

## 科學玩具設計與製作的教育價值

陳芳慶

國立高雄師範大學工業科技教育學系副教授

大腦半球的側化發展( Lateralization )之系統性研究起自史貝利( R. Sperry )，他也因此獲頒 1981 年諾貝爾獎。大腦半球功能中，左腦較理性，擅長語言及邏輯的線性思惟；右腦既感性又直覺，擅長統整事物，將思想視覺化成為圖像，進行 2D 或 3D 思考。分析學校教育的實質內涵，在中小學階段，語文及數理等「主科」主導了教學活動，偏重左腦的訓練。然而生活科技、家政、童軍、體育、美術、音樂、輔導活動等不列入基測或學測的所謂「副科」學習活動，卻能提供右腦發展的空間，讓右腦在創新或解決實際問題的過程中，適時主導，提供靈感掌控整體，讓全腦發揮功能。

現行國民中小學的課程特色是縱向的九年一貫與橫向的學科統整。學習領域為學生學習之主要內容，而非以單一學科組織教材。然而實際進行教學之中，科際之間的整合是否能實踐課程的精神，尚需教師發展適當的教學活動，方能落實統整的目標。

福祿貝爾( F. Froebel ) 視玩具為上蒼之恩物，玩具之設計讓學生的潛力藉著構想而得以展開( Unfolding )，其潛藏之內在得以外在化( Inner-outer )；其次，玩具的製作、把玩等活動之刺激，可以引導潛能的進一步發展，使外在環境的經驗得以內化，豐富心靈之內涵，讓展開說的另一條途徑，即外在內在化( Outer-inner )得以通行無阻。

讓學生運用自然科學原理，設計及製作玩具，整合了自然學科的理論及生活科技學科的設計與製作技術，使仰賴左腦功能比重較高的數理學習有機會碰觸仰賴右腦比重較高的生活科技學習活動。生活科技教育月刊安排本期的主題「科學

玩具設計與製作」，在設計的過程中，捕捉作品開發的靈感，在製作的過程中統整資源，透過人際合作完成作品，共同分享成果，豐富化右腦的潛在發展空間，使自然與生活科技課程統整的精神展現，讓全腦發展不再受到壓抑；而福祿貝爾的內在與外在雙向途徑得以打通，充分展現此一學習活動設計的教育價值。

# 從數學、科學與科技(MST)整合理念探析博物館的 科技玩具製作活動

王裕宏

國立科學工藝博物館科技教育組 研究助理

## 壹、前言

由於九年一貫自然與生活科技學習領域強調學習應與日常生活相結合，學生需將所學的知識運用於生活中，以解決問題或瞭解目前時事的發展趨勢，為增進學生學習興趣，大多支持使用科學/科技/社會 ( Science/Technology/Society, STS ) 議題之觀點，讓學生可從中瞭解科學、科技及社會三者的相互關係，進而能了解社會文化脈絡 ( 靳知勤、陳又慈，2007 )。而為彌補傳統以學科知識為主，及符合除重視科學知識的描述，且應用於數學或科技的機會，1980年代發展出以數學、科學與科技 ( Mathematics, Science and Technology, MST ) 三者整合的科際統整課程，其實兩者的理念是一致的，唯其做法著重在以科技產品的觀點為主體，與STS以社會文化脈絡的觀點稍有差異，但是由文獻及實施的案例發現MTS的發展尚未如STS般的成熟 ( 游光昭、林坤誼，2007 )。

學校學習的需求幾乎以面對升學為主，傳統數學與科學的教學方法面臨了許多挑戰，如在最新教育部發表的有關於2007「國際數學與科學教育成就趨勢調查」 ( TIMSS )，調查發現雖然國中小學生在數學及科學的表現都居全球前三名，但是台灣學生「正向態度」與「自信心」成績低於國際平均，亦即「表現好，不代表快樂學習」，且其年級越高、低分群越多，表示這些與台灣考試、升學制度帶給學生壓力有關。因此，如何讓學生學得快樂且有成就？有些學者提倡藉由「玩具」的製作且結合學校的課程來教學，就可以達到學習的效果，但是在制式環境中有其相當多的阻礙及限制。因此，非制式教育環境的社教機構，尤其是科學性的博物館，更應擔任起彌補學校教育不足的角色。本研究即透過文獻資料及案例之分析，探究實施MTS統整課程的重要性，並在非制式教育機構-國立科學工藝博物館 ( 以下簡稱科工館 ) 環境中，設計提供結合數學、科學及科技三者整合之

科技玩具製作課程示例，進一步與學校的統整課程比較雙方之特色，期作為科學博物館未來進行更廣泛更全面的統整課程設計之參考。

## 貳、文獻探討

### 一、數學、科學與科技三者課程統整的重要性

美國在 1980 年代發表了多項數學與科學教育改革的報告提出之後，數學、科學與科技教育三者間的科際整合教學理念便逐漸受到重視，且認為過去的科學教學方法是過時的，大多數的科學教學方法僅注重科學知識的描述，而缺乏提供學生應用數或科技的機會，因此科技課程變成了連結數學與科學的重要學科（游光昭、林坤誼，2007）。「科技」常被運用作為『科學』或『數學』兩者解決問題的重要學科（Christiaans & Venselaar, 2005），若沒有了科技，很多數學問題或科學的現象，很難呈現讓人了解，尤其是電腦的使用，利用電腦科技可以解決數學上多方面的問題，如利用數學的數字來畫圖、表格的處理及利用模擬動畫表達科學現象等好處（Lesh, 1990; Reid-Griffin & Carter, 2008）。

而如何設計出一個好的 MTS 課程？Lomask (1996) 提出 MST 的活動設計，必須運用到科學的、數學的以及科技的知識，學生則要依活動的需求，透過紀錄、觀察、測量甚至計算等，製作出最後的成品，而這些成品則可以被評量，歸納後建議 MST 的活動需含有以下五種特質：

#### （一）MST 的活動是強調事實與可靠的

對於科學方面，必須機會讓學生忙於發現問題、提出假設、探索解答與收集資料，且能夠有效地解釋與呈現成果。對於數學方面，學生必須能測量、組織、與詮釋資料，以發展模型或驗證數學。而對於科技方面，學生必須能表現在需求及資源方面，能夠評估價錢及危險程度，設計與建構解決模式，繪圖技術能力，測試解決問題的生存能力與呈現作品以說服一般人。

#### （二）MST 的活動是重要性的

學生參與 MST 的活動經由關鍵的學校課程與專業訓練，能夠提昇學生的思考與理解定理等好處，就如同一位新手運用這些獲得的知識解決問題。

(三) MST 的活動是具有吸引力的

MST 的活動可以有機會讓學生去發展，透過公開的方式讓他們表達成果，尤其鼓勵利用團隊合作的方式去完成他們的作品。

(四) MST 的活動是容易接近與取得的

MST 可以有機會讓從事於有意義的活動，提昇學生的學習能力，讓具有不同興趣與能力的人共同完成作品。

(五) MST 的活動是可以被評量的

MST 的活動創造出讓老師及學生有機會，檢核他們的作品，探討創作的歷程，並提出改進的方法。

## 二、 MTS 課程理念結合「玩具」製作課程之學習成效

對於統整課程，學校為讓學生能夠引發學習的興趣，許多教師發展出不同屬性的課程，很多研究案例發現學生藉由動手操作的學習方法，確實能提昇對於數學、科學與科技三者學科的學習能力，也能同時讓學生了解其中之概念，但如何變得有趣又好玩？近年來越來越多的學者提倡藉由「玩具」的製作且結合學校的課程來教學，就可以達到學習的效果，而其課程的發展建議具有以下重要目的：藉以提昇老師對於化學、或物理學科等學科的教學品質；學生可以透過玩具的操作過程學習到基本的概念；玩具製作課程，其使用的觀念需與知識需與目前的學校課程相關；藉以增加學校的動手做的活動；建立學生與老師之間的溝通聯繫與互動機會 (Taylor, Williams, Sarquis & Poth, 1990)。以下為國內外學者舉辦玩具的課程學習成效的示例：

(一) Berlin & White (1995) 將國小學生分組，設計光的探索玩具學習課程，探究光、溫度及週遭環境相互間的影響因素，其研究結果發現，其學習的歷程中確實可以讓學生學習連結 MTS 三者的關係，學習如何面對問題及提出構想，尋找具有邏輯與科學的證據，若再加上具有好的學習環境及豐富的學習設施，學生亦能輸出更多的學習認知、情感的和與社會互動的好處。

(二) Satchwell & Loepp (2002) 研究發現，國中學生經過參與動手做的活動後不但可以連接 MTS 三者之間的概念，學生對於學業更有學習動機，也發現透過實作的學習活動，能讓學生獲得一般日常生活中所接觸的科技實體事物的概念，更重要的學校的科學或數學成績也相對進步。

(三) 游光昭、林坤誼(2007) 運用電腦科技模擬的教學方式，針對國中學生開發出學習製作紙製的滑翔機學習課程，經過 4 週 8 小時的短程實驗教學後，研究發現其學習成效與傳統的生活科技課程的差異，雖未達到顯著水準，但其教學的方式受到學生的歡迎。

(四) 王裕宏、張美珍、朱耀明(2008) 利用專案式學習課程的特性，活動對象為國中及高中學生，經過 5 天的時間製作一架能夠自我操控的遙控飛機，透過概念圖的評量研究發現，經由動手做自我探知的方式，確實有助於包含柏努力飛行原理知識的建構，有效提昇及釐清飛行科技概念。

### 三、科學博物館為連結數學、科學與科技三者學科的最佳場所

MST 統整課程的教學型態是以多科注入的科際間整合方式進行的，且透過實作的學習活動，能讓學生獲得一般日常生活中所接觸的科技實體事物的概念(游光昭、林坤誼，2007)。但開發一個好的活動課程表現除學生之外，必需具有好的教材、帶領的老師及教室氣氛良好與否均會影響學生活動的學習。尤其是良好的學習環境，能夠提供足夠科學的及技術上的支援，與方便讓學生方便使用工具的能力，這些教育的實施提供允許注入科技創造出有效的課程(Csikszentmihalyi&Wolfe, 2000; Reid-Griffin & Carter, 2008)。對制式學習的學校組織而言，組織的氣氛、學校資金與硬體設備充足、行政人員配合度皆會影響學生 MTS 課程的發展(湯誌龍，1999)。為了強化與補足現代教育的不足，在面對 21 世紀從事科學與技學的教育規劃者，無不積極進行課程的改革，提供多元的環境及活動培養學生學習的興趣。國內的科技教育學者專家也大都主張透過教學活動方式來增強學生的科技能力，如強調教學活動設計，主張以訓練學生思考及解決問題能力為方向，重視探索與體驗的實際操做課程(王光復，2007)。儘管多元化的學習，一般學生並不會將平常在學校所學到的知識應用在日常生活中，也不會將日常生活的知識用在學校中，也就是說，大部分的人並不會將所學到的知識在不同學科之間相互運用，所以一個好的學習歷程或課程關鍵所在，就是必須設法提供適當的學習情境，好讓學生能夠有機會使用他們所學的知識去實際體驗其成效(Berryman, 1991; Bransford & Vye, 1989)。因此，身為科學博物館的非制式社教機構，因為具有開放性的教育理念與多元化的展示或活動型態的特質之故，也在相同的教育理論架構下，可以發展出學校教育難以達成或條件欠缺部分加以著手設計不同的活動內容。

一般博物館向來被視為人類知識的寶庫，具有豐富的蒐藏品，提供多樣化的展示與學習活動，其學習情境非一般學校環境可達到的，尤其是配合展示物件或展示主題所設計的教材教具，以及教育活動等等，仍可作為教學之用，輔助學校教育之不足（張美珍、朱耀明，2004）。有別於學校提供的科學教育，在科學博物館中的學情境中具有多樣性與富彈性之設計（安奎，1989）。如具有大型的展示品或教具可供研究及參觀，不定期的舉辦各種國際性的教育活動及學術研討會等，再加上近年來學生利用假期到校外參加研習課程的人數越來越多，而為吸引學生博物館往往必須設計出能讓學生親自動手操作、可探索或競賽方式的特色活動，提供學生不同於學校的學習。因此，在活動的設計與構思，事先必須透過嚴整的專案規劃，才能達到活動的預期成效。

### 參、科學博物館的科技玩具製作課程示例 — 「蟲蟲危機」動力機械車

科工館暑假期間推出的動力機械車創作夏令營活動，係結合館內動力機械展示廳資源及以強調「動手做」為活動主軸的形式，由學員自主進行創造思考。而研習課程內容，主要由中華創意發展協會、台灣師範大學教授與國立科學工藝博物館教育研究人員共同編製，並歷經教學試驗，以確定教材內容。講師以輔導的角色，運用引導方式鼓勵學員以競賽為目標，對於作品自行提出修改及創意方案。

#### 一、研習活動簡介

- （一）活動對象：國中組學生
- （二）活動時間：每梯次為一整天。
- （三）課程內涵：本活動安排的課程內容包含提供學生學習工具的使用、齒輪與馬達機構的組裝運用、及創意造型設計等。學生在完成科技創作作品後預期能：
  1. 學習構想與設計作品的的能力
  2. 學習如何正確使用手工具
  3. 結合學校所學的科學原理
  4. 學習問題解決的策略：遇到困難→發現問題→問題原因分析→對策假設與驗證→解決問題。

課程內容設計重點在於協助學生察覺和試探科技，以便具備科技概念，期望學生能進一步研習科技知能、運用科學知識、精確的數學計算、培養獨

立思考、及解決問題的能力。本研究以非制式環境的科學博物館為實施場域，透過博物館對外招生，將其報名上課的學員分組，每組並有一位小隊輔老師協助，其與學校的 MTS 統整課程相對應表如下表 1 所示。此外，為求能將科學、數學、及科技等相關知識更具體的表現，研究者將統整課程的內容，及研習活動內容所蘊含之科學、數學及科技原理，彙整後其相對應表如下表 2 所示。

表 1：學校與科學博物館的科技玩具製作課程比較表

學校課程	科學博物館課程
運用講義或影片介紹動力機械車的數學、科學及科技原理	運用展品、講義及影片介紹動力機械車的數學、科學及科技原理
依規定的尺寸設計動力機械車	透過分組，輔導設計出不同的動力機械車
依老師規定的進度進行製作	學生為主，小老師為輔的製作方式
與相關的數學、科學及科技原理比較分析，老師協助問題解決	透過案例及相關數學、科學及科技原理比較分析，尋求師長或學生自行問題解決
與同校或同班同學相互競賽	與來自不同學校之學生相互競賽

表 2：「蟲蟲危機」動力機械車活動課程內容與其內含的原理類別對照表

原理類別	課程內容
● 科技原理	工具使用及介紹 ● 認識工具：手搖鑽、尖嘴鉗、手工鋸、熱熔槍、榔頭等 ● 工具使用：包含鋸切、砂磨、鑽孔、粘接及潤滑等
● 科技原理	材料介紹 ● 認識材料：密集板、冰棒棍、馬達、偏心齒輪、減速齒輪、平齒輪、大齒輪、蝸桿等
● 科學原理	動力系統組裝 ● 平齒輪、偏心輪、大齒輪及鐵桿組裝 ● 齒輪盒及齒輪組組裝
● 科學原理 ● 數學原理 ● 科技原理	前後身軀、連桿及曲柄及外型設計
● 數學原理	組裝及測試

原理類別	課程內容
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 科學原理</li> <li>● 科技原理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 運動流暢</li> <li>● 扭力/速度的搭配恰當</li> <li>● 摩擦力的強化</li> <li>● 重心平穩性及攻防性之操作調整</li> <li>● 電池串聯及並聯如何影響作品</li> <li>● 改變電池極性如何影響作品</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 競賽直線競速：作品進行直線速度比賽</li> <li>● 拔河競賽：作品互相拔河測試扭力</li> <li>● 鬥蟋蟀：作品透過前端武器進行攻擊或防禦</li> </ul>

#### 肆、「蟲蟲危機」動力機械車課程分析

##### 一、數學原理方面

在國中組設計蟲蟲危機作品時，除了必須算出精確的各部位的尺寸外，運用國中數學課本所提三角形的兩邊個長相加要大於第三邊邊長，兩邊合必須大於第三邊的原理，以及作品配重時必須計算重心的位置，因此強化這兩個數學原理的運用及理解，將有助於學生在製作蟲蟲危機作品時妥善運用數學原理來解決行走的問題以及進行競賽時獲勝的關鍵因素。除了基本的數學概念介紹之外，中午休息時間更利用影片及過往的案例方式以解說數學的概念，使學習者能夠透過生動活潑的動畫以學習數學的概念（如圖1）。

<p>                     (1) <math>C_1 + C_2 &gt; T_1 + T_2</math>                      (2) <math>F_1 + F_2 &gt; F_3</math>                      (3) <math>F_1 : F_2 = \dots : \dots</math>                      (4) <math>R_1 : R_2 = \dots : \dots</math> </p>	
<p>蟲蟲危機動力機械車-運用三角形及重心原理來解決行走問題</p>	<p>簡單機械展示品 -介紹三種槓桿及重心之原理( 科工館四樓動力與機械展示廳)</p>

圖 1：動力機械車活動與展示廳展品中有關數學原理對照圖

## 二、 科學原理方面

在進行馬達組裝時，介紹各種齒輪的運作原理，例如介紹與示範何謂減速齒輪？何謂偏心輪？何謂平齒輪等，大小兩個齒輪結合後，如何將會影響其轉速？在完成作品後，需運用摩擦力的原理，才能讓蟲蟲危機機器車行進，因此學生透過加上少許的砂紙來增加摩擦力。另外，進行拔河競賽時，需考量如何加上適當的重量及重心的原理，才能獲勝？這些問題皆是學習者會遇到與解決的問題，而這方面的先備知識除了老師的介紹外，透過科工館內的動力與機械展示廳，參觀與操作大型齒論的互動式展示品及影片介紹就可以獲得答案（如圖2）。

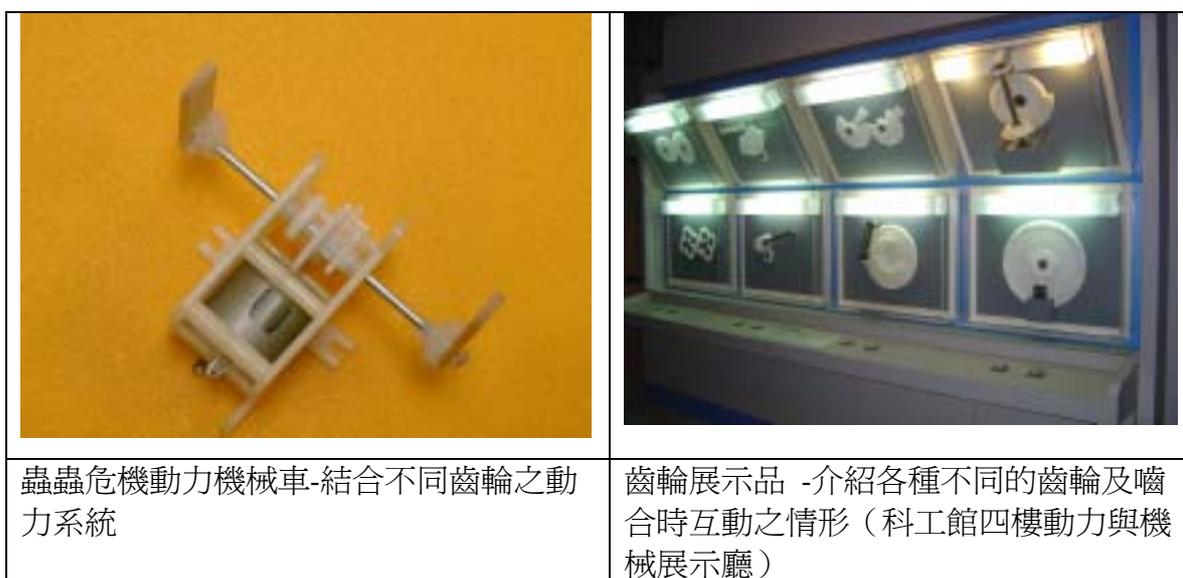


圖2：動力機械車活動與展示廳展品中有關科學原理對照圖

## 三、 科技原理方面

在科技原理方面主要介紹工具的應用、作品結構的基本組成以及作品的設計形式等三項原理，瞭解這些基本結構有助於學生在考量數學及科學的相關概念下，做出最佳的作品設計。如認識各種材料性質及工具的正确使用方法？如何設計出與眾不同的創意成品？找尋不同解決問題的方法- 尋求團隊的協助？尋求師長的幫忙？自行找尋資料解決？等（如圖3）。

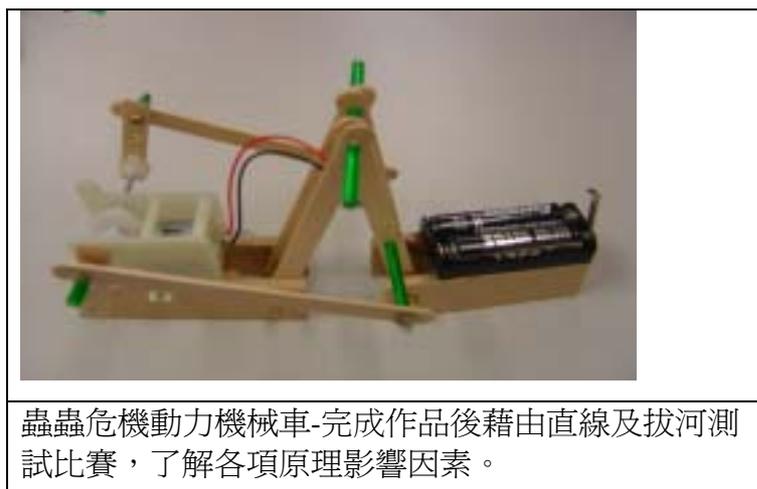


圖 3：「蟲蟲危機」動力機械車完成圖

## 伍、 結論與建議

由於科學博物館所扮演特殊社會功能角色，以及在普及科學教育的重要地位，其最主要的目的為提供我們有科學知識和了解科學如何影響我們生活的博物館。但對於科學博物館透過展示及活動如何詮釋數學、科學及科技三者的關係？研究者提出以下結論與建議：

### 一、 展示方面

科學博物館不像美術館，展式的物件或單元內容常常受到科學社群的嚴格檢驗，大體上有兩派的不同見解，一派認為科學博物館應致力於推銷科學知識，以促進新的科技發展；另一派認為應詮釋科學發展和科技新猷，藉以引發大眾重視這些發展所引起的問題。因此，科學博物館在強調科學或科技的發展，恰如其分（洪楚源，2002）。但是數學在科學博物館的地位常常被忽略，不受到重視或是放任獨立於其他學們之外，其實數學在各不同領域都有其應用與貢獻，不只是科學技術領域，其他如商業、政治、藝術各領域內皆然。洪楚源（2002）進一步利用「數學展示」案例說明，美國於 70 年代完成「Mathematics」數學展示，內容及品質均有很高成就，但安置在加州科學工業博物館中，顯得與其他展示格格不入，沒有任何關聯。因此，數學不應規劃成一個獨立的展示，若能從展示設計中著手，使數學與科學及技術之間緊密融合，而非獨立學科的展示，讓參觀民眾從中獲得完整知識，提昇國民的科學素養及達到展示教育目的。

## 二、 活動方面

學校推動的統整課程並非要取代分科課程，而是要彌補分科課程的不足，結合現有的學科教材與學生活經驗，設計統整的主題學習。一方面既可促進學習內容的意義化、簡化、內化與遷移，另一方面又能發揮教師的專業，頗能符合當前的教育情境與改革需求，因迫於升學及無權威性的定義，以致統整課程經常流於源源不斷的教育口號（游家政，2000）。而科學博物館的統整課程，是強調動手做利用開放式的環境使學生有較多的深入探討，尋求問題的根源，且能讓學生感受到擁有學習的主控權與動機。經研究者透過活動觀察，透過在科學博物館的環境中舉辦活動，學生較有機會統整在各學科所學習到的知識；也可透過實際的設計活動、討論、思考、判斷，進而培養學生高層次的思考能力。

對於活動的評量方面，學生們利用課餘時間參加博物館所舉辦的課程，在經過教育人員所設計的培訓課程後，學生的數學、科學與科技概念是否因而成長？雖有從事小隊輔的助教從旁協助，但其講師的角色是否與學校的教師相同？建議對於活動歷程的部份應可加入多元影響因素加以深究。

## 參考文獻

1. 王光復 (2007)。以教學活動來取代講授，讓學生加深體驗去認識科技及控制科技。生活科技教育月刊，40 (4)，1-4。
2. 王裕宏、張美珍、朱耀明 (2008)。國中生參與專案式學習活動之科技概念學習成效之分析。科技博物，12(4)，59-76。
3. 安奎 (1989)。美國博物館之教育活動研究。台灣省立博物館年刊，32，117-154。
4. 洪楚源 (2002)。從培養國民科學素養觀點發展科學博物館的展示。科技博物，6(5)，25-35。
5. 張美珍、朱耀明 (2004)。九年一貫「自然與生活科技」領域課程活動方案的發展：以博物館為學習的場域。科技博物，8(2)，15-27。
6. 游家政 (2000)。學校課程的統整及其教學。科學與教學，3(10)，19-38。
7. 游光昭、林坤誼 (2007)。數學、科學、科技統整課程對課程對不同學習風格學習者在學習成效上之影響。教育研究學報，41 (1)，1-16。
8. 靳知勤、陳又慈 (2007)。臺中縣市國小自然科教師對以 STS 議題從事教學之調查研究。科學教育學刊，15(1)，25-52。
9. 湯誌龍 (1999)。高工機械科學生專業創造力及其相關因素之研究。國立台灣師範大學工業教育研究所博士論文，台北市，未出版。
10. Berlin, D. F., & White, A. (1995). Using Technology in Assessing Integrated Science and Mathematics Learning. *Journal of Science and Technology*, 4(1), 47-56.
11. Berryman, S. (1991). *Solutions*. Washington, DC: National Council on Vocational Education.
12. Bransford, J., & Vye, N. (1989). Cognitive research and its implications for instruction. In Resnick, L., and Klopfer, L. (Eds.). *Toward the thinking curriculum: Current cognitive research*, 171-205. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
13. Christiaans, H., & Venselaar, K. (2005). Creativity in Design Engineering and the Role of Knowledge: Modeling the Expert. *International Journal of Technology and Design Education*, 15, 217-236.
14. Csikszentmihalyi, M., & Wolfe, R. (2000). New conceptions and research approach to creativity: Implications of a systems perspective for creativity

- in Education. *International handbook of giftedness and talent*, 81-94. NY: Elsevier.
15. Lesh, R. (1990). Computer-based assessment of higher order understandings and processes in elementary mathematics. In kulm, G. (Ed.), *Assessing Higher Order Thinking in Mathematics*, American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C., pp82-110.
  16. Lomask, M. (1996, April). *Extended performance Tasks for Mathematics, Science & Technology*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New York. NY.
  17. Reid-Griffin, A., & Carter, G. (2008). Uncovering the Potential: The Role of Technologies on Science Learning of Middle School Students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(2), 329-349.
  18. Satchwell, R. E. & Loepp, F. L. (2002). Designing and Implementing an Integrated Mathematics, Science, and Technology Curriculum for the Middle School. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3). Retrieved March 1, 2009, from <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JITE/v39n3/satchwell.html>.
  19. Taylor, B. A. P., Williams, J. P., Sarquis, J. L., & Poth, J. (1990). Teaching Science With Toys: A Model Program for Inservice Teacher Enhancement. *Journal of Science Teacher Education*, 1(4), 70-73.

# 行動學習教材設計與製作：以 **Sudoku** 科技玩具為例

\*陳君瑜、\*\*溫嘉榮、\*\*\*郭勝煌、\*\*\*\*陳維仟

\*美和技術學院企業管理系助理教授

\*\*樹德科技大學資訊管理系教授

\*\*\*國立高雄師範大學工業科技教育學系博士生

\*\*\*\*國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士生

## 摘要

當「資訊科技」與有趣的「數學遊戲」結合在一起的時候，行動電話已由單純的通訊工具，搖身一變為生動活潑、樂趣無窮的「行動學習」「科技玩具」。本研究將益智類的數獨（Sudoku）遊戲導入到高職「程式語言」課程裡，以「寓教於樂」的方式，讓學生瞭解 JAVA 程式語言指令的操作與運用，置重點於科技玩具的設計與製作，藉以提高學生對科技與數學的學習興趣。

**關鍵詞：JAVA 程式語言、Sudoku、行動學習**

## 壹、前言

教育部於 2001 年著手規劃「中小學資訊教育總藍圖」，並推動中小學資訊科技融入教學的工作，其對象為全國的高中、高職、國中和國小，先以老師為推動的起始點，然後藉由老師帶動學生、學生影響家長，進而提昇全民運用資訊的能力與學習素養，中小學資訊教育總藍圖的整體願景包括資訊隨手得、主動學習樂、合作創新意、知識伴終生等四大願景；在「主動學習樂」願景方面，以資訊科技融入各科教學，讓學習管道更多元化，學習資源更加寬廣與豐富，以增加學習的深度及廣度，提昇學習的興趣，並可配合學生的需要，讓學生自主學習為其重點（教育部，2001）。

在資訊科技融入教學裡，「數學」是眾多科學、技術與職業領域上的基礎科目，而且是一門非常有系統的學科，教材的內容也有一定的順序和結構性（方建

良，2003)，它也是一套描述規律、自然現象，及進行邏輯思考、推理時，精確且有效率之共同語言（李瑩英，2002）。然而，根據教育部在 1998 年實施的「資訊科技融入數學科實地教學實驗計畫」指出數學是所有學科中最不受學生歡迎的科目，而且討厭數學的程度則會隨著年級的增加而加深；從資料中也發現大部分的學生都表示喜歡「電腦」，並認為利用資訊科技來學習數學，會覺得學數學比以前快樂、也比較有把握（教育部，1998；莊一凡、陳光勳，2004）。

因此本研究，依據 Norman（1981）所說的：最好的教材與教法，不如讓學習者從遊戲中做快樂的學習，「好玩」是孩子學習的最大動機，而最有效率的學習方式就是透過如卡通、遊戲之類的方式來引導孩子學習，讓孩子覺得「學習就像遊戲一樣快樂」（引自朱延平、邵明宏，2008）。「遊戲（game）」一直是人類用來享受樂趣、紓解壓力的重要工具，而拜電腦科技的進步所賜，電腦遊戲也在人類社會中佔有一席之地（朱峻宏，2006），經實證發現遊戲對教學最主要的作用在誘發學習動機（郭昕周、林華、周倩，1998）。尤其創造優質的教學環境，除了改進教師的教學方法及增進學生的學習效果之外，亦可以提供一個生動活潑、具有創意的教學或學習環境（何榮桂，2002），在融入教學的方式，須從教材、教法、學習理論、老師與學生定位等多方面考量（張國恩，1999）。本研究將益智類的數獨（Sudoku）遊戲導入到高職「程式語言」課程裡，以「寓教於樂」的方式，讓學生瞭解 JAVA 程式語言指令的操作與運用，置重點於科技玩具的設計與製作，藉以提高學生對科技與數學的學習興趣。

## 貳、文獻探討

### 一、行動學習（Mobile Learning）

在快速進步的無線通訊技術及行動載具，行動學習成為當今新興的議題，研究的範疇從原本正式課程、教室內為主及以教師為中心的學習，延伸擴展到非正式課程、以建構的、合作的、學生為中心任何時間地點皆可能發生的學習（Woukeu, et al. 2005）。行動學習是透過行動運算裝置來實施的（Quinn, 2000），它是行動技術與數位學習的結合，讓學習者能透過行動電話（Mobile Telephone）或個人數位助理器（PDA）隨時隨地接受教育（Harris, 2001），學習適合的活動與內容，以獲得行動學習的便利性、權宜性、立即性（蘇怡如、彭心儀、周倩，2004），它是一種藉由行動設備的幫助，讓學習者能夠在任何地點與任何時間實施學習的

動作，其所使用的設備必須能夠有效表現出學習的內容，並能夠提供教學者與學習者雙向的交流（Dye, 2003），在此學習環境之下，行動學習能運用成功，不單單只是仰賴科技發展與支援，教育學者有必要設計相關教學法、營造相關環境來提昇學習效能，瞭解相關學習理論有助於獲得最佳的教學與學習成效（Tom, 2005），由行動學習在國外的案例探討中發現，將行動科技運用在教育上，可分為（1）創新教材：包括探索學習、合作學習、一般軟體應用、科技內涵學習；（2）輔助傳統教學：包括促進學習成效、取代舊有工具（張國恩等人，2004），加上個性化手機、PDA 的流行趨勢，教學活動逐漸進入全面數位學習階段，有線網路之學習慢慢的提升到無線網路的行動學習，無線上網手提電腦、手機、PDA、電子書包等將成為未來教學的主流，教學模式將進入行動學習模式，任何時間、任何地點都可以學習（溫明正，2006）。

## 二、JAVA 程式語言

### （一）簡介

JAVA 程式語言是在 1991 年由昇陽（Sun）公司的 Patrick Naughton、Mike Sheridan 和 James Gosling 成立一個叫做綠色小組（Green Team）所創造，其主要目標是要發展一種分散式系統架構，使其能在消費性電子產品作業平台上執行，因全世界第一個全球資訊網瀏覽器—Mosaic 於 1993 年誕生，Java 就以它優異的功能，在全球資訊網的平台上撰寫高互動性的網頁程式—Applet，昇陽公司並於 1995 年正式對外發表 JAVA 發展套件（Java Development Kits, JDK）。（Byous, 1998；陳台譯，2004；科技資訊網，2009）。

### （二）JAVA API 簡介

JAVA 應用程式設計介面（Application Programming Interface, API），又稱為類別函式庫，在平台套件上分成四大類：（1）J2SE（Java 2 Platform, Standard Edition）。（2）J2ME（Java 2 Platform, Micro Edition）。（3）J2EE（Java 2 Platform, Enterprise Edition）。（4）Java Card。其中 J2SE 主要針對在消費性電子產品以及嵌入式系統所發展的 Java 版本，它包含一個虛擬機器和一組適合在消費性電子產品以及嵌入式系統中使用的應用程式介面。

### （三）MIDlet 的構成

MIDlet 是 Java 行動電話應用程式執行單位，其中字首 MID 表示「Mobile

Information Device」，字尾的「let」則是代表小的意思，合起來就是小型的移動資訊裝置程式之意，它包含了程式在運作時所需的支援類別檔、資源檔等。MIDlet 組合JAR (Java ARchive) 與JAD (Java Application Descriptor) 來運作，行動電話的JAM (Java Application Manager) 一開始就是將這個檔案讀進來後才啟動MIDlet的。

### 三、數獨遊戲

#### (一) 數獨的定義

「數獨」(SU DOKU) 一詞是由日本 Nikoli 出版社創辦人鍛治真起 (McKee Kaji) 所創，源自日文数字は独身に限る (Suji wa dokushin ni kagiru)，意思是「獨立的數位」；「數獨」遊戲是由瑞士數學家歐拉的「拉丁方塊」改良而來，1970 年代發表在美國的遊戲雜誌，當時名為 Number Place；1984 年在日本推出後一砲而紅，2004 年 11 月登陸英國後迅速流行，我國則在 2005 年 5 月首度引進並造成很大的迴響，「數獨」已逐漸成爲全球化的益智遊戲 (吳明瑄、葉茂淳、王思懿，2006)。

#### (二) 數獨遊戲方格

數獨遊戲是在 9 個 3x3 的連續方格裡，填入數字 1 到 9，讓每個數字在每一行、每一列及 3x3 的連續方格裡都只出現一次，在啟動遊戲後，方格內自己會預先填入若干數字，未填入數字的宮位則留白，遊戲者必須在規定時間內或最低時間內，依據遊戲中的數字分布狀況，一格一格地推敲出剩下的空格的數字，並在此空格內填入數字 (Gould, 2007; Huang et al., 2007)，遊戲的難易程度，依開始出現數字的多寡而定，出現的數字愈少則愈困難 (Moon & Gunther, 2006)。數獨遊戲在 9x9 的方格內進行，橫排稱爲「列」，直排稱爲「行」，共有 9 列 9 行，每一個 3x3 的小方格，稱爲「區」，如圖 1 所示 (SUDOKU 数独, 2005)。

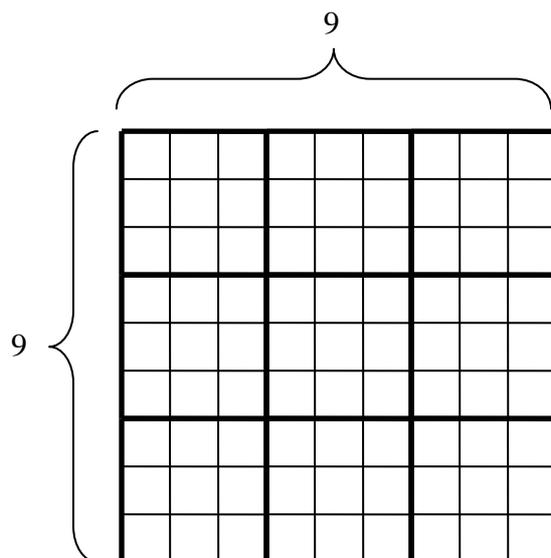


圖 1. 「數獨」9x9 的方格

### (三) 數獨遊戲規則

數獨遊戲規則共有三項，包括橫列、直行、3x3 的小方格區，其規則敘述如后 (SUDOKU 数独, 2005)：

1. 每一橫列，用 1 至 9 之間的數字填滿空格，一個格子只能填入一個數字，不得重複，如圖 2 所示。

6	2	4	3	9	7	5	9	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---

圖 2. 每一橫列的數字不可重複

2. 每一直行，用 1 至 9 之間的數字填滿空格，一個格子只能填入一個數字，不得重複，如圖 3 所示。

6
1
7
9
2
5
9
3
8

圖 3. 每一直行的數字不可重複

3. 每一個 3x3 的小方格區，用 1 至 9 之間的數字填滿空格，一個格子只能填入一個數字，不得重複，如圖 4 所示。

6	2	4
1	3	9
9	5	8

圖 4. 每一個 3x3 的小方格區的數字不可重複

#### (四) 開始玩數獨遊戲

數獨遊戲一開始的畫面，出現已填入數字的格子，遊戲者只要在空白格子內填入正確的數字，來完成遊戲，如圖 5 所示。

6				7	5	9	1
1	3	9	4	5		8	2
7			1	9	2		3
	9	6	8		3	5	7
2	8	3		6		1	4
5	1	7	9		4	3	6
9	4		2	3	8		5
	6	2		7	1	9	8
8	7	5	6				3

圖 5. 「數獨」遊戲開始後的方格內容

### 參、數獨遊戲設計與製作

#### 一、程式流程圖設計

本研究使用 JAVA 程式語言內的 J2ME，將數獨遊戲設計於行動電話內，並以利用模擬器來驗證 MIDlet 程式的邏輯與功能是否正確，若功能正確，則移植到行動電話內讓學習者使用。數獨遊戲一開始就進入遊戲第一道關卡，學習者在輸入過程中，若在同一橫列或同一直行或 3x3 方格內的數字重複，系統即出現錯誤訊息，並立即消除重複的數字，恢復等待輸入數字的狀態，整個關卡過關後即可進入第二關，以此類推，總共有十道關卡，若未過關或按離開鍵，則結束數獨遊戲，程式設計流程圖如圖 6 所示。

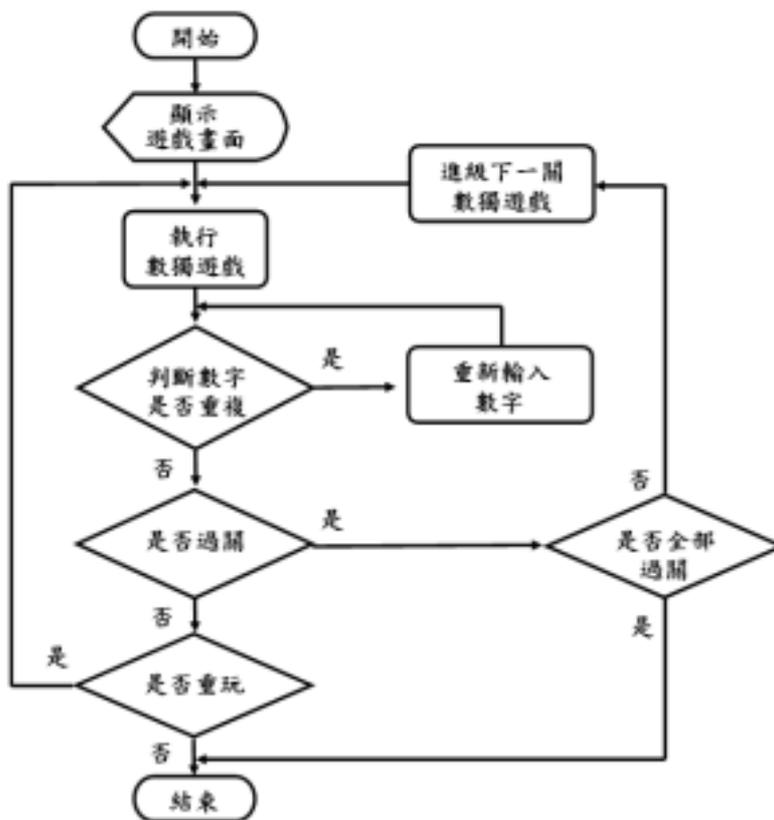


圖 6. 程式設計流程圖

## 二、模擬器操作畫面流程

學習者進入模擬器操作畫面流程，如圖 7 所示，圖示由左至右，依序為（1）數獨遊戲一開始就進入遊戲第一道關卡；（2）學習者在空格內輸入數字；（3）整個關卡過關後即可進入下一關。



圖 7. 數獨遊戲模擬器操作畫面

數獨遊戲在輸入過程之中，若遇到同一橫列或同一直行或 3x3 方格內的數字重複，系統即出現錯誤訊息，並立即消除重複的數字，恢復等待輸入數字的狀態，如圖 8 所示。



圖 8. 數獨遊戲模擬器錯誤訊息畫面

### 三、嵌入到行動電話實際操作畫面

本研究經模擬器測試成功後，將數獨遊戲封裝成 JAR 檔，以藍芽設備傳輸或複製到專用的 Micro SD 記憶卡並嵌入到行動電話裡，實際操作畫面如圖 9 所示，圖示由左至右，依序為（1）數獨遊戲第一道關卡畫面；（2）學習者在空格內輸入數字；（3）系統出現數字重複的錯誤訊息；（4）過關畫面。圖 10 為學生三人一組的數獨遊戲競賽與一人自行練習的圖片。



圖 9. 嵌入到行動電話實際操作畫面



圖 10. 三人一組的數獨遊戲競賽及一人自行練習

## 肆、結論與建議

### 一、結論

本研究將益智類的數獨遊戲，以 JAVA 程式語言設計於行動電話裡，透過「寓教於樂」的方式，讓行動電話由單純的通訊工具，搖身一變為「行動學習」的「科技玩具」，著實地將資訊科技融入於教學之中，也提高學生對學習科技與數學的興趣，更讓學生瞭解行動學習的優缺點，使學生對科技有更深一層的認識與體會。

### 二、建議

本研究在設計製作之後，將已封裝完成的 JAR 檔分別嵌入到 Ac 牌、As 牌、B 牌、Ch 牌、E 牌、L 牌、M 牌、N 牌、Sa 牌、Sh 牌、So 牌等市面常見的行動電話裡，經實作結果發現以 N 牌的相容性最為適合做行動學習的硬體與系統平台，此一發現可提供後續研究者參考，以降低程式測試的時間。

## 參考文獻

- 方建良(2003)。創新教學小點子—資訊融入數學學習障礙生的學習。**師說**，174，頁 11-13。
- 朱延平、邵明宏(2008)。使用「音象先修網」兒童數位學習系統以增進國小學生數學學習成就實驗計畫成果報告書：探討國小學童使用 e-Learning 學習模式之行動研究。2009 年 3 月 8 日，取自：[http://w3.hikids.com.tw/asp\\_unit/news/2008events/200804press/公館國小---音象數位學習成果報告.pdf](http://w3.hikids.com.tw/asp_unit/news/2008events/200804press/公館國小---音象數位學習成果報告.pdf)
- 朱峻宏(2006)。不同思考風格者對電腦遊戲特質偏好之研究。國立中央大學網路學習科技研究所碩士論文，未出版，桃園。
- 何榮桂(2002)。臺灣資訊教育的現況與發展—兼論資訊科技融入教學。**資訊與教育**，87，頁 22-48。
- 吳明瑄、葉茂淳、王思懿(2006)。如何解「數獨」，**數學傳播季刊**，30(1)，頁 49-60，ISSN：1023-7526。
- 李瑩英(2002)。建構數學與數學教育。**科學月刊**，396。
- 科技資訊網(2009)。Java 的過去、現在及未來。2009 年 3 月 12 日，取自：<http://cgi.taiwan.cnet.com/jpc/sp1-1.htm>。
- 張國恩(1999)。資訊融入各科教學之內涵與實施。**資訊與教育雜誌**，72，頁 2-11。
- 張國恩、宋曜廷、陳平福、侯惠澤(2004)。國外行動學習案例探討。**行動學習之數位內容建置及運用技術研究研討會論文集**，國立台灣師範大學。
- 教育部(1998)。資訊科技融入數學科實地教學實驗計畫。2009 年 3 月 7 日，取自 [http://content.edu.tw/primary/math/ch\\_dc/page/88/math.doc](http://content.edu.tw/primary/math/ch_dc/page/88/math.doc)。
- 教育部(2001)。中小學資訊教育總藍圖。2009 年 3 月 7 日，取自 [http://www.edu.tw/files/site\\_content/b0089/guideline\(9006\).pdf](http://www.edu.tw/files/site_content/b0089/guideline(9006).pdf)。
- 莊一凡(2004)。基於模糊理論及傳統統計理論探討國小教師實行資訊融入數學科教學之情形與困難。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 莊一凡、陳光勳(2004)。國小教師實行資訊融入數學科教學現況調查分析之研究。**國立臺北師範學院學報**，17(1)，頁 1-24。

- 郭昕周、林華、周倩（1998）。建構取向的遊戲式 MUD 學習環境。《**教學科技與媒體**》，**37**，頁 28-41。
- 陳台譯（2004）。《**行動裝置用於溪流生態工程評鑑系統之研究與實作**》。國立台北科技大學土木與防災技術研究所碩士論文，台北。
- 溫明正（2006）。學習不再受「線」制從教學模式變革談學習新場域，《**師友月刊**》，**471**。
- 溫嘉榮（2003）。教師如何將資訊融入學科成爲教學工具。《**教育研究月刊**》，**105**，頁 75-81。
- 蘇怡如、彭心儀、周倩（2004）。行動學習之定義與要素，《**教學科技與媒體**》，**70**，頁 4-14。
- Ayala, G., & Yano, Y. (1998). A collaborative learning environment based on intelligent agents. *Expert Systems with Applications*, *14*, 129-137.
- Barros, B., & Verdejo, F. M. (2000). Analysing student interaction processes in order to improve collaboration. The DEGREE approach. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *11*, 221-241.
- Bischoff, P. J., & Anderson, O. R. (1998). A case study analysis of the development of knowledge schema, ideational network, and higher cognitive operations among high school students who studied ecology. *School Science and Mathematics*, *98*(5), 228-237.
- Byous, J. (1998). *Java Technology: The Early Years*. Retrieved March 29, 2009, from <http://java.sun.com/>.
- Chen, C. P., Kuo, S. H., & Chen, C. Y. (2008). *The Development and Application of a Mobile Learning System for Carrying out Elementary School Social Class Activities—An Example of Pingtung Matzu Culture*. In Proceedings of The 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2008) . Santander, Cantabria, Spain.
- Chen, Y. S., Kao, T. C., Sheu, J. P., & Chang, C. Y. (2003). A mobile learning system for scaffolding bird watching learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, *19*(3), 347-359.
- Dye, A. (2003). Mobile Education-A Glance at The Future. Retrieved March 7, 2009, from [http://www.nettskolen.com/forskning/mobile\\_education.pdf](http://www.nettskolen.com/forskning/mobile_education.pdf).

- Frohberg, D. (2006). *Mobile learning is coming of age: What we have and what we still miss*. In Proceedings of DeLFI 2006, Darmstadt, Germany.
- Harris, P. (2001). Goin Mobile. Retrieved March 8, 2009, from <http://www.learningcircuits.org/2001/jul2001/harris.html>.
- Liu, C. C., Chou, C. C., Liu, B. J., & Yang, J. W. (2006). Improving mathematics teaching and learning experiences for hard of hearing students with wireless technology enhanced classrooms. *American Annals of The Deaf*, 151(3), 345-355.
- Liu, T. C., Wang, H. Y., Liang, J. K., Chan, T. W., Ko, H. W., & Yang, J. C. (2003). Wireless and mobile technologies to enhance teaching and learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(3), 371-382.
- Norman, D. A. (1981). *Perspectives on cognitive science*. New Jersey: Norword.
- Oloruntoba, R. (2006). *Mobile learning environments: A conceptual overview*. Proceedings of the OLT 2006 Conference, Brisbane, Australia.
- Quinn, C. (2000). mLearning: Mobile, Wireless, In-Your-Pocket Learning. *Line Zine Magazine*. Retrieved March 12, 2009, from <http://www.linezine.com/2.1/features/cqmmwiyp.htm>.
- SUDOKU 数独 (2005). 数独ルール, Retrieved March 29, 2009, from <http://www.sudoku.name/rules/jp>.
- Sun(2007). *Sun Developer Network*, Retrieved March 27, 2009, from <http://java.sun.com/javame/index.jsp>.
- Tan, T. H., & Liu, T. Y. (2004). *The MOBILE-Based interactive learning environment (MOBILE) and a case study for assisting elementary school English learning*. Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2004), Joensuu, Finland.
- Tom, H. B.(2005).Towards a model for m-learning in Africa. *International Journal on E-Learning*, 4(3), 299-315.
- Woukeu, A., Millard, D. E., Tao, F., & Davis, H. C. (2005). Challenges for semantic grid based mobile learning. In Proceedings of IEEE SITIS Conference, Yaounde, Cameroon.
- Wright, T. P.(1936). Factors affecting the cost of airplanes. *Journal of Aeronautical Sciences*, Vol. 3, No. 4, 1936, 22-128.

# 自製可調式陶笛之設計製作與分析

郭清進\* 陳麗秋\*\*

高雄縣立忠孝國民小學教師

## 摘要

陶笛具有簡單易學、聲音高雅、體積小巧、攜帶方便等特色，因此，廣受眾人所喜愛。然陶笛的發音是靠空氣的振動所產生的，而空氣的振動會受室溫的影響而有所差異，陶笛經燒結後，其體積是固定不變的，所以無法隨室溫的變動而精準調音是其唯一缺點。

本研究為改良陶笛的缺失，利用哨子的氣窗、針筒的氣腔與陶笛的配孔式音孔結合，自創一種可調音的陶笛，並以電腦測音軟體分析其頻譜，利用統計分析其音孔面積與氣腔體積對音高的影響。經實驗研究的結果，得到下列結論：

- 一、將陶笛的氣腔調大，其基本音就會變低，氣腔與音高成反比。
- 二、開放音孔的組合面積越大，吹奏所發出的頻率就越高。

**關鍵詞:** 聲音的探討、陶笛、電腦測音、自製樂器

# Design, Making and Analysis of Home-Made Adjustable Ocarina

## Abstract

Ocarina is featured with simple, easy, elegant sound, compact and carry-easy characteristics and therefore is widely acceptable. Yet, since Ocarina is generating sound through vibration of air, which in turn is affected by room temperature. After sintering, the size of ocarina is fixed and unchangeable, so it allows no adjustment of pitch precisely with the change in room temperature. This is one of few drawbacks of Ocarina.

In order to improve the discrepancy of Ocarina, we used air window of whistle, air chamber of syringe together with the sound holes of Ocarina in making a sound adjustable Ocarina. The frequency spectrum was analyzed with computer sound fixing and ranging software and statistical software was employed to analyze the effects on pitch of area of sound hole and cubic of air chamber. Through experiment, it is concluded to the following:

1. Increasing air chamber of Ocarina will lower the basic sound pitch, which means that there is inverse proportion relationship between air chamber and pitch.
2. The larger the composite area of opened air hold will give higher frequency when blowing.

**Key Words: Study of Sound, Ocarina, Computer Sound Fixing & Ranging,  
Home-Made Musical Instru**

## 壹、緒論

陶笛是一種古老的樂器，出現年代久遠，在中國古代殷商時期已普遍使用類似陶笛的蛋型吹管樂器「埙」。陶笛有著類似直笛的吹嘴並兼具埙的共鳴體，陶笛是否由埙所演進發展而來已不可考。陶笛屬於吹管樂器，在 Midi 音樂裡也可找到陶笛這項樂器，大部分的吹管樂器是管狀開管式的，而陶笛卻是船形或蛋形的，並且是一種閉管式的樂器。它與長笛類的樂器發聲原理相同，都屬於邊棱音樂器。

陶笛它是一種攜帶方便且簡單易學的樂器，可結合陶藝而製成各式各樣的造型，增加它的藝術性，讓人愛不釋手。在台灣會樂器的人口中，以會吹陶笛者最多。陶笛是由陶土所製作而成的，它的材質取自大自然，因此是最屬於自然和諧的樂器，在中國古代的分類中屬於八音的「土」類。

吹管樂器的發音是靠空氣的振動所產生的，而空氣的振動會受室溫的影響而有所差異，陶笛雖然音色優美，但陶笛經燒結後，其體積是固定不變的，它不像一般的吹管樂器可以調音，因此無法隨室溫的變動而精準調音是其唯一缺點。

為改良陶笛的缺失，本研究利用哨子的氣窗、針筒的氣腔與陶笛的配孔式音孔結合，自創一種可調音的陶笛，其原理猶如直笛伸縮調整頭節與中節的接合長度以改變音高，而陶笛的調音乃改變其共鳴氣腔的大小（調整針筒的推桿位置），為瞭解其可行性，以電腦測音軟體分析其頻譜，並利用統計分析研究。

### 一、研究背景與動機

在國小六年級的「自然與生活科技」課程中，有一「聲音的探討」單元，讓學生了解聲音有高低、大小和音色的變化，進而引導學生利用身邊的一些物品來製作樂器演奏。文中提到振動體的體積越大，則其所發出的聲音越低，為讓學生能更易實驗與瞭解其原理，特將注射針筒與哨子結合，製成「針筒樂器」，以針筒的推桿位置代替試管中的水位高低，加上哨子的吹嘴以便於吹奏出聲音，推拉

推桿即可產生不同高低的聲音，吹奏一首曲子。

本校課後設有陶笛社團，校園中陶笛的樂音此起彼落，令人心曠神怡。而前述的針筒樂器雖可發出樂音，但要吹奏一首曲子，隨著頻率的增加，其拉動的距離相對縮短，在高音的部份，要正確吹出較為不易。因此聯想到利用陶笛的配孔方式來改變音高，在針筒樂器上增加音孔，製成自製可調式陶笛。

## 二、研究目的

本研究預計達成三個目的：

1. 瞭解陶笛的共鳴氣腔對音高(頻率)的影響。
2. 瞭解陶笛的音孔位置與大小對音高的影響。
3. 瞭解陶笛的開放音孔面積與調整共鳴氣腔大小對音高的影響。

## 貳、文獻探討

### 一、聲音的探討

施惠(2007)在「國民小學自然與生活科技」一書中，提到造成吹管樂器音高差異的原因：

1. 空氣柱長短，是吹管樂器產生不同音高的主因

以排笛為例，長短不同的管子正是排笛發出不同音高的關鍵。長的管子因管內空氣柱高，氣流的震動不易，所產生的聲音比較低。短的管子則因管內空氣柱短，氣流的震動容易，因此可以產生高音。

2. 改變「空氣柱長短」可改變音高

運用透明的試管裝水測試發現，當試管內的空氣柱越高，所吹奏出的聲音越低，空氣柱越短，吹奏的聲音就越高。

潘旭建(2006)在「臺灣地區陶笛發展與推動狀況之研究」一文中，探討了陶笛的構造之後，提出下列看法：

1. 陶笛是一種閉管式的樂器。其音響產生是由開放音孔的共振所造成。

2. 陶笛的音孔分布位置並非最重要，孔的大小尺寸才是決定音高最重要的因素。
3. 陶笛在結構上有兩個重要的特點：具有吹嘴且必須是閉管式的樂器。
4. 陶笛吹嘴有兩個很重要的部位，分別是氣道和笛唇，它們除了決定陶笛聲好壞之外，若受到損害，這個陶笛就無法正常使用。

## 二、電腦測音軟體

在過去的測音研究中，所用的測音設備具有相當的專業性，精度問題較少被探討。針對同一個聲音檔案，使用不同的電腦軟體進行測音時，會得到不同測音數據，究其原因可能是軟體本身的精度問題所致，因此，電腦測音軟體的研究是必要的。

翁志文(2007)在「測音軟體之精度檢測與選擇—以曾侯乙編鐘為例」一文中，針對通用音樂分析系統 GMAS、Cool Edit Pro、PULSE LabShop、Speech Analyzer、Solo Explorer 和 Praat 等六個曾經用來測音的軟體進行檢測。提及對曾鐘音律之測定而言，PULSE LabShop 與 Cool Edit Pro 均能達到精度上的要求，而 PULSE LabShop 可以用自動定時距的方式進行測音，Cool Edit Pro 則無自動定時距的測音功能。

在徐飛、夏季和王昌隧(2004)在「賈湖骨笛音樂聲學特性的新探索—最新出土的賈湖骨笛測音研究」一文中，使用 Cool Edit Pro 進行測音。鄭慧慈（2008）在「聲音的探討—以電腦測音分析陶磬與陶鐘為例」一文中，亦利用 Cool Edit Pro 進行測音。

翁志文認為 Cool Edit Pro 無自動定時距的測音功能是其缺點，但研究者認為隨機的測音功能在統計分析中更為重要，只要能在任何時間點都可輕易得到頻譜分析即可，Cool Edit Pro 2 在這方面是毋庸置疑的。Cool Edit Pro 電腦測音軟體普遍被採用，因此，本研究採用 Cool Edit Pro 來進行測音，其測音畫面如圖 1 所示：



圖 1 Cool Edit Pro 測音畫面

## 參、研究設計與方法

### 一、可調式陶笛之設計製作

(一) 製作材料：哨子、注射針筒、寶特瓶各一個。

(二) 製作方法：

1. 將哨子底部切開。
2. 將寶特瓶瓶蓋挖一與哨子底部相同大小的方洞。
3. 將切開的哨子與挖洞的寶特瓶瓶蓋膠接結合。
4. 去除寶特瓶的瓶身，只留瓶頭部位。
5. 切除注射針筒的頭部。
6. 將瓶頭與注射針筒結合。
7. 將結合哨子的瓶蓋與具有瓶頭的注射針筒旋入接合。
8. 在注射針筒的筒身挖與配孔式陶笛類似的音孔。

製作完成的自製可調式陶笛如圖 2 所示：

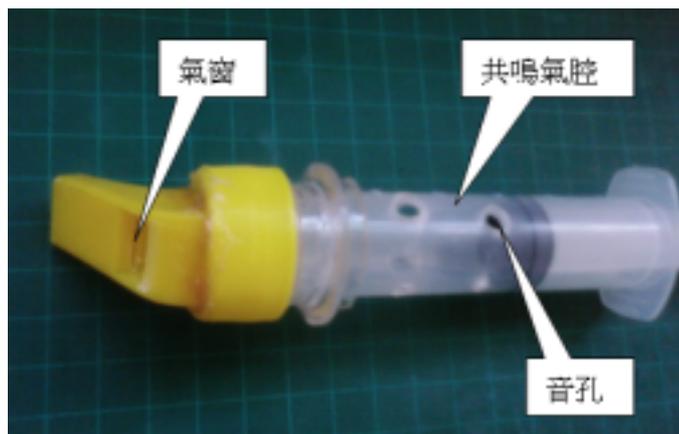


圖 2 自製可調式陶笛

## 二、實驗計畫

本研究採實驗研究法，其實驗計畫流程，如圖 3 所示：



圖 3 實驗計畫流程圖

### (一) 擬定研究問題

基於研究目的與文獻探討，提出下列幾項研究問題，並加以分析：

1. 陶笛的共鳴氣腔對音高(頻率)的影響？
2. 陶笛的音孔位置與大小對音高的影響？
3. 陶笛的開放音孔面積與調整共鳴氣腔大小對音高的影響？

## (二) 實驗計畫的設計

### 1. 建立假設：

- (1) 假設 1：陶笛的共鳴氣腔對音高有顯著差異。
- (2) 假設 2：陶笛的音孔位置與大小對音高有顯著差異。
- (3) 假設 3：陶笛的開放音孔面積與調整共鳴氣腔大小對音高有顯著差異。

### 2. 界定變項：自變項—假設 1：共鳴氣腔

假設 2：音孔位置與大小

假設 3：音孔面積、共鳴氣腔

依變項—頻率。

干擾變項—吹奏力道、室溫、環境雜音。

### 3. 設計實驗變項與操控：

- (1) 假設 1：共鳴氣腔的改變由針筒上的推桿來控制。
- (2) 假設 2：音孔位置如配孔式陶笛的位置，而音孔大小則利用金鋼砂挫刀修之。
- (3) 假設 3：音孔面積以開放指孔來改變組合面積。  
共鳴氣腔的改變由針筒上的推桿來控制。

### 4. 控制干擾變項：

其干擾變項有吹奏力道、室溫、環境雜音，應加以控制。

### 5. 實驗設計：

- (1) 假設 1：陶笛的共鳴氣腔對音高有顯著差異。
  - a. 自變項：共鳴氣腔
  - b. 水準值：共鳴氣腔有四個水準（ $15\text{mm}^3$ 、 $20\text{mm}^3$ 、 $25\text{mm}^3$ 、 $30\text{mm}^3$ ）
  - c. 依變項：頻率
- (2) 假設 2：陶笛的音孔位置與大小對音高有顯著差異。
  - a. 自變項：音孔位置與大小
  - b. 水準值：音孔位置與大小有六個水準：其位置如圖 4 所示，位置 1

( $2.30\text{mm}^2$ )、位置 2 ( $4.22\text{mm}^2$ )、位置 3 ( $6.04\text{mm}^2$ )、位置 4 ( $7.28\text{mm}^2$ )、位置 5 ( $6.64\text{mm}^2$ )、位置 6 ( $7.16\text{mm}^2$ )

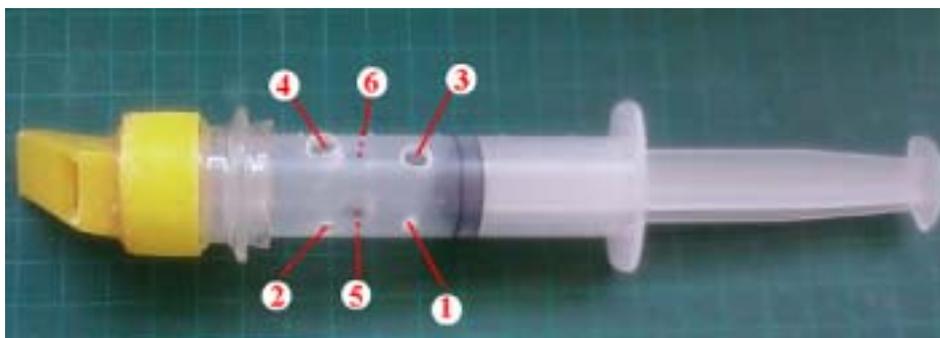


圖 4 自製可調式陶笛的音孔位置

c.依變項：頻率

(3) 假設 3：陶笛的開放音孔面積與調整共鳴氣腔大小對音高有顯著差異。

a.自變項：氣窗、共鳴氣室

b.水準值：開放音孔面積組合十個水準，依假設 2 的音孔做如表 1 的音孔組合

表 1 開放音孔面積組合

音孔組合	C	D	E	F	G	A	B	C+	D+	E+
		1	2	1	1	1	2	1	1	1
開				2	3	2	3	2	2	2
放						3	4	3	3	3
孔								4	4	4
位									5	5
										6

共鳴氣腔四個水準 ( $25\text{mm}^3$ 、 $27.5\text{mm}^3$ 、 $30\text{mm}^3$ 、 $32.5\text{mm}^3$ )

c.依變項：頻率

6. 觀察依變項：

(1) 資料量測方法：

依變項：頻率

本研究採用 Cool Edit Pro 2 來進行測音，陶笛依不同的實驗水準間斷吹奏，並進行錄音存檔，每一間隔可視為一個母群體。由不同的母群體中，隨機各抽取 5 個樣本，進行頻譜分析，自動測定其頻率。

(2) 資料量測記錄：將頻譜分析自動測定所得之頻率記錄之。

#### 7. 統計分析：

(1) 描述性統計：依自變項各水準所產生的頻率資料，計算平均數、標準差。

(2) 迴歸分析：分析自變項與依變項的相關係數，並求得最佳迴歸曲線。

## 肆、研究分析與發現

### 一、陶笛的共鳴氣腔對音高(頻率)的影響

#### 1. 描述性統計分析

陶笛的共鳴氣腔對音高的描述性統計，如表 2 所示：

表 2 陶笛的共鳴氣腔對音高的描述性統計分析

依變數: 頻率			
氣腔體積	平均數	標準誤	個數
15	1106.300	1.95448	5
20	922.316	2.28522	5
25	788.712	2.15656	5
30	704.006	.84562	5

#### 2. 迴歸分析

陶笛的共鳴氣室與頻率之相關與迴歸分析，如表 3 與圖 5 所示：

表 3 陶笛的共鳴氣室對頻率的相關與迴歸分析

方程式	模式摘要					參數估計		
	R <sup>2</sup>	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2
二次曲線	1.000	67429.45	2	17	.000	1955.123	-71.485	.993

自變數: 共鳴氣室  
依變數: 頻率

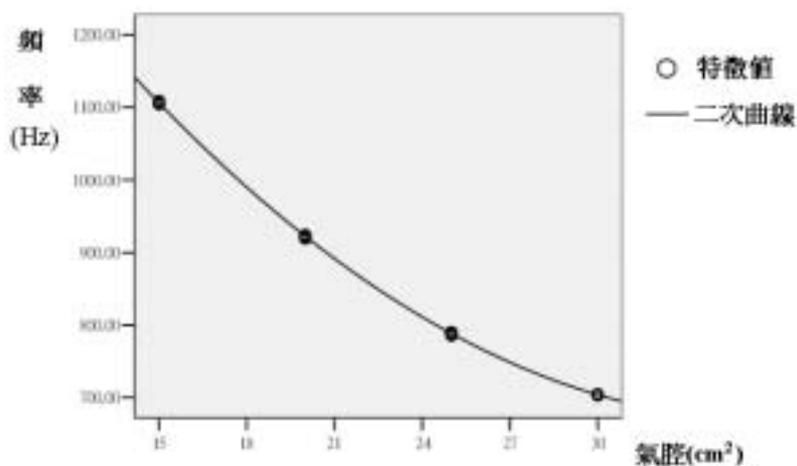


圖 5 陶笛的共鳴氣腔對頻率的迴歸曲線

由表 3 的參數估計得知，其迴歸方程式為：

$$\hat{Y} = 1955.123 - 71.485X + 0.993 X^2$$

### 3. 實驗發現

- (1) 在有意水準  $\alpha = .05$  下，陶笛的共鳴氣腔對音高有顯著差異。
- (2) 陶笛的共鳴氣腔對頻率的迴歸曲線，其決定係數  $R^2 = 1.00$ ，表示共鳴氣腔對此迴歸線的貢獻度為 100%，共鳴氣室與頻率呈高度負相關。

## 二、陶笛的音孔位置與大小對音高的影響

### 1. 統計圖

陶笛的音孔位置與大小對音高的影響，其散佈圖如圖 6 所示：

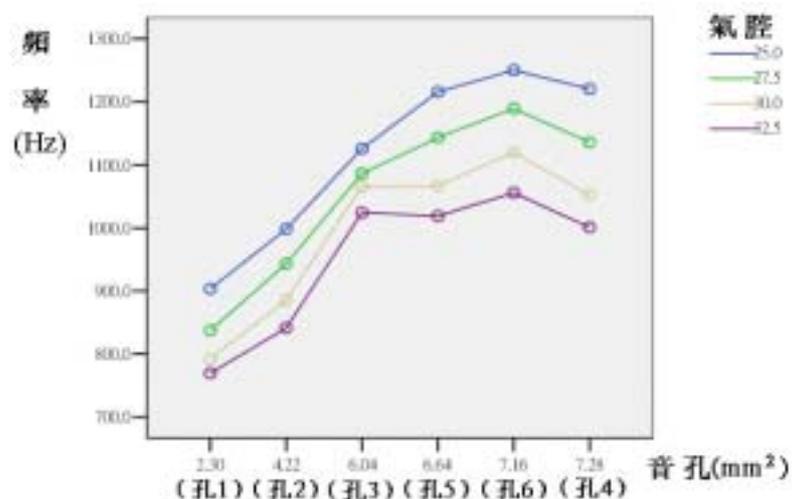


圖 6 在不同的氣腔條件下，陶笛的音孔位置與大小對音高的散佈圖

## 2. 迴歸分析

陶笛的共鳴氣腔與音孔大小對頻率之相關與迴歸分析，如表 4~5 與圖 7~8 所示：

表 4 陶笛的音孔對頻率二次曲線的模式摘要

模式摘要			
R	R <sup>2</sup>	調整後的 R <sup>2</sup>	標準誤估計
.859	.738	.734	69.987

自變數：音孔  
依變數：頻率

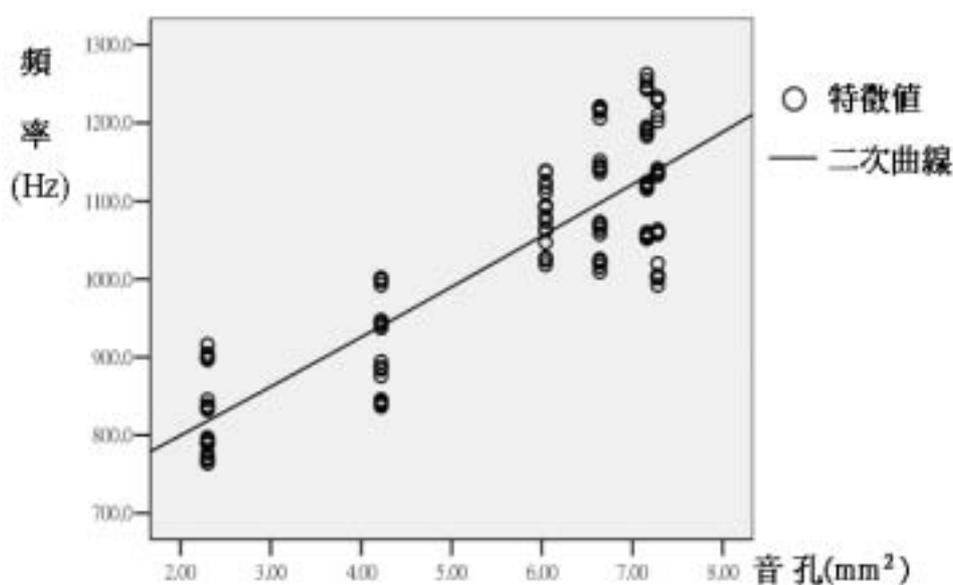


圖 7 陶笛的音孔大小對頻率的迴歸曲線圖

表 5 陶笛的共鳴氣腔對頻率二次曲線的模式摘要

模式摘要			
R	R <sup>2</sup>	調整後的 R <sup>2</sup>	標準誤估計
.465	.216	.203	121.063

自變數：氣腔  
依變數：頻率

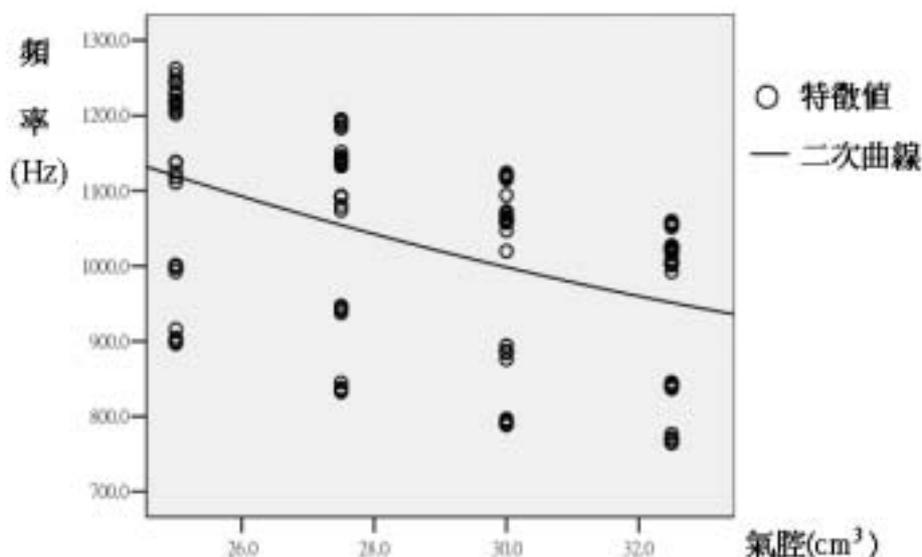


圖 8 陶笛的共鳴氣腔對頻率的迴歸曲線

### 3. 實驗發現

- (1) 在有意水準  $\alpha = .05$  下，陶笛的音孔位置與大小對音高有顯著差異。
- (2) 由圖 6 在不同的氣腔條件下，陶笛的音孔位置與大小對音高的散佈圖中，可以看出音孔與氣窗的距離越近，其測得的頻率會較低，此點與開放式的直笛氣腔相反。其影響程度隨著氣腔的增大而更加明顯。
- (3) 由表 4 與表 5 分別得知，陶笛的音孔對頻率的決定係數  $R^2 = .734$ ，表示音孔對此迴歸線的貢獻度為 73.4%，陶笛的共鳴氣室對頻率的決定係數  $R^2 = .203$ ，表示共鳴氣腔對此迴歸線的貢獻度為 20.3%。
- (4) 音孔與頻率呈正比關係，而共鳴氣腔與頻率則呈反比關係。

## 三、陶笛的開放音孔面積與調整共鳴氣腔大小對音高的影響

### 1. 統計圖

將所測得的資料作成散佈圖，其中在氣腔為  $32.5\text{cm}^3$  時，開放音孔面積達  $130\text{mm}^2$  以上則會產生倍頻的氣音，故未予以記錄，陶笛的開放音孔面積對音高的散佈圖，如圖 9 所示：

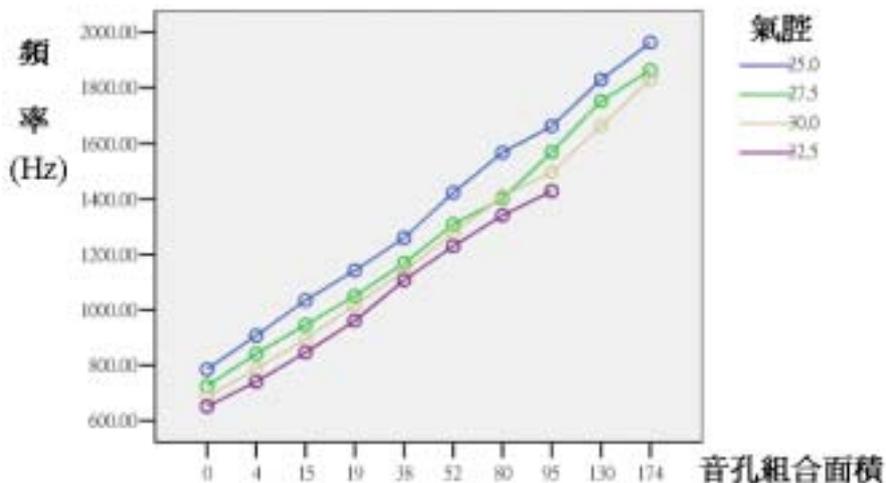


圖 9 在不同氣腔下，陶笛的音孔組合對頻率的散佈圖

2. 迴歸分析

在相同的氣腔條件下，其陶笛的開放音孔面積對音高的決定係數  $R^2$  均在 .987 以上。而同時改變陶笛的開放音孔面積與調整共鳴氣腔大小，其對音高的模式摘要與回歸曲線，如表 6 與圖 10 所示：

表 6 陶笛的共鳴氣室對頻率的相關與迴歸分析

方程式	模式摘要					參數估計		
	$R^2$	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2
二次曲線	.954	1938.689	2	187	.000	777.315	10.815	-.026

自變數: 音孔面積  
依變數: 頻率

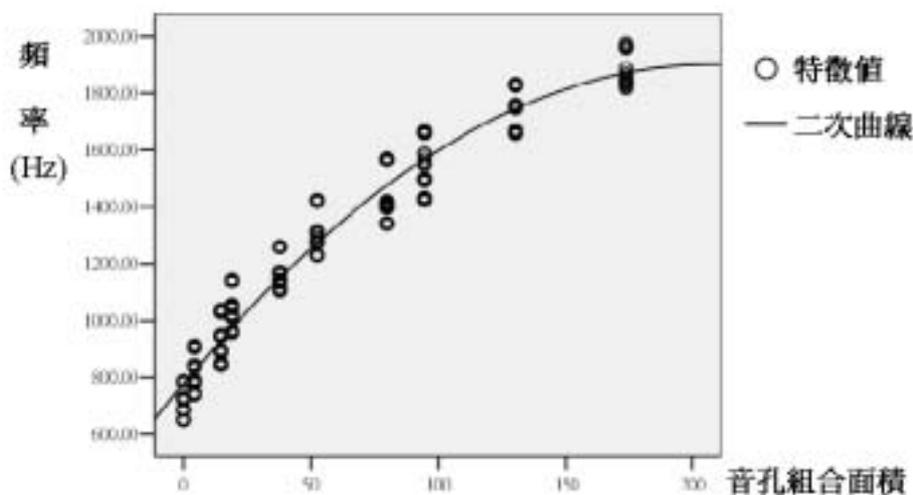


圖 10 陶笛的音孔面積對頻率的迴歸曲線

### 3. 實驗發現

- (1) 在有意水準  $\alpha = .05$  下，陶笛的開放音孔面積與調整共鳴氣腔大小對音高有顯著差異。
- (2) 由圖 9 得知，在相同的開放音孔面積下，調整加大氣腔則音高會降低，當氣腔加大時則需有更大的氣窗，否則在音孔面積增大時易產生氣音。
- (3) 由表 6 與圖 10 得知，在不同氣腔下，陶笛的音孔組合面積與頻率仍有高度的正相關。

## 伍、結論與建議

### 一、結論

依實驗計畫的結果，得到下列結論：

- (一) 將陶笛的氣腔調大，會使其基本音變低，氣腔與音高成高度負相關。
- (二) 在長筒型的密閉式氣腔下，其音孔的位置會影響音高，但在配孔式陶笛的音孔組合下，音孔組合面積與音高依然呈現高度的正相關。
- (三) 開放音孔的組合面積越大，吹奏所發出的頻率就越高。
- (四) 經調整後的氣腔，其開放音孔面積對音高的決定係數  $R^2$  均在 .987 以上。

### 二、建議

本實驗所用的哨子，其吹嘴的設計並非針對發出各種頻率所設計的，將它用來作為陶笛的吹嘴，當較大的開放音孔面積時，它的笛唇角度無法使大量的氣流經由氣窗溢出與笛唇發生摩擦產生聲音，因此會造成倍頻的氣音。若能有現成的專用吹嘴，直接旋轉即可套用在各種容器上，在容器上直接挖音孔或藉由裝入不同的水量來改變音高，使學生在學習「聲音的探討」單元時，能將理論與實際的樂器運用結合，將更能提高學生的學習興趣。

## 參考文獻

- 施惠（2007）。國民小學自然與生活科技—第六冊。南一書局。
- 翁志文（2007）。測音軟體之精度檢測與選擇—以曾侯乙編鐘為例。國立台南藝術大學：『民族音樂學在台灣』學術研討會。
- 徐飛、夏季、王昌隧（2004）。賈湖骨笛音樂聲學特性的新探索——最新出土的賈湖骨笛測音研究。中國期刊全文資料庫：音樂研究，1。
- 潘旭建（2006）。臺灣地區陶笛發展與推動狀況之研究。國立臺南大學音樂教育學系音樂科教學碩士論文，未出版，台南市。
- 鄭慧慈（2008）。聲音的探討—以電腦測音分析陶磬與陶鐘為例。國立高雄師範大學工業科技教育學系教學碩士論文，未出版，高雄市。

## 運輸科技學習活動之探討－太陽能車

曾若蘭

台灣師大工業科技教育系研究生

### 壹、前言

近年來偶聞大專院校學生設計出符合環保的太陽能車；2004年1月22日，總統府亦啓動太陽能發電示範系統，這套系統提供總統府內迴廊照明使用，台灣也成爲第一個在總統府內使用太陽能發電系統的國家。太陽能的使用的確前景看好，因爲太陽能好處多多，亦不會造成污染、也不像開採石油般擔心有用完的一天；既然太陽能優點那麼多，但爲什麼“太陽能”這名詞在現代的生活中只能當成一個代表“現代時尚”的代名詞，卻不能真實地帶給現代人們生活上的方便？爲什麼在孩子們的世界中，太陽能的概念卻是那麼的抽象與模糊？日常生活中太陽能好像也只能運用在太陽能計算機？將太陽能的觀念向基礎教育紮根，就如同替我們尋求一個更環保的未來、一個更健康的地球！所以我們決定以太陽能爲主體，發展出一套教案讓太陽能的觀念向下紮根。

「環保」是九年一貫課程中六大議題之一，本教學活動即是以環保再生能源－太陽能爲出發點，搭配「自然與生活科技」領域課程相關「能源與運輸」發展出來。

太陽能是乾淨且取之不盡的能源、安全性高、更不會增加或減少地球的溫度，是極環保的再生資源。發展太陽能是重視地球環保與營造永續經營環境的重要方向之一。

從活動「哇！蕃薯也能這樣烤！」讓學生實際感受到太陽的威力以及是太陽所產生的熱能應用的方便性；而從『太陽能車』（模型）的設計與製作，做中學建構知識及經驗，並從競賽活動中發現彼此作品的差異及優缺點，進而檢討改進，克服困難等重要的學習過程與解決問題能力的培養，衍生學生對一部日常生

活中常見的汽車所涵蓋整體科技概念之了解。

## 貳、教學活動設計

- 一、 單元名稱：太陽能車
- 二、 教學對象：國中九年級學生
- 三、 教學先備知識：對能量轉換、光學有基礎的認識
- 四、 教學時數：九節課
- 五、 教學目標：

(一) 學習本課程，學生可習得下列目標：

1. 培養學生環保的概念
2. 培養學生對生活的敏銳度
3. 培養學生循序漸進追求學問的態度
4. 培養學生解決問題的能力
5. 培養學生動手做的能力
6. 讓學生了解車子相關的各種知識
7. 讓學生了解能源的種類及其運用
8. 讓學生了解能量的種類及其轉換
9. 讓學生了解馬達的構造及用途
10. 讓學生了解環保的重要及有效方法

(二) 分段能力指標（表一）

本教學活動的實施，主要可達成九年一貫的分段能力指標，如下表一所描述：

表一 運輸科技-太陽能車之自然與生活科技分段能力指標

### (1) 過程技能

編號	能力指標
1-4-1-1	能由不同的角度或方法做觀察
1-4-2-1	若相同的研究得到不同的結果，研判此不同是否具有關鍵性
1-4-3-1	統計分析資料，獲得有意義的資訊

1-4-3-2	依資料推測其屬性及因果關係
編號	能力指標
1-4-4-2	由實驗的結果，獲得研判的論點
1-4-4-4	能執行實驗，依結果去批判或了解概念、理論、模型的適用性
1-4-5-5	傾聽別人的報告，並能提出意見或建議

## (2) 科學與技術認知

編號	能力指標
2-4-1-1	由探究的活動，嫻熟科學探討的方法，並經由實作過程獲得科學知識和技能
2-4-5-7	觀察力的作用與傳動現象，察覺力能引發轉動、移動的效果。以及探討流體受力傳動的情形
2-4-5-8	探討電磁作用中電流的熱效應、磁效應
2-4-6-1	由「力」的觀點看到交互作用所引發物體運動的改變。改用「能」的觀點，則看到「能」的轉換

## (3) 科技的發展

編號	能力指標
4-4-1-1	了解科學、技術與數學的關係
4-4-1-2	了解技術與科學的關係
4-4-1-3	了解科學、技術與工程的關係
4-4-2-1	從日常產品中，了解台灣的科技發展

## (4) 思考智能

編號	能力指標
6-4-2-1	依現有的理論，運用類比、轉換等推廣方式，推測可能發生的事
6-4-2-2	依現有理論，運用演繹推理，推斷應發生的事
6-4-5-1	能設計實驗來驗證假設
6-4-5-2	處理問題時，能分工執掌，做流程規劃，有計畫的進行操作

## (5) 科學應用

編號	能力指標
7-4-0-1	察覺每日生活活動中運用到許多相關的科學概念
7-4-0-2	在處理個人生活問題(如健康、食、衣、住、行)時，依科學知識來做決定

7-4-0-3	運用科學方法去解決日常生活的問題
---------	------------------

## (6) 設計與製作

編號	能力指標
8-4-0-2	利用口語、影像(如攝影、錄影)、文字與圖案、繪圖或實物表達創意與構想
8-4-0-3	了解設計的可用資源與分析工作
8-4-0-4	設計解決問題的步驟
8-4-0-6	執行製作過程中及完成後的機能測試與調整

## 六、 所需工具與材料

## (一) 教師於教學前須準備的器材 (表二)

表二：教師教學器材表

名稱	數量	備註
單槍投影機	1 台	
筆記型電腦	1 台	
學習單、電腦簡報、 圖片、網站、書籍等		教學資料

## (二) 學生實作所需的工具與材料 (表三)

表三：學生實作材料與工具表

名稱	規格	數量	備註
太陽能晶片	0.5V 300mA	1 片	以個人為單位
電動馬達 (太陽能專用)	0.5V ~6V 10mA 起動	1 個	
齒輪組		1 包	
剪刀		1 把	
美工刀		1 把	
保麗龍膠		1 瓶	
AB 膠/瞬間膠		1 瓶	
雙面膠/透明膠帶		1 個	
粗/細砂紙	#80、#180	各 1 張	
切割墊		1 個	
鐵尺/直角尺		1 把	
廢棄光碟、瓶蓋 <sup>註1</sup>		依需要	作為輪胎用

※ 註 1：蒐集車輛零件材料，研究適合的車殼形狀、材質與輪胎，盡量兼具環保。

## 七、 運輸科技太陽能車教學活動之綱要架構 (圖 1)

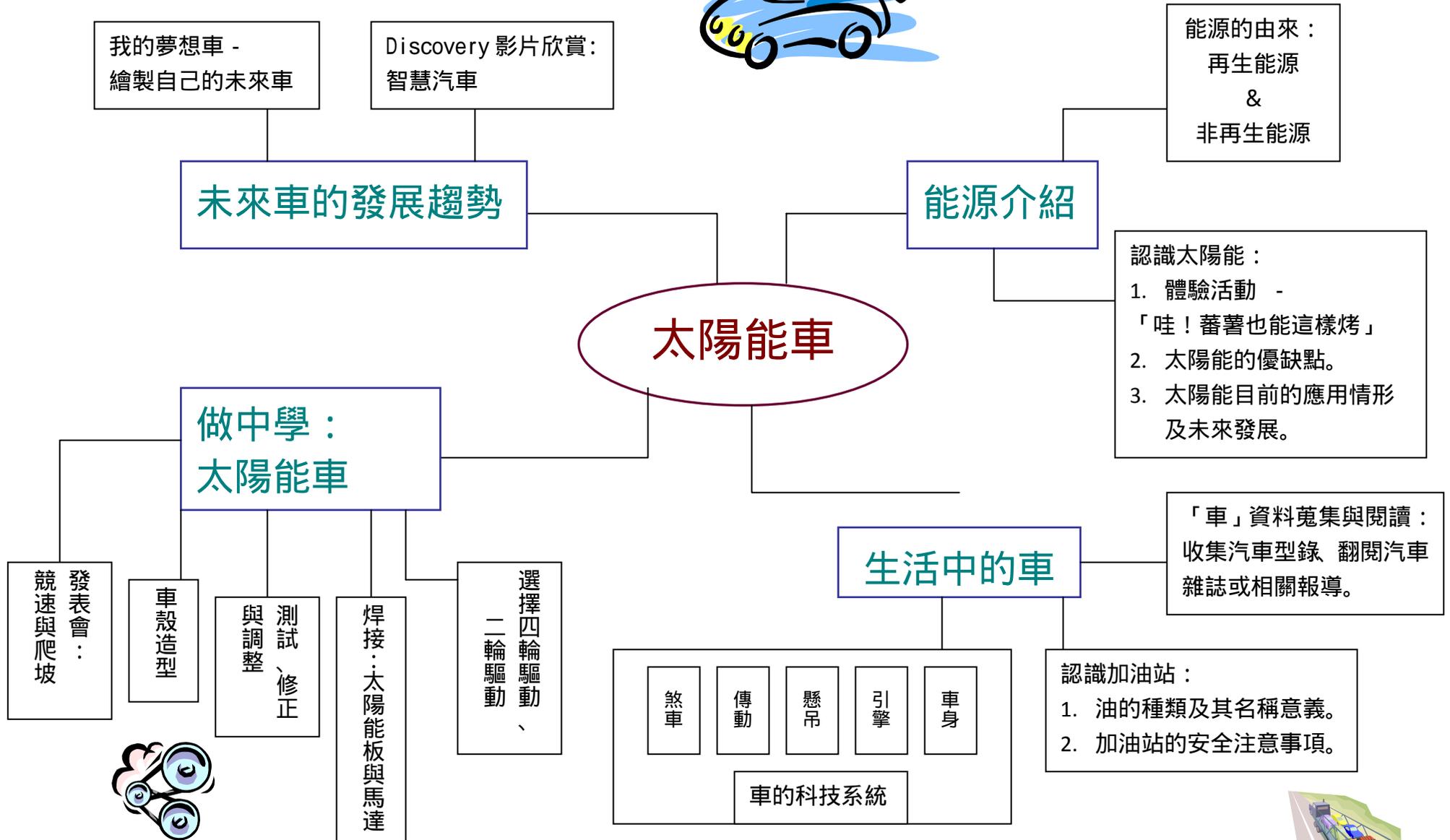


圖 1 太陽能車教學活動綱要

## 八、 活動流程內容與時間分配（表二）

表二 簡明的運輸科技教學活動計畫單－太陽能車

教學項目	教師活動	學生學習活動	時 (分)	備註
運輸科技種類 陸上運輸－汽車	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 體會運輸科技－汽車的重要性。</li> <li>➢ 認識解決交通問題的配套措施。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 專心聽講</li> <li>➢ 舉手回答問題</li> <li>➢ 填寫學習單【1】、【2】</li> </ul>	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 教學投影片</li> <li>➢ 教引【1】、【2】</li> <li>➢ 學習單【1】、【2】</li> </ul>
汽車科技系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 汽車所包含的科技系統</li> <li>➢ 汽車各系統的主要功能</li> <li>車身車內、車輪、引擎、動力傳達裝置、轉向裝置、懸吊裝置、煞車。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 專心聽講</li> <li>➢ 舉手回答問題</li> <li>➢ 填寫學習單【3】</li> </ul>	45	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 教學投影片</li> <li>➢ 教引【3】</li> <li>➢ 學習單【3】</li> </ul>
認識能源 1. 能源的重要性 2. 能量的特性 3. 能量的種類	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 運輸、動力、能源關係</li> <li>➢ 認識能源</li> <li>➢ 說明並舉例「日常生活中的各種能量」</li> <li>➢ 說明並舉例「能量可使物質運轉」、「能量不具一定型式」、「不同型式之能量間可互相轉換」、「能量守恆定律」</li> <li>➢ 化學能、動能、位能、熱能、電能、光能、聲能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 填寫學習單【4】</li> </ul>	45	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 教學投影片</li> <li>➢ 教引【4】</li> <li>➢ 學習單【4】</li> </ul>
認識再生能源 太陽能	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 太陽能的優缺點。</li> <li>➢ 太陽能電池原理與構造</li> <li>➢ 太陽能未來應用趨勢。</li> <li>➢ 感受太陽能的光與熱－蕃薯也能這樣烤</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 專心聽講</li> <li>➢ 舉手回答問題</li> <li>➢ 學習單【5】</li> </ul>	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 教學投影片</li> <li>➢ 教引【5】</li> <li>➢ 學習單【5】</li> </ul>
認識馬達構造 並做焊接練習	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 馬達在生活中的應用，如：電風扇、果菜汁機等。</li> <li>➢ 馬達的基本運作方式：運用電力使物體運轉。</li> <li>➢ 馬達的構造與其作用</li> <li>➢ 將電池、馬達接成迴路</li> <li>➢ 用錒錫、電線焊接太陽能板和馬達。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 回憶舊經驗：電流磁效應、電磁鐵、螺旋線圈、右手定則</li> <li>➢ 學習單【6】</li> </ul>	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 教學投影片</li> <li>➢ 教引【6】</li> <li>➢ 學習單【6】</li> </ul>

教學項目	教師活動	學生學習活動	時 (分)	備註
太陽能車的製作 1. 問題與限制 2. 太陽能車底盤齒輪傳動安排	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 太陽能車活動問題限制</li> <li>➢ 車的能源、動力傳輸部分</li> <li>➢ 協助指導學生繪製設計圖</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 專心聽講</li> <li>➢ 填寫學習單【7】</li> </ul>	180	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 教學投影片</li> <li>➢ 學習單【7】</li> </ul>
作品成果展示 分享與討論	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 引導小組討論</li> <li>➢ 回饋提供意見</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 填寫學習單【7】</li> </ul>	20	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 學習單【7】</li> </ul>
1. 影片欣賞－智慧汽車 2. 交通政策與事故之探討	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 討論未來車的趨勢</li> <li>➢ 引導學生討論</li> <li>➢ 未來車的描繪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 填寫學習單【8】、【9】</li> </ul>	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 影片觀賞</li> <li>➢ 學習單【8】【9】</li> </ul>

### 參、結語

在面對可能僅夠存 40 年耗用的全球石油存量，人們應加快腳步「尋找替代能源」，並應用再生能源科技。太陽能將在本世紀成爲人類無窮無盡的主要能源。能源是人類日常生活中不可或缺的東西，更是工業與交通運輸的命脈，能源雖然可帶給人類便利的生活，但卻也造成環境的污染與破壞。特別是隨著汽機車數量的增加，汽機車所排放的廢氣早已成爲主要空氣污染源之一。爲了降低空氣污染，各國紛紛制定嚴格的排放標準，在環保意識抬頭與能源危機下，加上石油危機的影響，迫使世界各國提早投入潔淨無污染的動力能源載具研究。

在校園裡，教師們不妨引導孩子透過模擬真實世界的車子，瞭解再生能源－太陽能的重要、概念原理與環保、再藉著動手做太陽能車，讓他們體會運輸科技的意義與重要性。

### 參考資料

艾和昌（2008）。太陽能車科技及劃時代的意義。《物理雙月刊》，30（4），頁 356。

賀昌魯（2003）。創意生活科技－E 學園。2009 年 2 月 1 日，取自

<http://163.21.2.41/t257/index.htm>

## 附錄一 運輸科技教學指引與學習單

## 教學指引【1】汽車知多少

## 運輸科技－陸上運輸

## 汽車知多少？

教學構想
<p>汽車在陸上運輸科技中扮演著不可或缺的角色，馬路上所及的幾乎皆是。它不僅可以替人們代步，也成為機動性高的交通工具。由於駕駛操作容易，許多人享受其中操控的樂趣；有人終其一生，努力工作，就為了買一部心愛的車一個理想，甚至視為自己的第二生命。小時候，爸爸喜歡去車展看車展，常與叔叔討論哪種廠牌的車怎樣，什麼幾 cc 的如何…..？坐在後座的小孩漸漸地耳濡目染，似懂非懂，現在我們就一窺車子究竟吧！</p>
教學說明
<p>設計問題，引導學生從生活經驗當中（搭乘父母的居家轎車、計程車），所認識的車子、路上的交通狀況去思考問題、描述事實與經驗，再經由同學們之間的討論，使學生對車子有個初淺的整體認知。</p>
教學準備
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設計學習單</li> <li>2. 錄製電視的汽車廣告</li> </ol>
先備知識
<p>學生根據自己的生活經驗分享</p>
情境佈置
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可以將班上同學分成 6 組，鼓勵其在填寫學習單時，相互討論。</li> <li>2. 桌椅稍加調整，使學生方便討論。</li> </ol>
活動架構
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 每人一張學習單，根據自己所了解的加以思考而後填寫。</li> <li>2. 同學亦可在課堂中提出問題，彼此互相討論，老師從旁引導，並作結論，提供相關的重要知識、常識。</li> </ol>

## 學習單【1】汽車知多少？

## 運輸科技－陸上運輸

1. 家中有沒有汽車（轎車）？從過去到現在的經驗當中，家人利用汽車做了哪些事？
2. 你認為家裡有車或者你未來想要擁有一部車，它的好處在哪？缺點或是可能帶來的困擾你想會有哪些？分別寫出。
3. 家中的車子有出現過什麼樣的問題？並請你提出可以預防或是因應的措施方法。
4. 「c.c.」代表什麼意思？
5. 你所知道的汽車廠牌有哪些？看看你認識車子廠牌的標誌有多少？



## &lt;從廣告看汽車&gt;

6. 有沒有一部汽車廣告讓你印象深刻？或者是好幾部呢？說出這部廣告介紹哪家公司廠牌的汽車，內容又是如何？一部好的汽車應具備那些條件？（亦可從多部廣告來思考！）

## 教學指引【2】汽車加油

## 運輸科技－陸上運輸

## 學習單－汽車加油有「撇步」！

教學構想
汽車的能量來源是汽油。車子前往加油站加油，石油種類分 98、95、92 無鉛汽油，這其中有什麼樣的差異呢？再加上目前普遍民眾皆有手機，現在的加油站要求前往加油站加油的消費者，關閉手機以免安全，這又是為什麼呢？
教學說明
設計問題學習單引導學生思考問題，並尋求答案。可以設計「參訪加油站」的活動，先要求學生提出相關石油問題，並加以蒐集、綜合，再讓學生利用假日去拜訪加油站的人員。（或是老師先行安排學校附近加油站，雙方約定好，再帶學生前往參觀。）
教學準備
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 學習單或是參觀活動問題設計。</li> <li>2. 聯絡學校附近加油站，詢問是否可以帶學生去做個訪問活動。</li> </ol>
先備知識
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 思考參訪的要問的問題。</li> <li>2. 能源－石油的成分、衍生產物的認識與了解</li> <li>3. 了解引擎產生動力的過程。</li> </ol>
情境佈置
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 參訪加油站。</li> <li>2. 若無參觀，可透過學習單的問題討論，老師提供知識性的內涵。</li> </ol>
活動架構
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 了解加油站汽油的分類意義。</li> <li>2. 了解汽油在汽車引擎所扮演的角色及引擎發動相關過程。</li> </ol>

學習單【2】汽車加油

運輸科技－陸上運輸

學習單－汽車加油有「撇步」！

1. 什麼是 98 無鉛汽油？98 無鉛汽油與目前市售的 95 及 92 無鉛汽油，有何不同？
2. 什麼是汽油辛烷值？
3. 什麼是引擎壓縮比？
4. 使用 98 無鉛汽油有什麼好處？
5. 原使用 95 及 92 無鉛汽油的中、低壓縮比汽車，若改用 98 無鉛汽油是否有好處？
6. 根據父母親的開車經驗，你所知道省油有哪些妙招呢？大夥一起分享吧！
7. 為什麼加油站要要求開車來加油的消費者，於加油時需將手機關閉呢？還有哪些注意事項？原因以及目的為何？

參考網站：<http://www.cpc.com.tw/>

## 教學指引【3】汽車科技系統

## 運輸科技－陸上運輸

## 汽車的科技系統

教學構想
汽車為一個交通工具，此為科技的結晶，汽車的內部與外部構造每一個部分都是眾多人的智慧發明、創造與改良，而且選用合適的材質以達功能的增強。都是值得我們去了解。
教學說明
「車子如何會動？」為問題的主軸核心。在學生填寫完學習單後，老師需教導知識性的內涵，汽車內部的引擎、傳動、懸吊等設備。並比較真實汽車與模型車-太陽能車其能源、動力、傳動方面的差異。
教學準備
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 準備教學投影片：四行程、二行程汽油引擎、動力傳達裝置等。</li> <li>2. 四行程汽油引擎教具。</li> <li>3. 相關汽車簡報 Power Point。</li> </ol>
先備知識
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 了解製造科技中各常見材料的特性。</li> </ol>
情境佈置
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可以至生活科技教室或是一般教室。</li> <li>2. 單槍投影機、手提式電腦、螢幕、延長線以上工具為展示教學簡報。</li> </ol>
活動架構
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 介紹汽車所包含的科技系統：引擎、傳動、車身、懸吊、煞車等裝置。</li> <li>2. 解說各裝置的用途為何。</li> </ol>

學習單【3】汽車科技系統

運輸科技－汽車的科技系統

1. 請分別寫出車子各部位的功能。

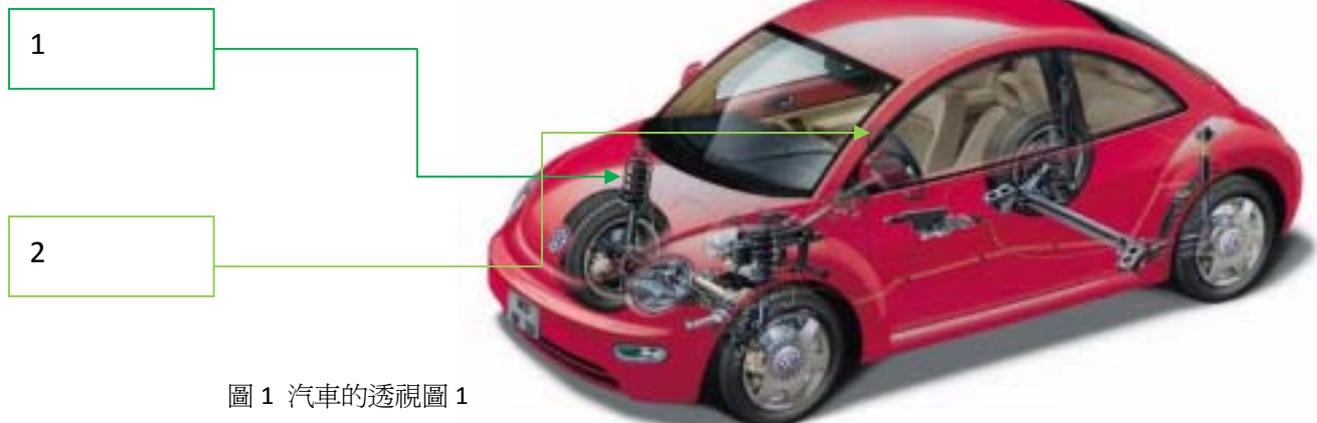


圖 1 汽車的透視圖 1

資料來源：<http://www.hklocalforum.com/viewtopic.php?p=2449>

汽車的科技系統	各科技系統的功能
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

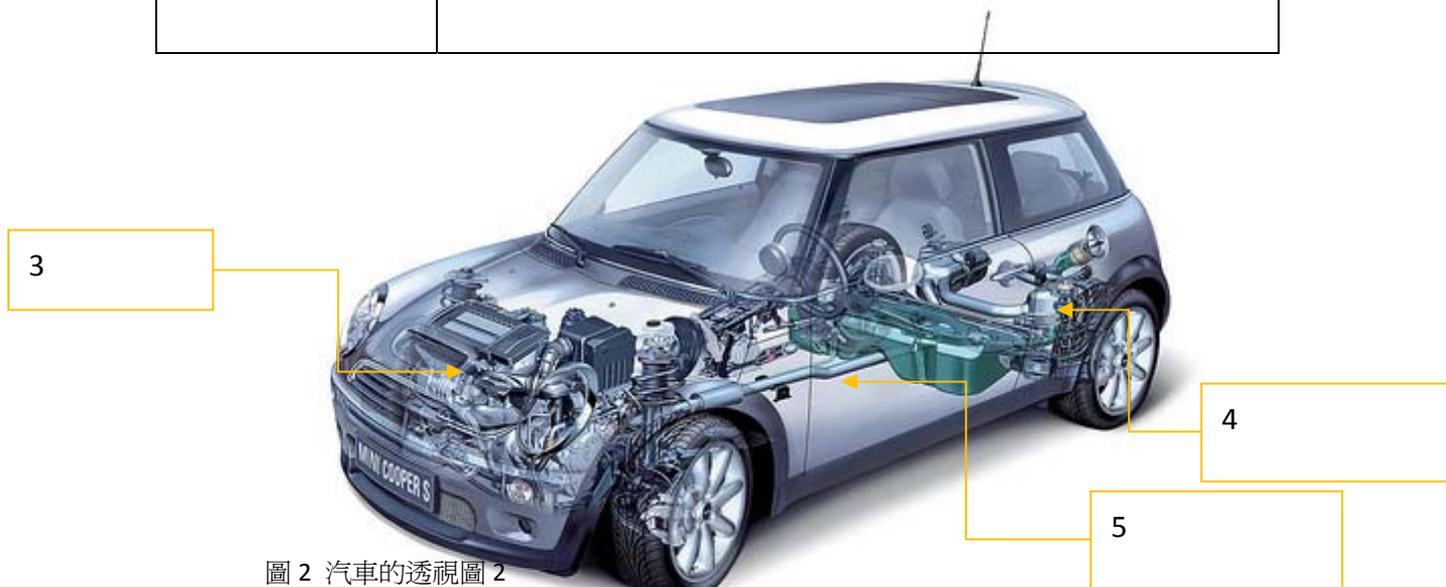


圖 2 汽車的透視圖 2

資料來源：<http://www.flickr.com/photos/caxblog/2971332274>

教學指引【4】能量

# 能量

---

## 一、能量的意義：

能量的存在使一切物質運轉

## 二、能量的特性：

1. 能量不具單一形式；有時並不能單憑感官察覺

2. 不同形式的能量可以互相轉換

✿在轉換過程中(質量一定的情況下)，能量的總值維持不變，我們稱此為能量守恆定律

✿例如：電池將化學能轉換成電能

    太陽能電池將光能轉換成電能

    烤箱將電能轉換成熱能與光能

## 三、能量種類：

1. 化學能--潛在物質中經由化學變化釋放出來的能量

2. 動能--因運動而具有的能量

3. 位能--物體因位置或所處狀態所具有的能量

4. 熱能--在不同溫度的物體間所傳遞的能量

5. 電能--因電位差而產生的能量

6. 光能--太陽光或燈火所發出的能量

7. 聲能--物體振動而產生的能量

學習單【4】能量

# 能量

## 一、能量的意義：

能量的存在使一切物質運轉

## 二、能量的特性：

1. 能量不具單一\_\_\_\_\_；有時並不能單憑感官察覺

2. 不同形式的能量可以互相\_\_\_\_\_

❖在轉換過程中(質量一定的情況下)，能量的總值維持不變，我們稱此為\_\_\_\_\_定律

❖例如：電池將\_\_\_\_\_能轉換成\_\_\_\_\_能

太陽能電池將\_\_\_\_\_能轉換成\_\_\_\_\_能

烤箱將\_\_\_\_\_能轉換成\_\_\_\_\_能與\_\_\_\_\_能

## 三、能量種類：

1. \_\_\_\_\_能--潛在物質中經由化學變化釋放出來的能量

2. \_\_\_\_\_能--因運動而具有的能量

3. \_\_\_\_\_能--物體因位置或所處狀態所具有的能量

4. \_\_\_\_\_能--在不同溫度的物體間所傳遞的能量

5. \_\_\_\_\_能--因電位差而產生的能量

6. \_\_\_\_\_能--太陽光或燈火所發出的能量

7. \_\_\_\_\_能--物體振動而產生的能量

教學指引【5】蕃薯也能這樣烤

## 哇！蕃薯也能這樣烤！！

### 教學構想

日常生活中每個孩子都能感受到太陽的存在，它是一件再平常不過的事，所以若能利用太陽光的能量產生出意想不到的結果，必定能帶給孩子學習上強烈的動機；也能刺激孩子隨時注意週遭環境，讓孩子體會生活處處是科學的道理、科學其實一點也不可怕。

### 教學說明

利用簡單的器材（蕃薯、鋁箔紙、能放置蕃薯的大碗）設計出簡單的能量轉換裝置，經由“太陽能轉變成熱能將蕃薯烤熟”的現象讓學生了解不同形式的能量間可互相轉換。

（此教學備有活動單。）

### 教學準備

1. 校園中一處能長時間讓太陽光照的地方，擺設學生製作的裝置。
2. 製作標語海報，放置實驗裝置旁，禁止他班學生任意破壞本班實驗裝置。
3. 將學生分組（依實際情況將學生分組，讓學生分工合作完成此活動）。
4. 課前提醒各組攜帶一顆蕃薯、鋁箔紙、能放置蕃薯的大碗一個。

### 先備知識

光的反射（本活動的確運用到光反射的概念，但事實上並不需要十分急迫地讓學生建立完整的反射原理，所以可依實際情形調整）

### 情境佈置

於預定地將標語海報貼上

### 活動架構

1. 讓學生分組就定位
2. 指導學生製作烤蕃薯器
3. 帶領學生至預定地
4. 將烤蕃薯器放置於指定地
5. 囑咐學生於適當時間返回指定地領取烤蕃薯器
6. 並於指定時間繳交成品

學習單【5】蕃薯也能這樣烤

## 哇！蕃薯也能這樣烤！！

### 【活動目的】

經由“太陽能轉變成熟能將蕃薯烤熟”的現象，了解不同形式的能量間可互相轉換。

### 【活動器材】

蕃薯一顆、鋁箔紙、大碗公一個(放置蕃薯)

### 【活動步驟】

1. 取一大張鋁箔紙
2. 將鋁箔紙鋪於大碗公內側
3. 將蕃薯放置大碗公中央
4. 將大碗公置於能照射陽光的地方
5. 過一段時間後，將蕃薯取出

### 【活動紀錄】

1. 你的蕃薯照射了多久的陽光？
2. 你的蕃薯照射時間分別在上午、中午或下午呢？
3. 你的蕃薯嘗起來味道如何？跟以往你吃過的烤蕃薯(路邊攤買的、窯烤的、烤箱烤的)一樣嗎？
4. 經過了這次活動，你認為你的裝置需要改進嗎？
5. 經過了這次活動，你有任何的想法嗎？獲得任何的心得嗎？

### 【活動討論】

1. 為什麼要將蕃薯置於碗公中，而不直接照射太陽光？
2. 為什麼要在碗公內側鋪上鋁箔紙？

教學指引【6】馬達

## 馬達

### 一、馬達的意義：

利用通電的線圈在磁場中受力而轉動的裝置

### 二、馬達的主要構造：

1. 繞著線圈的鐵蕊
2. 外圍磁鐵

### 三、馬達的構造圖及各結構之功用：

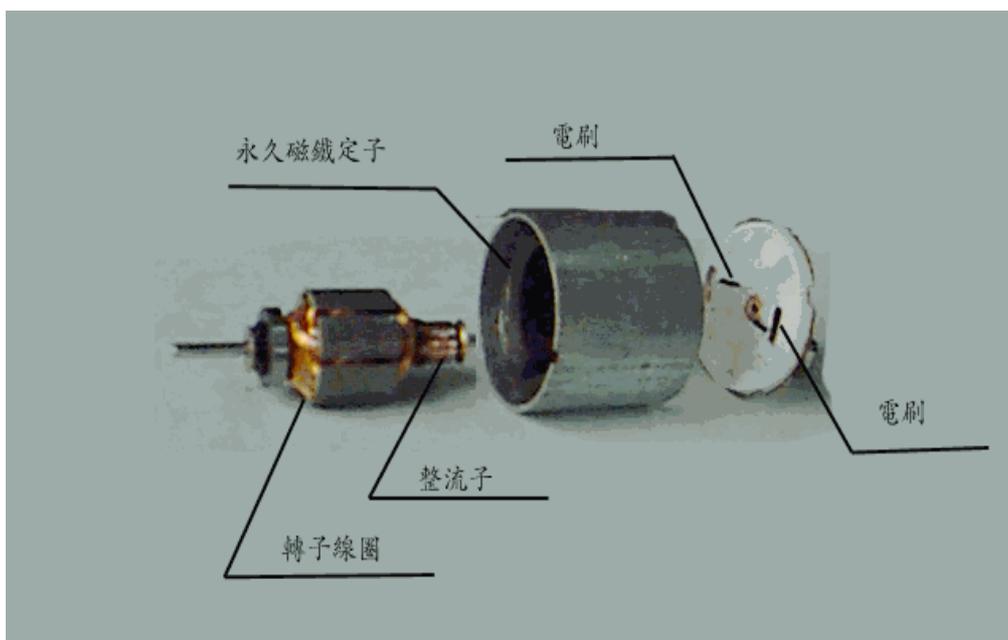


圖 3 馬達內部構造圖

資料來源：[http://content.edu.tw/senior/life\\_tech/tc\\_t2/enerage/p\\_motor.htm](http://content.edu.tw/senior/life_tech/tc_t2/enerage/p_motor.htm)

- ✿繞著線圈的鐵蕊：通電後形成電磁鐵
- ✿外圍磁鐵：與內部電磁鐵產生磁力斥力使電磁鐵轉動
- ✿半圓形金屬環：使電磁鐵轉動半圈後即可改變電流方向

### 四、馬達的應用：電風扇、洗衣機、果汁機、 吹風機、吸塵器、電冰箱

學習單【6】馬達

# 馬達

## 一、馬達的意義：

利用通電的線圈在磁場中受力而轉動的裝置

## 二、馬達的主要構造：

1. 繞著\_\_\_\_\_的鐵蕊
2. 外圍\_\_\_\_\_

## 三、馬達的構造圖及各結構之功用：



圖 3 馬達內部構造圖

資料來源：[http://content.edu.tw/senior/life\\_tech/tc\\_t2/enerage/p\\_motor.htm](http://content.edu.tw/senior/life_tech/tc_t2/enerage/p_motor.htm)

- ✿繞著線圈的鐵蕊：通電後形成\_\_\_\_\_
- ✿外圍磁鐵：與內部電磁鐵產生\_\_\_\_\_力(斥力)使電磁鐵轉動
- ✿半圓形金屬環：使電磁鐵轉動\_\_\_\_\_圈後即可改變電流方向

四、馬達的應用：\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、  
\_\_\_\_\_、吸塵器、電冰箱

學習單【7】太陽能車

太陽能車

班級： 座號： 姓名：

一、問題與限制

1. 問題：設計及製作一個獨一無二由太陽能板以及小馬達帶動的電動車，並且能參與「競速」、「爬坡」等競賽項目彼此較勁。
2. 條件限制：
  - a. 能源來自於太陽能板。
  - b. 唯一的動力來源是指定的馬達。
  - c. 車子的大小、重量、高度、造型不限制。
3. 評分標準：

學習單 (30%)				製作 (70%)		
設計圖 (15%)	設計說明 (5%)	製作過程 (5%)	材料工具 (5%)	造型美觀 (25%)	製作精巧 (25%)	符合功能 (20%)

二、活動步驟

1. 填寫作業單及繪製設計圖

a. 底盤以及車子外型材料須自行安排，若所需要的材料特殊，可知會老師予以協助。  
b. 使用手工工具或機器時，要小心注意安全。

2. 畫底盤及切割

3. 確定適當的傳動方式、齒輪比、馬達及其他零件的固定位置

- a. 如果齒輪和輪軸不夠密合，則用瞬間膠固定。
- b. 齒輪與齒輪之間的吻合度要恰當，才能使兩個齒輪可很順暢的運轉。
- c. 齒輪軸與馬達軸一定要保持垂直或平行。

4. 固定馬達

5. 製作輪軸固定架

6. 安裝輪軸及連桿上的齒輪及零件

7. 安裝車輪

是否有預留安裝輪子的空間。並注意輪子有無碰到底盤。

8. 固定電池座

車子不能轉動，則找出原因並修正。

9. 測試車子是否能正常運轉

太陽能板的位置不限，但要注意要能使陽光接觸以及車體重量的平衡性；兩條電線用鉚錫焊在太陽能板上並連接馬達，注意正負極是否正確，以免車子倒行。

10 裝飾車體增加美觀

11 跑道測試，修改完成

## 資料蒐集紀錄

資料蒐集愈詳盡，設計與製作就會越順利喔！

### 一、 資料蒐集記錄

#### From 網站或部落格

- 網站名稱： \_\_\_\_\_  
網址： \_\_\_\_\_
- 網站名稱： \_\_\_\_\_  
網址： \_\_\_\_\_
- 網站名稱： \_\_\_\_\_  
網址： \_\_\_\_\_

#### From 相關書籍

- 書名： \_\_\_\_\_  
取得內容項目： \_\_\_\_\_

#### From 其他來源

- 來源 1： \_\_\_\_\_  
取得內容項目： \_\_\_\_\_
- 來源 2： \_\_\_\_\_  
取得內容項目： \_\_\_\_\_

黏貼上相關資料（不夠貼的，請製成 A4 大小補充）

黏貼處

二、繪製構想草圖（務必繪製兩種方案；描述愈仔細分數愈高）

構想 1

構想說明： \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

構想 2

構想說明： \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 三、評估並決定構想方案

依據前頁兩個構想方案，分析其優缺點，並選出最佳方案（分析時，若符合評估項目，請在欄內打「√」，並計算最後總分，訂出優先順序）。

項目	構想 1	構想 2
有符合功能需求嗎？		
是否有用到不易取得的材料？		
能否限定的時間內完成嗎？		
造型外觀是否有別於他人 且精緻美觀呢？		
操作方便嗎？		
加工容易嗎？		
得分		
優先順序		

根據上表的評分結果：採用構想 \_\_\_\_\_。

## 四、製作工具

編號	工具名稱	備註

## 五、製作過程

步驟	步驟內容	使用工具及注意事項

## 六、檢討改進

Q1：在製作過程中，曾發生甚麼令你驕傲、高興或有趣的事？

---



---

Q2：若再讓你製作一次，根據前一次的結果，你會如何改良？

---



---

## 教學指引【8】行車安全與交通規則

## 運輸科技 - 陸上運輸

## 學習單 - 行車安全與交通規則

<b>教學構想</b>
交通意外事故的發生在報紙、新聞上屢見不鮮，占死因的其中一大部分，這讓我們不得不去思考這類事故發生頻繁的原因。遵守交通規則是最重要、最基本之保護交通安全的方式，希望藉由學習單的討論激發學生遵守交通規則的實踐心理。
<b>教學說明</b>
上課前一禮拜要求學生蒐集有關交通事故的報紙新聞，尋找相關而主題不同的議題於課堂中討論，如意發生事故的路段、事故情形發生的原因等。另外，就現今常發生的問題，鼓勵學生思考、腦力激盪、探討與了解制定交通規則背後的用意，進而解決問題，
<b>教學準備</b>
1. 要求學生蒐集相關交通安全事故的新聞、報紙等。 2. 準備學習單。
<b>先備知識</b>
1. 蒐集相關資料。
<b>情境佈置</b>
1. 馬蹄形的座位排列方式以便討論。 2. 老師從旁炒熱討論氣氛，鼓勵學生踴躍發言。
<b>活動架構</b>
1. 每一小組就所蒐集的資料，挑選出上台報告的主題。 2. 就各議題，請每組派一位同學上台報告，老師鼓勵學生回應或是提出問題，讓學生進一步批判思考。

學習單【8】行車安全與交通規則

運輸科技－陸上運輸

學習單－行車安全與交通規則

1. 「快快樂樂出門，平平安安回家」，安全是回家唯一的路。開車做長途旅遊是不少家庭放長假常做的休閒活動，出門前，檢查車子的哪些部份是應該注意的？
2. 就你的乘車經驗，影響行車安全、道路安全的因素有很多，有哪些不良的駕駛習慣造成使得交通事故意外發生，就你的觀察，你認為有哪些呢？
3. 「交通安全，人人有責」，國內外有哪些新興政策，提供我們更舒適安全的道路環境，列出政策與其背後用意？
4. 每到了連續假期，高速公路就像一個超大的停車場，車在車陣中無法動彈，交通部實施了一些舒緩塞車的方案有哪些？還有想想哪些會造成堵塞的因素提出來同學們互相討論！

## 教學指引【9】未來車

## 運輸科技－陸上運輸

## 學習單－描繪未來車：It is My Car！！

教學構想
車子外在的美觀、材質的選擇以確保車殼耐撞的程度；內部乘坐椅的舒適並是否符合人體工學；車蓋下和底盤的引擎、傳動、懸吊裝置等部分使得駕駛操作順暢、乘客乘坐舒適等都是影響一部車好壞的因素。
教學說明
學生藉由各資源蒐集到的資料，加以閱讀，以能了解車子整體的概念。並要求學生利用等角圖、正投影多視圖的方式來呈現所設計的未來車，還需加上文字說明，以了解其所設計出來的車子是否具備了整體的概念。
教學準備
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 準備學習單，發給學生每人一份。</li> <li>2. 要求學生攜帶彩色鉛筆。</li> </ol>
先備知識
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 等角圖、正投影多視圖的繪製方法。</li> <li>2. 對車子各裝置系統的了解。</li> </ol>
情境佈置
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 一般教室即可。</li> <li>2. 同學彼此可以相互參閱所帶來的資料、汽車型錄。</li> </ol>
活動架構
<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 汽車相關資料的蒐集：蒐集方向 <ol style="list-style-type: none"> <li>a. 汽車雜誌或書籍。</li> <li>b. 汽車展售商場索取最新汽車型錄。</li> <li>c. 留意報紙雜誌有關汽車的報導與廣告。</li> <li>d. 使用相機至街頭拍攝喜愛的汽車外型。</li> </ol> </li> <li>(2) 資料整理分類並加以討論，分為以下部分： <ol style="list-style-type: none"> <li>a. 關於引擎的性能或型式</li> <li>b. 駕駛艙內的相關配備。</li> <li>c. 關於煞車與傳動系統。</li> <li>d. 關於車子的外型。</li> </ol> </li> <li>(3) 以『It is My Car！！』為主題，先繪製汽車外型，並加上內部配備說明，最後要各組上台發表，並請老師講評。同學們參與各組互評。</li> </ol>

## 學習單【9】未來車

運輸科技－陸上運輸  
學習單－描繪未來車：It is My Car

## 【步驟】

- (4) 汽車相關資料的蒐集：蒐集方向
  - a. 汽車雜誌或書籍。
  - b. 汽車展售商場索取最新汽車型錄。
  - c. 留意報紙雜誌有關汽車的報導與廣告。
  - d. 使用相機至街頭拍攝喜愛的汽車外型。
- (5) 資料整理分類並加以討論，分為以下部分：
  - a. 關於引擎的性能或型式
  - b. 駕駛艙內的相關配備。
  - c. 關於煞車與傳動系統。
  - d. 關於車子的外型。
- (6) 以『It is My Car!!』為主題，先繪製汽車外型，並加上內部配備說明，最後要各組上台發表，並請老師講評。同學們參與各組互評。

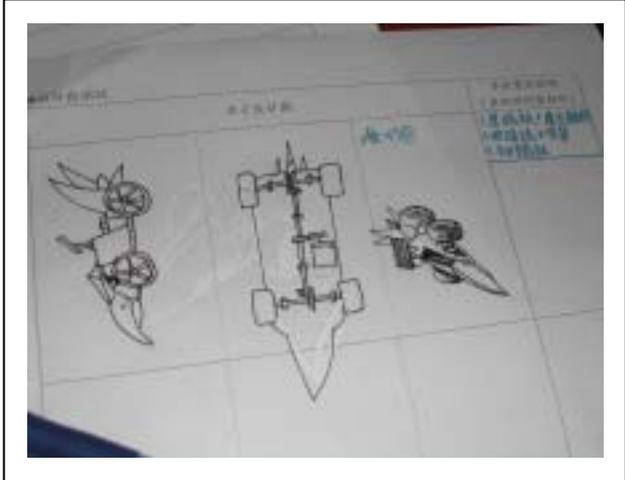
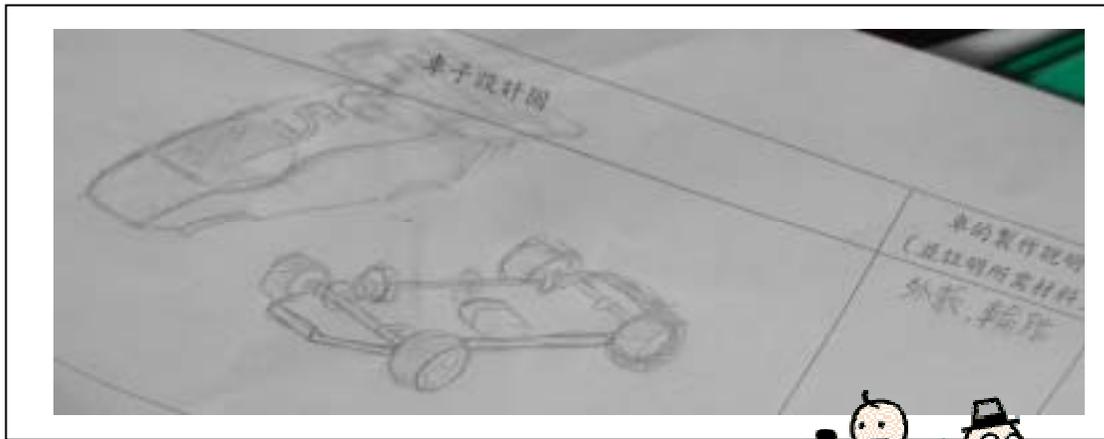
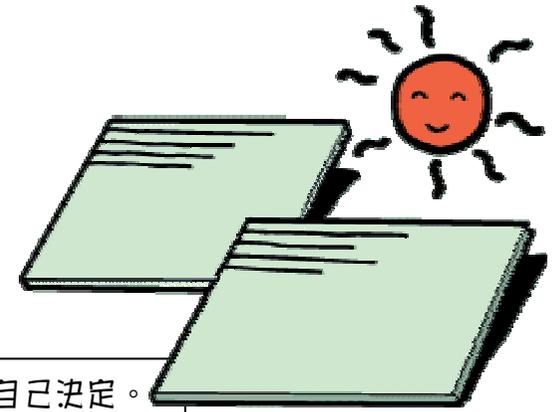


設計理念

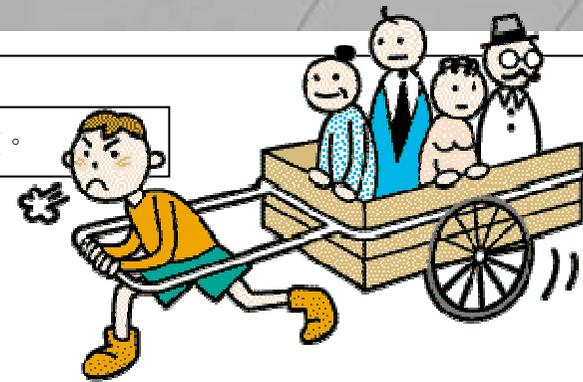
## 附錄二 太陽能車教學紀錄 陽光底下的新鮮車 - 繪製設計圖



學生的設計成果：注重擺能性與美觀性！！材料自己決定。



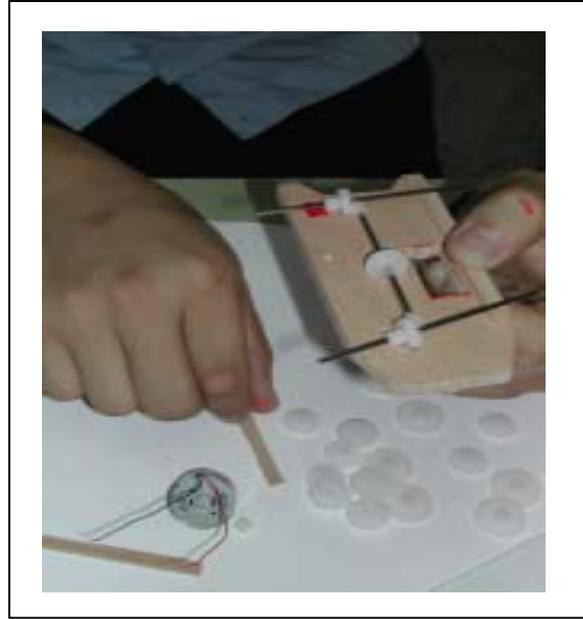
側視圖、立體圖、底盤結構要仔細畫。



# 太陽能車-底盤部分



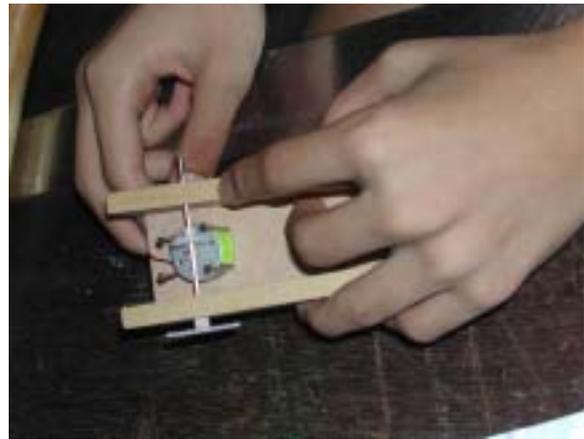
善用工具與機器，想一想鑽孔機還可以做什麼？



車輪可別和底盤相互卡住喔！



可嚐試不同的齒輪，齒輪比影響速度。

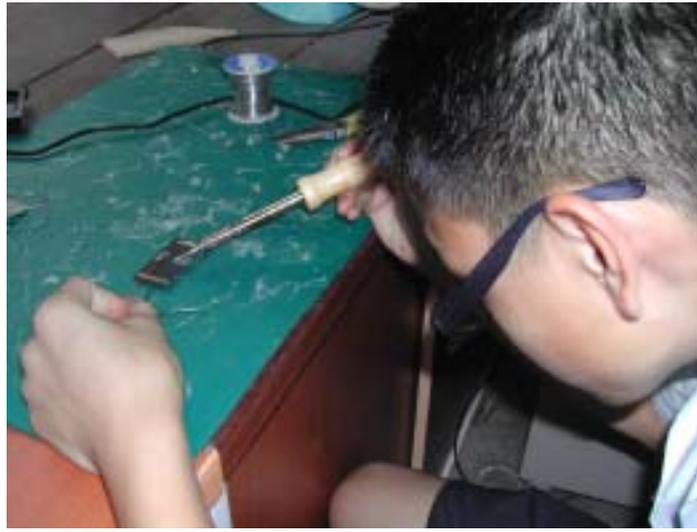


支撐輪軸的方式有很多，想一想吧！

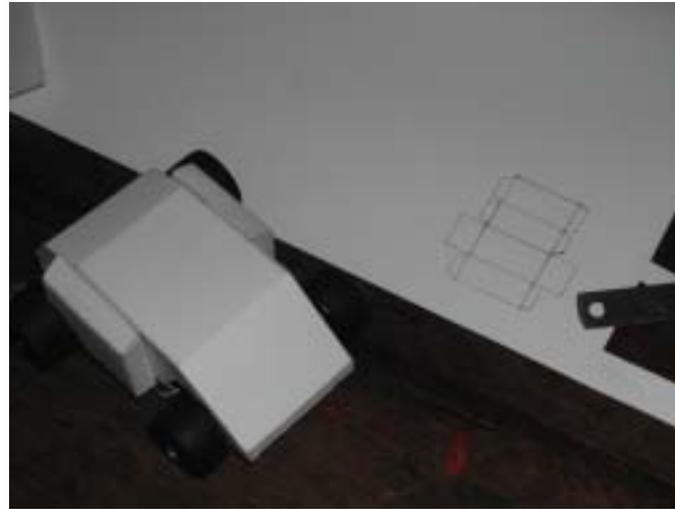
# 結合太陽能板



將太陽能板與馬達用錫焊接起來！



阿！別走的太快啦！！不過還可以試試其他的齒輪比來做比較。看哪種齒輪比效果更佳！



採用西卡紙材質；並應用一年級所學到的展開圖來做！

# 完成太陽能車

生活

用立可白弄出線條作為裝飾，就叫它蜘蛛車好了！



用珍珠板來做，我認為這樣的材質可以使得車身重量減輕，可使車子在競速時獲得全勝！



卷 第三期



哇！跑起來了耶！齒輪傳動應該沒有問題！



# 從空氣中獲得新能源－金屬空氣燃料電池的介紹與 教學活動設計

陳韋志

國立台灣師範大學工業科技教育系 研究生

## 壹、前言

科技提供人類富裕舒適的生活，但卻也因為科技所帶來的環境汙染反而造成了人類健康與生存的危害。近幾年來，由於二氧化碳的汙染導致溫室效應日益嚴重，且因溫室效應的影響以致於用電量與日遽增，進而造成能源不足的問題日趨嚴重。目前人類最重要的能源就非石油莫屬，然而現今石油的存量逐漸在減少當中，許多專家也預估可能在半世紀後會產生供應上的危機，也因此迫使人們必須再度致力於尋找新的可利用能源，故此綠色能源的演進正在世界上形成一股風潮。除了不會有燃料耗盡問題，亦不會產生輻射和二氧化碳等汙染破壞自然環境，或造成世界溫室效應的惡化的結果。在綠色能源中，太陽能與風力發電的應用，以及各種再生能源和燃料電池的開發是目前各國致力發展的部分。但由於太陽能發電能量轉換及應用上的效率，仍需一段時間作技術層面上的突破。而風力發電則須考量地理因素，在執行上也或許會對生態造成部分的影響。因此在世界各國開發新能源的過程當中，發現燃料電池是最適於投入發展的選擇（張雲朋，2003）。燃料電池中作具代表性的就是氫氧燃料電池，但由於其成本為昂貴，且體積普遍較大，因此在教學設計上會有成本的顧慮。而介於一次電池和燃料電池之間的金屬空氣燃料電池，不但兼具燃料電池的優勢，並且也克服了燃料電池在某些技術層面上的瓶頸，是目前比較能夠商業化的能源之一，其中最具代表性的就是鋅空氣燃料電池。

本文將整理相關文獻，對金屬空氣燃料電池作一初步介紹，並嘗試設計一個「金屬空氣燃料電池車」教學活動，透過此教學活動能幫助學生了解科技、科學與環境的關係，並能了解金屬空氣燃料電池發電的原理、歷程、未來發展趨勢、優缺點及影響，進而培養學生養成節約能源與珍惜資源的態度。也希冀此活動能

提供生活科技教學課程更多元的教學學習內容。

## 貳、認識金屬空氣燃料電池

能源是人類日常生活之所需，更是全世界各種動力與工業經濟的命脈。因此為期望能留下一個優質環境以供後代子孫生長，在二十一世紀中各國所研發之各項新能源中，最閃亮的新能源應是屬於燃料電池了。所具備之高效率及低污染之特性，不僅是最符合時代之所需，也是最具有發展潛力之綠色能源裝置，在未來也是具有能源界舉足輕重的地位（江文鉅、林永清，2006）。

### 一、何謂燃料電池？

電池的種類可以概分為化學電池與物理電池二種。其中化學電池又可分為一次電池，如熱電池、固體電池、乾電池等，二次電池，如鉛酸蓄電池、鋰離子電池等，及燃料電池。物理電池則可分為太陽能電池、熱起電力電池及原子力電池等。燃料電池的特色在於正負兩極並無活性物質存在，而是透過外部系統提供，所以只要持續由外部提供活性物質，電池就能夠持續不斷地放電。在正極的部分，真正進行氧化反應的是空氣或氧氣，而在負極的部分，則是以氫氣或煤氣等為主。此類電池又以氫氧燃料電池最具代表。從其名稱得知，氫氧燃料電池所需要的燃料是「氫」氣，以貴金屬為材料的陰陽兩個電極，分別充滿電解液，而陰陽電極之間是一種具有滲透性的薄膜所構成。若將氫氣導入燃料電池的陽極，這時空氣中的氧氣則會由陰極進入了燃料電池裡，再經由催化劑的作用，使得陽極中的氫原子分解成兩個氫質子（proton）與兩個電子（electron），其中的質子被氧吸引到薄膜的另一邊，電子則會經由外電路形成電流後到達了陰極，形成通路。

氫氧燃料電池早在一八三九年就發明了，直到一九六〇年代在美國阿波羅登月計畫中才用來發電，惟其成本極為昂貴，且體積普遍較大，所以要達到商業化可能還需一段時間（張雲朋，2003）。

### 二、燃料電池科技之發展

燃料電池的發展從 1839 年開始，由英國的一位法官威廉葛洛夫（William Grove）在一項業餘的瓦斯電池實驗中，對兩個白金電極分別供給氫氣與氧氣，竟發現在兩個電極間產生了電壓以及電流，因而產生了燃料電池的發電原理，但是由於當時電極材料取得不易，因而這項的發明當時並未受到重

視；1899 年能司特首度發現固態電解質的導電行爲，並於 1937 年第一個陶瓷型燃料電池並由鮑爾與葡來司首先示範成功；到了 1959 年英國人法蘭西斯培根（Francis T. Bacon）製作出一個 5kW 的燃料電池組，其已經能夠推動電鋸機、電鋸及堆高機，使得這一項科技技術可以被實際應用，爾後 1960 年使用氫氧爲燃料的鹼性燃料電池（Alkaline Fuel Cell；AFC）更於美國太空計畫中成功的應用在太空科技上，成爲了太空梭的電力供應系統，並因爲燃料電池所產生的排出物是純水，所以也成爲太空人飲用水的維生系統。由於 1970 年代發生能源危機及 1980 年代環保意識的高漲，燃料電池更再度受到重視與發展，以提昇能源的使用效率及減緩環境的負擔爲首要，1985 年，歐盟結合歐洲各個國家從事燃料電池技術的開發與研究，其中以德國最爲積極，除引進磷酸型燃料電池（Phosphoric Acid Fuel Cell；PAFC）試驗機組外，並發展熔融碳酸鹽燃料電池（Molten Carbonate Fuel Cell；MCFC）、固態氧化物燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell；SOFC）、質子交換膜燃料電池等（Proton Exchange Membrane Fuel Cell；PEMFC），尤其 BENZ 車廠將燃料電池應用在車輛的動力上，使得燃料電池這項科技的商業化進展更加的迅速。到了 2003 年全世界有總數超過 1000 家的企業及研究機構參與了燃料電池的組件及系統的技術研發，2004 年日本東芝推出了筆記型電腦用的直接甲醇燃料電池（Direct Methanol Fuel Cell；DMFC）以做爲可攜式的電池，而此型的燃料電池可以提供比一般的鋰電池高出 5 倍的電量（楊志忠、林頌恩、韋文誠，2003）。

### 三、金屬空氣燃料電池。

雖說燃料電池發展的技術已經日趨進步，但其仍面臨許多技術或成本上問題，如鹼性燃料電池（AFC）只能使用純氧來當作氧化劑，也由於這個限制，基於成本及技術考量，因此大多應用在太空科學方面。磷酸型燃料電池（PAFC）在電極設計方面上，必須要防止磷酸洩漏、腐蝕，並且必須對一氧化碳（CO）濃度嚴格控管，以防止白金觸媒中毒，因此僅適用於固定式能源供給系統、小型發電廠。而熔融碳酸鹽燃料電池（MCFC）與固態氧化物燃料電池（SOFC）其操作溫度分別約爲 600~700°C 與爲 1000°C，是屬於高溫操作之燃料電池，因此在使用上也有一定的危險存在。質子交換膜燃料電池（PEMFC）和直接甲醇燃料電池（DMFC）雖說有安全性高、可長時間的供電以及簡便的益處。但由於其基礎電極都是以鉑爲主要的觸媒，在價格上也都較爲昂貴。也正因爲

如此，介於一次電池和燃料電池之間的金屬空氣電池，不但兼具燃料電池的優勢，並且也克服了燃料電池在某些技術層面上的瓶頸，是目前比較能夠商業化的能源之一。金屬燃料電池是以空氣中的氧氣作為電池中的氧化物，並且使用金屬物質作為負極，這樣的結構在各種電池中是屬於具有高能量密度、長期保存性及低成本特性的高性能電池。目前使用中的鋅空氣燃料電池、鎂空氣燃料電池、鋁空氣燃料電池等都是常見的例子，其中又以「鋅空氣燃料電池」最具代表性。

簡單地說，鋅空氣燃料電池是一個以空氣可以作為產生能源的電池。當空氣中的氧進入電池中，在正極上參與電化學反應，在此過程中氧氣會被消耗，所以必須不斷地從外部空氣中取得氧氣。而氧氣卻是自然界垂手可得的一種物質，所以在能源的成本上可說是便宜的。另一部分反應的物質是金屬鋅，它參與電池中的負極化學反應（如圖 1）。在反應過程中金屬鋅會氧化成氧化鋅，並沈澱在電解液中。只需收集反應後的氧化鋅，並將氧化鋅電解還原成鋅，便可再生再利用。

所以在鋅空氣燃料電池中，產生電能後消耗掉的僅是空氣中的氧氣和反應後的一些水氣。在現今能源短缺的情況下，鋅空氣燃料電池所擁有的環保特性，確實是解決能源問題的最好選擇。

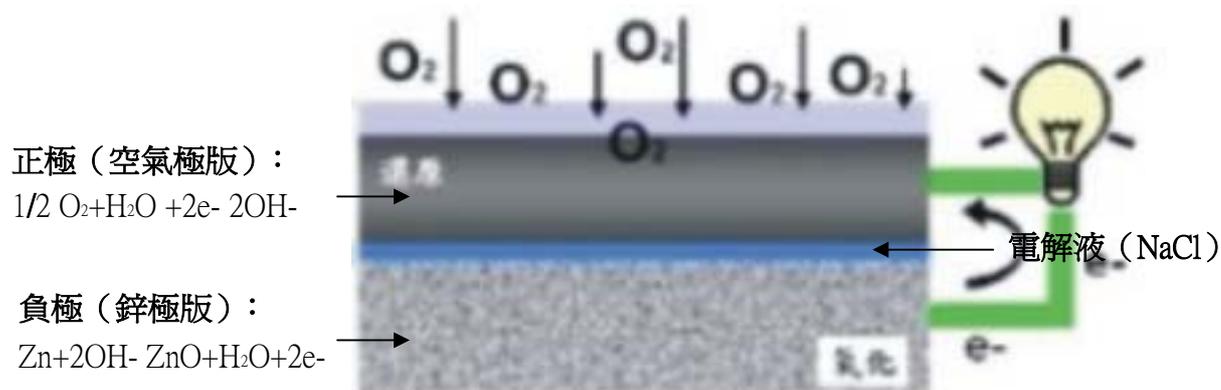


圖 1 鋅空氣燃料電池的發電原理

資料來源：異能科技 [http://www.evionyx-taiwan.com/product\\_view.asp?TPID=2](http://www.evionyx-taiwan.com/product_view.asp?TPID=2)

#### 四、鋅空氣燃料電池的優點

鋅空氣燃料電池能源特性優異，有如下諸多特點：

- （一）常溫常壓下即可操作，不需外在的壓力平衡設計。

- (二) 目前鋅空氣燃料電池每單位重量所能產生的實際能量已超過現有的鉛酸電池、鎳氫電池及鋰電池，且未來還有很大的發展空間。
  - (三) 自放電率低，若置於密閉空間中，放電率幾乎為零。
  - (四) 重量小、體積小、容量大、系統結構簡單。
  - (五) 鋅空氣燃料電池所需的反應物主要有鋅和空氣，皆屬低成本物質。
- 另外，鋅空氣燃料電池也具有好的環保性，其產生電能後，產物主要有二，即水氣與氧化鋅，這些物質經處理後皆可再使用，所以環保性是絕對受肯定的。至於鋅空氣燃料電池的應用層面也很廣，舉凡 3C 產品、電動車輛或區域發電機中均可見其蹤跡。

### 參、教學活動設計

經過以上的對金屬空氣燃料電池的介紹，接下來針對上述內容，將之設計成爲高中一年級能源與動力的教學活動

- 一、單元名稱：從空氣中取得新能源－金屬燃料車
- 二、適用對象：高中一年級
- 三、教學節數：十節
- 四、活動簡介：

一般提及燃料電池，大部份聯想到的就是利用氫氣和氧氣產生反應進而得到電力的氫氧燃料電池，但由於其成本爲昂貴，因此在教學設計上會有成本的顧慮。而金屬空氣電池，不但兼具燃料電池的優勢，並且也克服了燃料電池在某些技術層面上的瓶頸，是目前比較能夠商業化的能源之一，其中最具代表性的就是鋅空氣燃料電池。因此，本活動將藉由製作金屬燃料車，來教導學生基本的金屬空氣燃料電池的概念。由於金屬燃料電池可能在自行製作上會遭遇困難，所以在電池的部分計畫將以廠商已製作好半成品套件來實施活動。此外，也希望藉著做金屬燃料電池車來讓學生了解車輛的基本結構。

#### 五、教學目標

透過本課程學生可以習得下列目標

- (一) 認知
  - 1. 瞭解金屬空氣燃料電池的發展歷程。
  - 2. 瞭解金屬空氣燃料電池的原理。

3. 瞭解金屬空氣燃料電池的未來發展趨勢。
4. 瞭解金屬空氣燃料電池在生活上的用途。
5. 瞭解金屬空氣燃料電池與環境保護的關係。

#### (二) 技能

1. 能夠將簡單的機械結構如齒輪等傳動機構應用於本活動設計之中。
2. 能夠依不同材料的性質加以運用。
3. 能夠使用簡單的機械或手工具的操作。
4. 能夠使用電烙鐵來進行開關的焊接及電線接線。
5. 能夠使用三用電表來測量電壓及電流。
6. 能夠發表自己所設計的金屬燃料車。

#### (三) 情意

1. 培養創造思考的能力。
2. 培養解決問題的能力。
3. 培養團隊合作的能力。
4. 培養節約能源與珍惜資源的習慣。

### 六、教學器材

#### (一) 教學輔助教材

器材名稱	數量	規格	說明
電腦	乙台		播放說明與簡報用
投影機	乙台		教學用
實物投影機	乙台		實作示範用
投影布幕	乙組		教學用
教學簡報	乙份		教學用
教學影片	數片		教學用
活動單	1 份/人		繪製金屬燃料車設計圖用
評分表	1 份/人		評量用

## (二) 工具材料

器材名稱	數量	規格	用途
飛機木	兩片		製作車身使用
齒輪組	兩個		運轉
金屬軸承	兩支		車輪運轉用
金屬燃料電池組	一組		動力來源
控制開關	一個		控制
鋅空氣燃料電池	一組		動力來源
馬達	一個		動力來源
白膠	數瓶		接合用
保麗龍膠	數瓶		接合用
瞬間膠	數瓶		接合用
美工刀或剪刀	數把		切削用
電烙鐵	六支		開關焊接用
焊錫	數管		開關焊接用
尖嘴鉗	數支		
電線	一捲		接線用
電池座與碳鋅電池	十二組		錯誤檢測用
夾木板	數片		製作競賽跑道用
砂紙	數張		
食鹽	一包		鋅空氣燃料電池發電用
紙杯或容器	六個		調製電解質（食鹽水）用

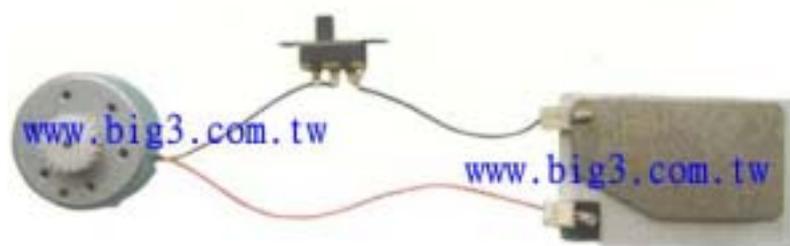


圖 2 鋅空氣燃料電池構造與馬達

資料來源：大三 DIY 創意館 <http://www.big3.com.tw>

## 七、教學進度

節次	教學重點	教學活動
1	認識能源與動力的發展與科技背景	
2	1. 介紹何謂燃料電池。 2. 介紹各種燃料電池的使用。 3. 介紹金屬燃料電池原理與結構。 4. 介紹鋅空氣燃料電池的使用。	利用教學簡報及實際示範 鋅空氣燃料電池的原理與 使用方式。
3	介紹材料、限制及評分標準。 介紹相關作品(如太陽能車等)及教師作品。	利用教師作品引起學生學習動機並播放相關作品的圖片引導學生外形及機能上的設計。
教學 活 動 流 程	4 繪製金屬燃料車的設計草圖。	讓學生先自行繪製設計圖，教師須強調繪圖的重點，並引導學生思考在製作過程中可能會遇到的問題。
	5	1. 修改金屬燃料車的設計圖。
	6	2. 進行金屬燃料車實作。
	7	3. 練習開關焊接。 4. 練習電線的接線。
8	實作活動	5. 利用單顆電池座及碳鋅電池學習錯誤檢測。 6. 利用三用電表進行鋅空氣燃料電池的電壓及電流檢測。 7. 實際使用鋅空氣燃料電池來進行試跑。
9	競速及外觀評比 1	
10	競速及外觀評比 2	

八、實作過程

	
<p>圖 3 金屬車製作</p>	<p>圖 4 增加輪胎摩擦力</p>
	
<p>圖 5 錯誤檢測 (一)</p>	<p>圖 6 錯誤檢測 (二)</p>
	
<p>圖 7 利用一般電池進行試跑及調整</p>	<p>圖 8 測量鋅空氣燃料電池電壓</p>
	
<p>圖 9 利用鋅空氣燃料電池開始測試</p>	<p>圖 10 正式競賽評分</p>

## 九、教學評量

本教學主要透過一份「繪圖單」、一份「評分表」及最後的競賽活動結果作為總結性評量，詳細評分依據如下表所示

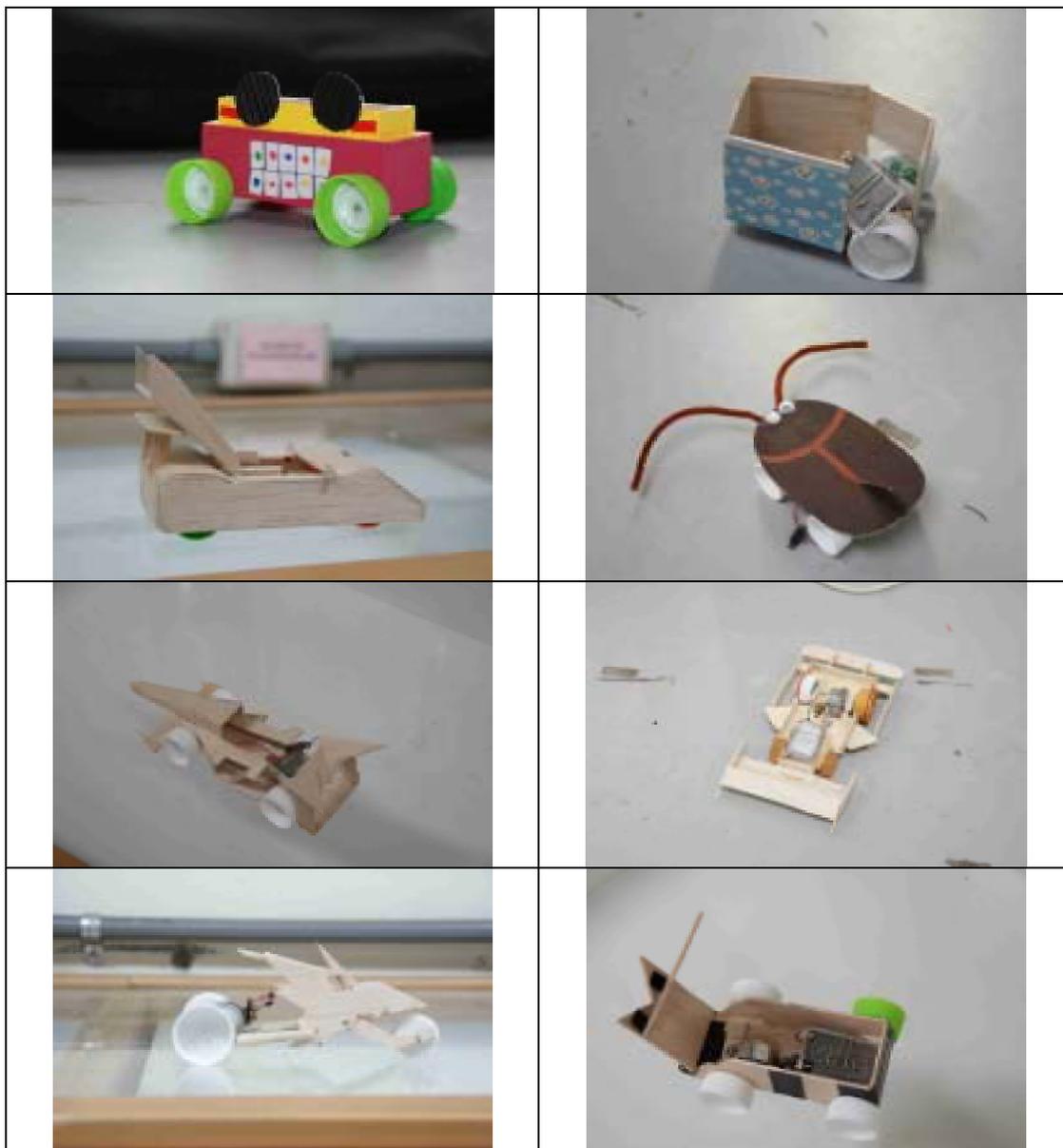
評分項目	計分標準	佔分比例	
設計構想 與草圖繪製	設計構想與創意表現 草圖中各部位裝置與機構的功能表現	20%	
成品製作	創意表現	30%	
	功能設計的創意 造型表現的創意		
	製作技巧 與整體表現	成品與草圖的符合程度	30%
		選用適當的材料	
接合與組裝的技巧			
作品的完整性與外觀			
功能檢測	6公尺，依時間給予4~20分不等，有三次試跑，不得超出跑道範圍三次之後，每超出一次扣1分	20%	

## 十、教學建議事項

- (一) 教師可嘗試實際自行先製作一組教具，待課堂起始，用來引起學生動機，並且輔以教學說明。
- (二) 由於學生可能在國中時期做過太陽能車，因此對於車子的製作可能會感覺比較無趣，因此要讓學生明白此項教學活動與太陽能車的差異，並在教學活動的設計要避免和太陽能車教學重覆太多。
- (三) 由於金屬燃料電池發電時間較長，因此可讓學生先行利用一般的碳鋅電池及電池座來作錯誤檢測，了解自己的車子問題所在。
- (四) 因為金屬空氣燃料電池已經是半成品，本活動設計主要還是學生在車子上的製作學習。輪胎的材料則讓學生自由發發揮，但盡量不要用現成的模型輪胎。
- (五) 廠商的半成品原本式已經將馬達、開關做好焊接，但教師為了能讓學生學習焊接，因此請廠商將馬達及開關分開附上。只是在焊接之餘，學生往往因不熟練加上開關過小，因此無法確實焊穩。

(六) 由於馬達的電線較短，因此學生在沒焊好的情況下，不斷的削開絕緣外皮來作焊接，導致馬達上的電線越來越短，甚至無法使用。因此教師必須要先提醒並教導電線接線的方式。

#### 十一、創意作品



#### 肆、結語

個人覺得從這個教學活動過程中，可以讓學生製作過程中一方面了解到金屬燃料電池的概念另一方面也學會基本的一些技能，如焊接、切削及接合加工以及三用電表的使用。此外，也希望能藉著這個教學活動讓正在為生活科技努力的老師們除了太陽能車之外，還能在載具及動力的教學上多了另一種選擇。參與金屬燃料車教學活動的同學，從確定目標、蒐集資料、繪製設計圖，不斷的嘗試並解

決過程中所遇的問題，乃至於完成創意作品，投入大量時間及心血，其精神令人敬佩且可取。更重要的，從這個教學活動，除了培養學生創意思考及問題解決的能力對於學生環保意識的提升，相信也有一定的功效。

### 參考文獻

江文鉅、林永清(2006)，綠色能源科技—淺談燃料電池。生活科技教育月刊，39(4)，頁 19-30。

張雲朋(2003)。由空氣產生電能的新能源—鋅空氣燃料電池。科學發展，367 期，頁 12-15。

楊志忠、林頌恩、韋文誠(2003)。燃料電池的發展現況。科學發展，367 期，頁 30-33。

附錄

附錄一 金屬燃料車設計圖繪製單

<b>金屬燃料車設計圖繪製</b>	班級	
	組員	姓名：                      座號：
車身設計圖繪製 (須清楚標示各項材料位置)		
製作過程可能遭遇問題(至少三項)		

附錄二 金屬燃料車評分表

金屬燃料車評分表						班級：	
姓名						座號	
評分項目		計分標準				得分	小計
設計構想與 草圖繪製(20分)		1. 設計構想與創意表現 (10分)					
		2. 草圖中各部位裝置與機構的功能表現 (10分)					
成品製作 (60分)	創意表現 (30分)	1. 功能設計的創意 (15分)					
		2. 造型表現的創意 (15分)					
	製作技巧與 整體表現 (30分)	1. 成品與草圖的符合程度 (5分)					
		2. 選用適當的材料 (10分)					
3. 接合與組裝的技巧 (5分)							
4. 作品的完整性與外觀 (10分)							
功能檢測 (20分, 依通過時間計分) 6公尺, 三次試跑, 不得超出跑道範圍三次之後, 每超出一次扣1分		超過1分鐘 (4分)	46-60秒 (8分)	31-45秒 (12分)	16-30秒 (16分)	15秒以內 (20分)	失誤 扣分
總分： (100分)							

## 最新消息與動態

洪國峰

臺灣師大工業科技教育系博士生

### 一、ITEA 第 72 屆年會活動開跑

ITEA ( INTERNATIONAL TECHNOLOGY EDUCATION ASSOCIATION ) 第 72 屆年會預定在 2010 年 3 月 18 至 20 日在 CHARLOTTE 舉行研討會。徵稿主題以綠色科技( Green Technology )為主, 包含子主題一: 綠色環境的設計( Designing the Green Environment ) 子主題二: 科技教育的教學研究( Describing Best Practices through Teaching and Learning STEM ) 子主題三: 發展 21 世紀的技能( Developing 21<sup>st</sup> Century Skills )等範圍為主, 詳細請參考 ITEA 網站( <http://www.iteaconnect.org/> ) 訊息。

### 二、STS 系列專書介紹

近幾一二十年來自於「科學 科技與社會研究( Science, Technology and Society Studies, 簡稱 STS ) 的反思, 有以下幾個著名的例子: 「愛迪生的高阻抗燈絲, 是為了經濟競爭力才得以發明?」、「家務勞動電器化, 例如瓦斯爐與洗衣機進入家庭, 原來不一定讓媽媽省時省力?」及「拼裝車不但並非「落伍」, 反而由於對於臺灣農村社會產生最佳回應, 而大受青睞?」。

所以, 想認識 STS 的內涵及意義可從以下幾本書著手:

1. 吳嘉苓等 (2004)。STS 讀本 I: 科技渴望社會。臺北: 群學出版社。
2. 吳嘉苓等 (2004)。STS 讀本 II: 科技渴望性別。臺北: 群學出版社。
3. 王秀雲等 (2009)。科技渴望參與。臺北: 群學出版社。