張半的全開單光紙（或薄宣紙）為材料；
- 2.要求每人製作出不同造紙的天燈燈體（例如：正方體、梯形體等）；
- 3.於無風的狀況下，將瓦斯噴燈置於燈體的正下方，然後點燃噴燈以產生熱空氣；
- 4.當燈體內熱空氣達飽和狀況時，即鬆手並且觀察燈體是否平穩且垂直的升空？還是左右搖晃且傾斜而無法升空？；
- 5.請解釋燈體無法平衡升空的原因，並重複找出解決方案及作測試，一直到解決問題為止；
- 6.請將解決問題的歷程紀錄成書面資料，同時針對所得結果作分析。

經由上述燈體造形的測試過程，我們可發現：燈體是上寬下窄的造形且

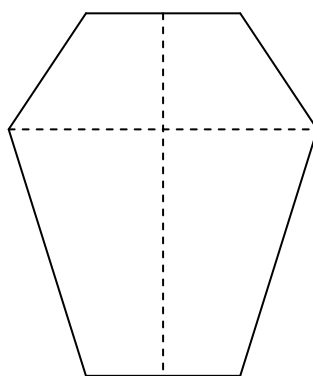
下端置有均衡重物者，其較容易昇空。其結果的分析可藉由觀察天燈、熱氣球的造形而得知，通常它們的最寬部份皆在其頂端且呈現球體形狀，這是為使其上端能夠有較多體積，來容納熱空氣以增加浮力；而其下端均放置具有重量的人或物（例如：加熱工具），加熱工具置於最下端的作用，除了使燈體內的空氣完全加熱之外，還有一個很重要的因素，就是藉著加熱工具的重量來保持天燈垂直上升時的平衡度，讓它不致於像放鬆的氣球一樣在空中翻滾。為何要使天燈保持平穩呢？主要有以下兩個考量因素：1.使天燈內的熱空氣不致散失、2.安全因素的考量。

二、天燈材料選用的評估

1.紙質材料選用的評估

我們都知道天燈的燈體其主要材料是「紙」，然而用何種紙質可使天燈順利昇空？這必須作紙質材料的評估試測工作，其實施的步驟如后：

- (1)將學生區分為五或六人為一組，並指定各組選用綿紙、薄宣紙、麻將紙、牛皮紙、單光紙或其他紙質等材質中的一種為材料，以四張半的全開紙



張來製作類似鑽石形的燈體（如圖一所示）；

圖一

- (2)經全體同學充分討論以決定所要評估的項目，並作為選用何種紙質優先順序的參考；
- (3)再將瓦斯噴燈置於燈體正下方，然後點燃噴燈以產生熱空氣；
- (4)請觀察該燈體是否有升空的現象？何種紙質的燈體其升空情形較明顯？
- (5)經過上述(1)至(4)的步驟後，請將所得結果加以記錄與分析，並且說明其優缺處，以作為選擇紙質的參考依據。

經由上述燈體材料的測試過程，我們可發現：要使天燈符合「升空之機能要求」，天燈的重量是一個重要的考量因素，製作時必須使其天燈重量（即其所受重力）小於其所受的浮力，因此材料的選擇必須以「質量輕」為考量因素，因此棉紙、薄宣紙、單光紙皆是合適的材料來源；但再考量空氣的散失情形，棉紙、薄宣紙因紙質較粗糙且薄，在製作的過程中易產破洞而使空氣散失嚴重，因此，單光紙便成為最佳的材料來源。當然，除了紙質的材料之外，我們仍可思索其他不同的材料，然而其評估的方法亦可與上述的方法相同。

2. 其他材料選用的評估

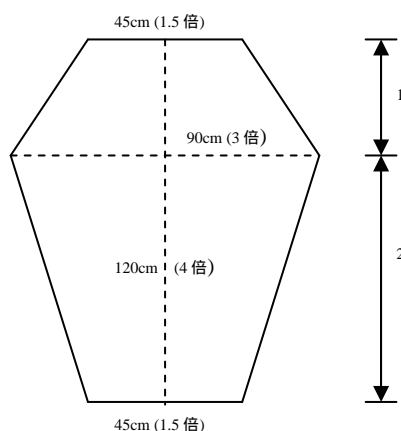
為使天燈能夠平穩的昇空，其底端開口的設計便是相當重要，因此在選擇材料時必須同時考量到「質輕」、「易施工」的特性。然而，竹材在削薄之後，仍具有相當的韌性與彈性，且在其加熱及施力加壓後，易使其彎曲為半圓形而具備有「易施工」的特性，同時其也符合「質重輕」的要求。當竹材與其他材料作比較，更易突顯其較優的特性，因此天燈開口的設計便以竹材為主。為固定該竹箴成為圓形，便以鐵絲來當支架進行支撐工作，但鐵絲有質量較重的特性，因此選用時必須考其適當的線徑數（18號較為適當），以免造成天燈總重量過重而無法升高的現象。當天燈材料選定之後，黏貼材料的選定便是相當重要，我們可用腦力激盪的方法列出可用的黏貼材料，然後類似上述 1. 中的評估方法選出最佳的黏貼材料，通常我們會評選出「漿糊」做為天燈的黏貼材料。

三、天燈的製作程序

我們可將天燈製作視為一種物品的製造程序。換句話說，「製造程序」除了考量工具、資源的選用評估外，亦需妥善規劃整個物品生產的流程，以節省所需的人力、物力與時間。筆者曾經嘗試讓師院學生自由的黏貼天燈的燈體，並且與先讓學生思考整個黏貼程序後找最佳的方法作對照比較，結果發現前者所花費的時間卻是後者的二至四倍之久。雖然，嘗試錯誤亦學習過程的一種方法，然而教師卻必須懂得正確的天燈製作過程，以便在學生嘗試各種製作方法與步驟後，可給與學生經由共同討論、歸納的過程，以整理出較佳的天燈製作步驟，使他們有著較清楚的概念與技能。為提供教師於教學時的參考，筆者將經多次嘗試與修正的天燈製作步驟敘述如后（施能木，民

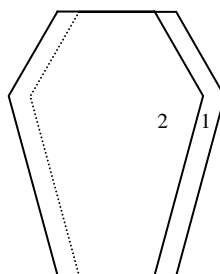
87):

- 1.先將四張矩形單光紙（或棉紙、薄宣紙）按照圖三所示的尺寸（或按原比例縮小尺寸）來畫線，並用美工刀切裁成圖三的形狀。



圖三

- 2.將兩張切裁好的單光紙 1、2 以不攤開且平行錯開的形式，預留 1.5 - 2.0 公分的間隔（如圖四所示），並於單光紙 1 的間隔上均勻塗上漿糊，並順

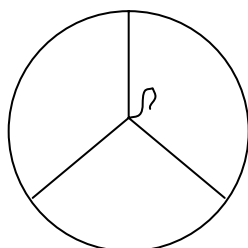


勢黏合於單光紙 2 上。

圖四

- 3.把單光紙 2 未黏合的另一邊向右對折，並將單光紙 3 置於單光紙 2 之上，並且以步驟 2 的相同方式來黏合單光紙 2 與單光紙 3。
- 4.重複步驟 3 的操作，將單光紙 3 與單光紙 4 黏合起來。
- 5.然後，將整個未完成黏貼的燈體上下翻面，再將單光紙 1 與單光紙 4 未黏合的兩邊，以步驟 2 的相同方式黏合起來。
- 6.將 47 公分×47 公分的單光紙依對角對折、對邊對折的方式折出「米」字形的折線，再將此張紙對折置於燈體頂端的上下兩邊，塗上漿糊以黏貼此兩邊，更換黏貼面以黏貼另兩邊。

- 7.於天燈外表四面繪製圖案，或書寫文字，但須注意水份不要太多以免造成天燈破裂。
- 8.將竹條削薄、加熱彎曲以作成與天燈底端開口大小的圓形（其圓周長為 $45 \times 4 = 180$ ，即天燈四個底邊長的總和），並且以膠帶固定之。然後，將圖周三等分，以鐵絲固定於竹篾內（如圖五所示）。



圖五

- 9.讓天燈底端開朝下並將竹篾置於天燈內部，在底端 4 公分部份塗上漿糊反折包住竹篾，如此完成天燈的製作工作。

四、天燈的施放

劉得劭（民 84）在「從傳統天燈工藝延伸至美勞教學之例」一文中曾說明天燈的施放步驟及注意事項，其內容敘述如后：

1.天燈的施放

- (1)將燃燒用金紙浸泡於煤油至飽和狀態。
- (2)兩人將天燈燈體撐開，由另一人將 12 張金紙插置於竹篾中央的鐵絲內，然後用火點燃金紙之四角。
- (3)燃料點燃後，將天燈底部移置地面，待天燈充氣至飽滿且有上升之感覺時即可鬆手以使天燈升空。

根據筆者實際天燈施放的經驗，為避免金紙燃燒時火焰過大而將天燈燒掉，我們可將金紙浸泡煤油後可將其對摺，然後再捲成「圓柱」（類似蛋捲的形狀），最後用鐵絲纏繞及綁住，點燃圓柱金紙的底部，如此可使火焰適中且燃燒均勻，如此天燈便可順利昇空。

2.注意事項

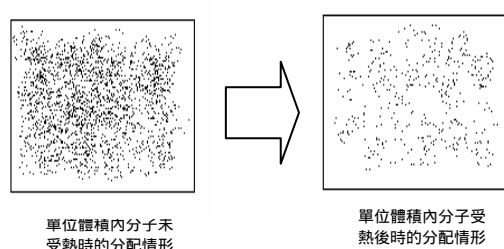
- (1)應在空曠且附近上空沒有電纜線等物的地方。
- (2)風力太大以及下雨時請避免施放，以避免升高時會產生失敗的現象。
- (3)應有教師或大人在場指導，勿使小孩單獨操作，同時準備滅火設備或裝有水的水桶。

五、天燈升空的原理

天燈的製作其原理與熱氣球相同，都是利用空氣受熱膨脹上升，而將其燈體帶動升空，為何會造成這種現象的產生呢？我們現在就探討其升空的科學原理：

1. 空氣為何受熱會膨脹？

「熱」就是氣體分子運動時所需具有的「能」，當分子運動要愈快時，其所需要的「能」就必須愈多。換句話說，當我們把一種氣體加熱時，它裡面的分子會因吸收較多的能，而使得彼此間的運動愈快，因此分子間的



距離就會愈來愈大，相對地氣體的體積就會愈來愈大，而產生所謂「膨脹」的現象。

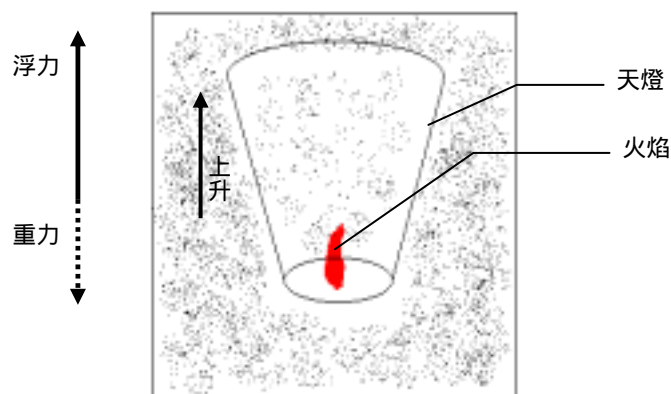
圖六

因此，同單位體積的空氣在受熱後，其密度會變小（如圖六說明）。

2. 熱空氣是如何將天燈升空呢？

天燈能夠升空其所應用到的科學原理是利用「阿基米德原理」。它的原理說明如后：當某種物體浸在某液體中時，其密度大於液體密度時會下沉，而其密度小於液體密度會上浮。同時，物體的重量會比浸入前為輕，而它減輕的重量就等於該物體所排開的液體重，此便是其所受的「浮力」。

天燈內熱空氣的密度比外面冷空氣的密度小，因此根據阿基米德原理的應用，它會獲得一「浮力」作為其上升的動力，當此浮力大於天燈燈體的重力時，其便可順利升空（如圖七）。當天燈持續升空時，高空的溫度較低，使得高空的空氣密度會變大，假若天燈仍有熱源的支持，則天燈所受浮力會變大，而讓天燈加快升空的速度。



圖七 天燈內外空氣分子數的比較

(冷空氣較重，所以不會進入天燈內)

3.究竟需要多大的浮力，才能使天燈升空呢？

一般來說，一公升空氣在攝氏 27 度時的重量為 1.2077 公克，但加熱到攝氏 80 度時的重量卻是 1.05 公克（洪惠蓀，民 70）。我們以一個容積為 1000 公升的天燈為例，其內部全是每公升重 1.2077 公克的室溫下空氣，此時空氣的總重量為：

$$1.2077 \times 1000 = 1207.7 \text{ 公克} \quad (\text{A)式}$$

當我們將天燈內的空氣加熱至攝氏 80 度時，則此時的空氣總重量為：

$$1.05 \times 1000 = 1050 \text{ 公克} \quad (\text{B)式}$$

由(A)、(B)兩式的差可知空氣所產生的浮力為 157.7 公克，因此只要製作天燈的材料其總重量小於 157.7 公克，就可使天燈順利昇空。

換句話說，我們可以利用上述的「數學運算」程序，精準地計算出天燈的容積與其重量的大小，並比較出其浮力與重力的關係，以作為預估天燈能否升空的重要依據。當然，當天燈容積愈大時，其所產生的浮力就會愈大，如此天燈就會更容易升空。

肆、教學策略的運用

教學策略是教學活動進行的方針，教師可依其教學理念選用合適的教學策略，以使其教學活動得以順利進行，並且達成既定的教學目標，所以教學策略的選用會關係到教學成效。我們將進一步談及一些教學策略以供應用，其內容如后所述：

一、科技教育的教學策略

由於科技本身就是善用各種材料、機具、資源、知識和創意等以解決人類實務問題的學門 (discipline) (李隆盛, 民 86), 因此, 科技教育的主要任務在充實學生的科技素養, 以解決現在和未來的各種實務問題, 所以問題解決乃成為科技和科技教育的目的與內容 (intent and content)。為強化學生創造思考的能力和知識、技能、態度三者的均衡發展, 實有必要將強調「從做中學」的概念改為強調「以思考為核心的從做中學」(learning by doing with thinking in core) 的概念 (李隆盛, 民 75)。因此, 我們在設計科技教學活動時必須注意下列事項: 1. 著重學生的參與經驗 (participatory experience), 2. 力求機具簡單、材料儉省, 3. 鼓勵學生創造思考 (李隆盛, 民 83)。總之, 科技教育課程是要充實學生日常生活所需的科技素養, 能善用知識、創意、機具和材料等資源, 探索科技及科技所衍生的問題, 以因應科技社會生活上的需要, 因此在教學上強調採取問題解決的教學策略, 並重視科際整合 (interdiscipline) 的縱橫連繫。

Kemp 與 Schwaller (1988) 認為科技教育的教學途徑 (approach) 與展示系統 (delivery system) 間有著非常密切的關係 (如表一所示), 在表的左側是教學途徑, 而上端則是展示系統。當科技教師在決定教學策略時, 他必須選擇表中的一個或多個方格, 例如: 教學途徑是概念學習, 其展示系統可是「正式的講述與示範」, 但也可以是其他的展示系統的結合使用。至於教師如何正確地選擇展示系統, 端視科技的型態、目標、概念、可運用設備、及學生的學習層次等因素而定。

表一：科技教學策略的選擇表

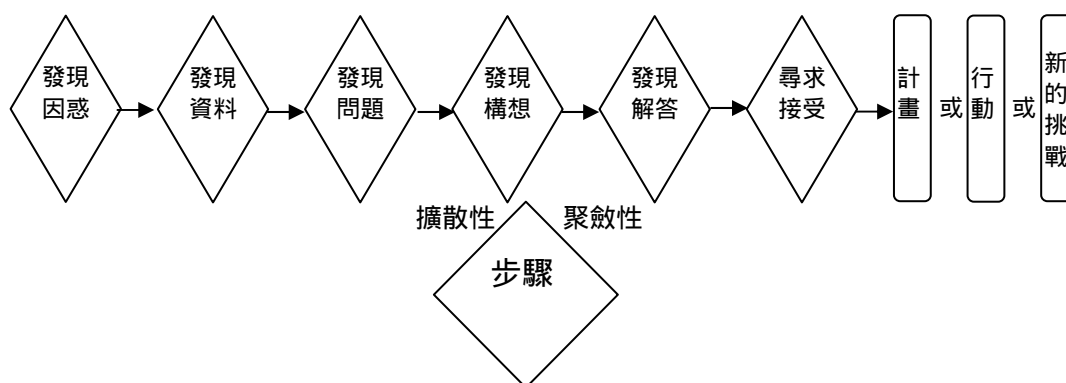
展示系統 教學途徑	正式的講 述與示範	合作團體的 互動技術	發現、探究與 實驗	遊戲與模擬
概念學習途徑				
科際整合途徑				
社會文化途徑				
解決問題途徑				
科技系統整合途徑				
工業詮釋途徑				

就科技教學而言, 教師應了解各種教學策略的經營與運用, 而對解決問題策略的運作更熟悉明瞭, 而在教學上應結合數學、自然科學、社會科學所

學的知能，教材避免分項分目的單獨使用，並且相關的圖書館教學媒體應多充實，使評量呈現多樣化，達到教學評量的真正目的。

二、創造性解決問題的教學策略

創造性思考是指個人能夠產生對本身具有價值的新構想和新領悟的思考。雖然同樣的構想已經被其他人想過，或者這些構想並不被認為有價值，但是只要人們能夠想得出來，而且也能滿足他們的需要與欲望，這樣仍然是具有創造性的（呂勝瑛、翁淑緣，民 80）。有關創造性思考的界定，依基爾福（J. P. Guilford, 1977）的智力結構模式而論，主要涵蓋：運作（心智的功能，包括認知、記憶、評價、聚斂性思考及擴散性思考）、內容（心智運作的材料，包括圖形、符號、語意、行為）及產品（資料處理的結果，包括單位、類別、關係、系統、轉換、應用）為智力結構的三個分析向度（王振德，民 86；毛連塏，民 86；郭有遙，民 83）。而帕尼斯（S. J. Parnes, 1967）針對創造性思考亦提出創造性問題解決模式（creative problem solving）（如圖八所示）。



圖八：創造性問題解決模式（引自陳龍安，民 87，67 頁）

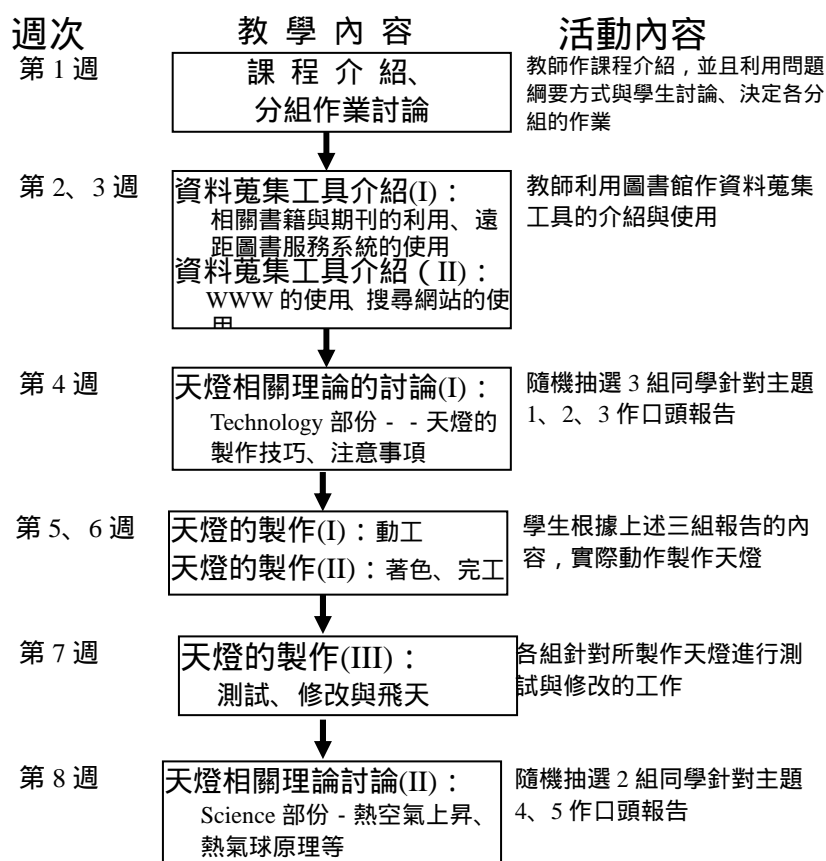
由圖八可以瞭解創造性問題解決的過程中的五個步驟，圖中的菱形表示每個步驟中嘗試用不同的處理方式時，再產生擴散性思考（divergent thinking）和聚斂性的思考（convergent thinking）。奧斯朋（A. F. Osborn, 1963）亦提出腦力激盪術（brain storming）強調利用集體思考的方式，使思想互激盪，發生連鎖反應，以引導出創造性的思考（陳龍安，民 87）。依小組成員對事物所提出的廣泛構想，再評估其合理性與可行性，以決定其是否暫時保留、修改、放棄或決定採用。

伍、教學規劃與評量方式

一、教學規劃

科技是「善用各種材料、機具、資源、知識和創意等，以有效解決人類實務問題，改善人與環境間的關係」的學門，而科技教育是在學校提供一個學習科技的認知、程序、應用及態度的學程，讓學生從實做導向的教學活動中培養所需的科技素養及問題解決的能力，進而了解科技對人、社會、文化的影響層面。因此，我們在設計科技教學活動時，必須考量到科技教育「做中學」、「問題解決」的特性。然而，因應國教九年一貫課程的改革，科技與自然科學統整成「自然與生活科技」的學習領域，因此在設計教學活動方案時必須自然科學與科技合科教學的方式，如此的教學活動方能提供學生一個完整且整合的知識。

根據上述科技教學活動的設計理念，以及先前所作的教材分析、教材蒐集與彙整、教學策略的選用等部份後，我們接著可進行各個教學單元實施順序的安排與規劃。大致而言，我們可以獲得如圖九的教學活動實施流程圖，如此可使用整體教學活動的輪廓得以明確及完整。



圖九 天燈教學活動實施流程圖

二、評量方式

教育部（民 87）所公佈的「國民教育階段九年一貫課程總綱綱要」中曾論及評量方式應採取多元化方式實施，兼重形成性和總結性的評量。然而，以往傳統的學習評量大都採用標準化紙筆式測驗或教師自編的課堂測驗，但為因應九年一貫課程的改革，評量方式實有必要趨於注意彈性的、變通的、多元化的評量（簡茂發，民 88），而「實作評量（Performance Assessment）」、「卷宗評量（Portfolio Assessment）」正符合上述評量方式的要求。

實作評量是根據建構主義所發展的評量方式，其主要概念起源於情境認知（situated cognition）理論和認知學徒制的學習理念，而評量的方法可包含紙筆作業、問卷、檢核表、報告、教師觀察、晤談、問答討論、實際操作、演示、問題解決和群體合作計畫等等（蘇義翔，民 87）。同樣地，實作評量除著重於將所學所知表現在具體的成果以及應用過程上之外，它也著重高層次能力，如思考、分析、組合、判斷，表達能力的啟發，以及思考過程和邏輯推演的程序的考量。實作評量正可符合科技教學的特性，以評量出學生真正的學習成效。

目前國內對於「Portfolio Assessment」還沒有統一的譯詞，但一些學者們（吳清山、林天祐，民 86；吳毓瑩，民 87；鄭麗玉，民 87）較常以「卷宗評量」表示之，但也有學者們（張振成，民 86；簡茂發，民 88）以「檔案評量」表示之。卷宗評量係指學生經由教師的指導，以有系統的方式來收集作品，並將其置於資料夾內，最後再由教師根據一些標準予以評量，以了解學生的學習過程與狀況（吳清山、林天祐，民 86）。陳啟明（民 88）認為：卷宗評量的最大特點之一便是「重視過程學習和學生參與的評量方式」，而此特點也正是目前的傳統評量所欠缺的，因此往後傳統評量應可朝向此方向來加以改進、發展。然而，卷宗評量必須配合評量要點（Rubric）的方式來進行評量，如此可使評量更趨於完善。

基於以上所論述的論點，我們將配合實作評量、卷宗評量的理念設計相關的教學單（如附錄所示），並且於教學之初跟學生們討論相關的內容，以決定出最適切的學習與評量方式，如此可真實地評量出學生的學習成效，使教學活動能夠完整地呈現與實施，同時設計的過程皆能切合九年一貫課程各項設計的要義。

陸、結語

自然與科技可說是一體的兩面且相互衍生，假若僅教導學生自然的知識與技能，如此似乎缺乏與實際生活經驗相關連的驗證機會；但僅教導學生科技的知識與技能，似乎會產生「知其然，而不知所以然」的現象。因此，唯有藉由合科、統整的方式教導「自然與生活科技」的知識與技能，讓學生透過實際的探索與操作活動，獲得日常生活解決問題的能力，並且能清楚的瞭解其科學原理與科技程序。總之，「自然與生活科技」的合科教學可讓學童獲得整合性知識與技能，且教學內容能與其生活經驗相結合，以培養其問題解決的能力，使得學生在未來的科技社會中，不僅是科技的使用者外，亦能成為科技問題的解決專家。所以，本文乃在提供中小學教師一個落實「自然與生活科技」教學設計的範例，讓中小學教師能有例可依循且能設計更多的教學活動方案，以使得「自然與生活科技」教學得以落實。

參考書目

- 陳啟明(民 88)：另類的教學評量--「卷宗評量」。教育實習輔導，5(1)，78-84。
- 吳毓瑩(民 87)：我看、我畫、我說、我演、我想、我是誰呀？ - 卷宗評量之概念、理論、與應用。教育資料與研究，20，13-17。
- 吳清山、林天祐(民 86)：卷宗評量。教育資料與研究，15，19。
- 鄭麗玉(民 87)：教學評量的改革。教師之友，40(1)，23-33。
- 蘇義翔(民 87)：實作評量的理論與啟示。測驗與輔導，149，3099-3102。
- 張振成(民 86)：教學評量的新趨勢：實作評量與檔案評量。中等教育，48(6)，90-94。
- 簡茂發(民 88)：多元化評量之理念與方法。教師天地，99，11-17。
- 教育部(民 87)：國民教育階段九年一貫課程總綱要。台北市，教育部。
- 劉得劭(民 84)：從傳統天燈工藝延伸至美勞教學之例。國民教育，35(5/6)，44-49。
- 任潔芳(民 88)：生活何處無素材？。康軒教育雜誌，35，8-13。
- 施能木(民 88)：淺談九年一貫課程中「自然與科技」教學的落實。國教之聲，32(3)，40-46。
- 施能木(民 87)：以 STS 教學途徑來教導美勞教學活動 - 以天燈製作為例。國教輔導，37(6)，10-14。

- 劉貴賢(民 85)：天燈教學活動設計。中學工藝教育，29(3)，30-33。
- 李隆盛(民 75)：我國國中階段工藝課程發展之探討。中學工藝教育，19(5)，2-10。
- 李隆盛(民 83)：“Technology”的中文名字是「科技」。中學工藝教育月刊，27(1)，1。
- 李隆盛(民 86)：用空與落實 - 設計與實作並重。中學工藝教育，36(6)，1。
- 呂勝瑛、翁淑緣(民 80)：創造與人生。台北市：遠流。
- 郭有適(民 83)：創造性的問題解決法。台北市：心理。
- 王振德(民 86)：創造力三面模式評介 - 兼論創造力的本質與研究取向。資優教育，64，1-5。
- 陳龍安(民 87)：創造思考教學的理論與實際。台北市：心理。
- 洪惠蓀(民 70)：航空模型製作圖解。台北市：五洲。
- Kemps, W. H. & Schwaller, A. E. (1988). Instructional strategies for technology education. CA : Council on Technology Teacher Education.

附錄 - 學習卷宗的範例

自然與生活科技的學習卷宗

天燈的研究



班級：

姓名：

目 錄

編號	內 容	頁碼

學習單 1：確認學習主題

一、確認學習的內容

1.我所要完成的老師指定作業是什麼內容？

2.完成老師指定的作業，我可利用的那些資源且其限制又是什麼？

(1)時間：

(2)材料：

(3)評量標準：

二、資料的蒐集與分析

1.我所蒐集到有關天燈的資料有那些？

編號	資料項目（名稱）	選取原因	資料類型

2.我還可以蒐集到其他有關天燈的模型或報導資訊？

3.我還需要蒐集其他的資料嗎？ 不需要 需要

如果需要的話，會是那方面的資料呢？

三、在這個單元中，我學到那些知識與技能？它對我後續學習是否有幫助？

學習單 2：天燈造形的評估測試

一、燈體造形的測試

天燈燈體能夠順利昇空，其牽涉的因素相當廣泛，造形是一個重要的因素，請以單光紙（或薄宣紙）為材料進行下列測試：

- 1.請各以四張半的全開紙紙，製作出五種不同造形的紙袋；
- 2.再將瓦斯噴燈置於紙袋正下方，然後點燃噴燈以產生熱氣；
- 3.請觀察該紙袋是否有升空的現象？何種造形的紙袋其升空情形較明顯？
- 4.經過上述 1、2、3 的步驟後，請將所得結果記錄於表一內。

表一：天燈紙質測試結果的評估表

造形	升空的狀況	比序

註：比序係指紙袋升空明顯程度，1 代表最佳，而 5 代表最差。

- 5.你能否說出升空較明顯紙袋的特徵？請將你的結果記錄在下面空白處：

二、燈體平衡問題的解決

- 1.當我們在作一的測試時，在燈體內熱空氣達飽和狀況時，就立即鬆手並觀察燈體是否平穩且垂直的升空？還是左右搖晃且傾斜而無法升空？請說明你的觀察：
- 2.請與組內同學討論紙袋無法平衡升空的原因，並且寫下你們討論出的原因：

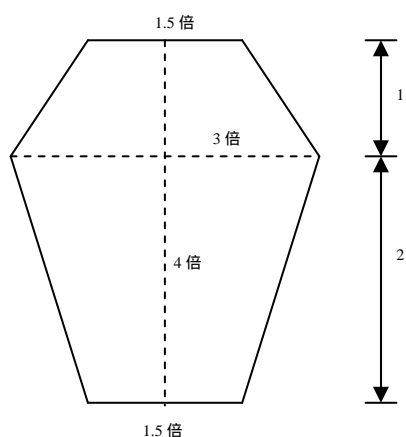
找出解決方法及重覆作測試一直到解決問題為止。請寫下你們最後所用的方法：

三、在這個單元中，我學到那些知識與技能？我能否清楚地應用它們？

學習單 3：天燈紙材的評估測試

一、紙測的測試

我們都知道天燈的燈體其主要材料是「紙」，然而用何種紙質可使天燈順利



昇空？這必須作紙質材料的評估試測工作，其實施的步驟如后：

- 1.請小組中每位同學個別挑選綿紙、薄宣紙、麻將紙、牛皮紙、單光紙或其他紙質等材質中的一種為材料，以四張半的全開紙張來製作鑽石形的紙袋(如圖所示)；
- 2.經全體同學充分討論以決定所要評估的項目，並作為選用何種紙質優先順序的參考(依序填入表內)；
- 3.再將瓦斯噴燈置於紙袋正下方，然後點燃噴燈以產生熱空氣；
- 4.請觀察該燈體是否有升空的現象？何種紙質的紙袋其升空情形較明顯？
- 5.經過上述 1、2、3、4 的步驟後，請將所得結果記錄於表內。

表一：天燈紙質測試結果的評估表

評估標準 與結果	評 估 標 準					升空狀況	紙袋重量	比序
	1.	2.	3.	4.	5.			
材料								

註：比序係指紙袋升空明顯程度，1 代表最佳，而 5 代表最差。

6.請你找出可以升空的紙袋，並寫下紙材的名稱：

7.你能否找出這些可升空紙袋的重量，並且歸納出在那個重量以下的紙材可作為天燈的材料，並寫下你所作的結論：

8.請重新再檢視表中的內容，看看是否有與你所結論有所違背的紙材？寫下該紙材的名稱：

9.請找出為何該紙材無法明顯升空的原因，寫下你解決該問題的方法：

請寫下你所找出的原因：

二、在這個單元中，我學到那些知識與技能？我能否清楚地應用它們？

學習單 4：天燈黏貼材料的評估測試

一、黏貼材料測試

- 1.當天燈材料選定之後，黏貼材料的選定便是相當重要，請以腦力激盪的方法列出可用的黏貼材料，請寫下你們所選出的黏貼材料：
- 2.請經過充分討論以選定一種可行的評估標準？以便選出最佳的黏貼材料；
- 3.請藉由實際動手貼黏棉紙（或單光紙）來獲得結果，並將所得的結果填入表內。

表三：天燈黏貼材料測試結果的評估表

評估標準 與結果 材料	評 估 標 準					黏貼牢固程度	比序
	1.	2.	3.	4.	5.		

註：比序係指黏貼牢固程度，1 代表最佳，而 5 代表最差。

- 4.你會選用那種黏貼材料？原因何在？請寫下你的看法：

二、在這個單元中，我學到那些知識與技能？我能否清楚地應用它們？

學習單 5：天燈黏貼程序的選用

一、天燈黏貼程序的找尋

天燈黏貼是個複雜的程序，假若沒有找出一個可行的方法會很費時。因此，請你與小組同學們討論出有效率的黏貼程序。

- 1.請列出你們所討論的黏貼程序，再利用 A4 紙張按比例裁出適當大小，並且依據你們的方法黏貼看看，以決定出它是可行。如此，以找出可行的黏貼程序。請寫下你們找出的黏貼程序（以繪圖說明）：

- 2.這樣的方法真得很有效率？還是有其他更具效率的方法？請寫下你的看法：

二、在這個單元中，我學到那些知識與技能？我能否清楚地應用它們？

學習單 6：天燈升空的原理

一、天燈升空的原理

天燈昇空的原理與熱氣球相同，都是利用空氣受熱膨脹後產生浮力，而將其燈體帶動昇空，為何會造成這種現象的產生呢？我們實有必要探討其昇空的科學原理，因此請查閱科學百科全書、科學原理的相關書籍或電腦網路等資源，回答下敘所列之問題並註明資料的出處：

- 1.空氣為何受熱會膨脹？其科學原理為何？
- 2.天燈內的空氣受熱後如何產生浮力？其應用的科學原理為何？
- 3.究竟需要多大的浮力，才能使天燈昇空呢？
- 4.施放天燈的活動為何通常是在山谷的冬天（農曆正月十五日）舉行？

二、在這個單元中，我學到那些知識與技能？我能否清楚地應用它們？