

101-117 (1998)

4. Technology Enabled Active Learning, TEAL
http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/teal_tour.htm

從非制式情境到制式情境： 高中職及大學應用史特林 引擎模型製作進行熱學 教學之模式

葉蓉樺

國立自然科學博物館 科學教育組

摘要:史特林引擎模型製作活動自民國 93 年起，在國立自然科學博物館以教師研習的方式進行推廣。本研究追蹤教師研習後應用於教學的現況，發現除了中部地區幾所高中職的自然與生活科技教師將研習成果應用於教學之外，亦有多所大學將模型組裝活動用於普通物理學實驗或專題製作。研究中將介紹高中職在自然與生活科技課程中應用史特林引擎模型製作，以及大學機械系、物理系如何應用模型製作活動於教學的模式。由個案施行的優缺點，探討將非制式情境學習活動整合到制式教學課程的幾項要點。

壹、研究背景

國立自然科學博物館自民國 93 年起，開

發史特林引擎模型製作活動並以教師研習及學會教案演示的方式進行推廣。參與研習及學會演示的老師至民國 96 年為止，有 177 人次。由民國 94 年開始陸續有大學及高中教師與本館索取資料，接洽將這項活動用於正式課程。本文的研究問題是探討這些不同層級的學校及系所，如何利用史特林引擎模型製作的活動進行物理相關的概念教學，以及各項成效與優缺點評估。

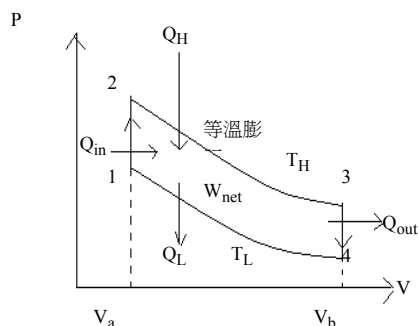
本館以高中學生規劃科學動手作營隊活動當中，亦同時訓練觀察及輔導員，在活動當中進行記錄，瞭解高中學生在實作活動當中，面對問題時的解決模式[1]。

貳、研究方法

研究以個案歷程檔案的方式進行。每校為一個個案，每案的歷程檔案對授課教師進行半結構式晤談、蒐集課程架構與進度之規劃記錄、學生作業或成品等資料。

一、史特林引擎模型製作的教學意義

史特林引擎是一種 17 世紀問世的古董引擎，屬於外燃機的一種。利用熱源加熱基部的金屬板，使密閉的氣室內部氣體膨脹，推入內含活塞的汽缸當中，把連桿向上舉。



圖一

氣體作功後，能量消耗、體積收縮，氣室內的移氣胴體落下，牽動金屬絲使飛輪轉動。

藉由引擎模型運作過程的觀察，可配合圖一，對學生進行簡單的热力學概念介紹。其中 1→2 的過程中，工作流體等體積升溫，2→3 的過程中，工作流體等溫膨脹，3→4 的過程中，工作流體等體積降溫，4→1 的過程中，工作流體等溫壓縮，1→2 的過程中，工作流體等體積升溫。

與卡諾循環(Carnot Cycle)比較，卡諾循環由兩條絕熱線和兩條等溫線構成。在史特林引擎中工作流體的壓力-體積圖(pv 圖)是由兩條等溫線和兩條等體積升/降溫度線構成。換言之，史特林引擎循環以兩條等體積升降溫度線，取代卡諾循環的兩條絕熱線。

值得注意的是，事實上，史特林引擎工作流體的溫度並非完全均勻的；體積和壓力的變化也非如圖上所示那樣逕謂分明，真正的體積和壓力變化的曲線並非如圖 1 有稜有角。圖 1 是理想化和簡化的史特林引擎循環。也就是說：假設史特林引擎轉速慢到可以在工作流體溫度升降時，將體積視為不變，但工作流體膨脹並壓縮時，溫度可維持與溫差氣室的冷熱區一致，也就是工作流體作等溫膨脹與壓縮[2]。

製作模型的活動對於一般學生，可藉著透明的氣室及活塞，讓學生配合著模型運作的觀察，簡單說明內燃機和外燃機構造的差異，以及在熱功轉換過程中，體積變化的情況；能力較高的學生，亦可從能量守恆的觀點，介紹史特林引擎的熱功轉換效能計算。

二、史特林引擎模型製作在高中之應用：生活科技課程

國立臺中二中賴顯榮老師在其生活科技課程當中，率先將史特林引擎模型製作活動

融入其中。其模式為：第一週介紹史特林引擎的運作及製作元件，學生在第二週以製作品進行運轉及趣味的比賽。

在連續兩年的教學後，與該校物理科教師合作，在物理課對熱學作較深入的原理介紹，於生活科技課程當中則介紹較多史特林引擎目前在發電及太空科學方面的應用。

三、史特林引擎模型製作在大學機械系的應用：大同大學機械系—造物課

課程分為大一及大二兩階段。大一階段以兩週的進度進行，第一週說明簡易「自由活塞」型的史特林引擎製作方法，開放工廠的工具及材料讓學生自行製出可在軌道上行走的機具；第二週則設置軌道進行距離比賽，予以優勝學生獎勵。史特林引擎模型的製作只是多項製作活動當中的一項。

任課教授賴光哲老師表示，他希望學生透過一年級的製作活動，對熱流運作及熱機控制元件有所瞭解，在二年級熱學課程時能有較佳的學習表現。

二年級的課程則要求學生以金屬加工材料製作彈珠移氣器型的史特林引擎模型(見圖 2)，並製成可運動的小車，進行測距的比賽。

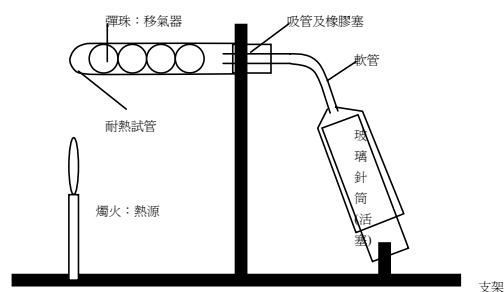


圖 2

四、史特林引擎模型製作在大學機械系的應用：國立中興大學機械系—機械設計與製作專題

這門課由全系老師共同開設，每位老師設置 3-5 個題目(或由學生自由提出題目)，3-5 人一組製作出成品，由叁年級下學期到四年級共三學期。目前為止已有三屆的學生選擇以史特林引擎為題目。

指導史特林引擎模型製作的陳昭亮及盧昭暉老師，希望選擇這個題目的學生能夠由製作過程中，應用機械設計、金工技能及熱流計算的能力完成作品。

五、史特林引擎模型製作在大學機械系的應用：正修科技大學機械系—技術創作課程

正修科大的課程是以 8 個小時的講授課程介紹史特林引擎的運作原理、於再生能源使用的優點、設計元件分析。4 小時的製作說明及零件製作，2 小時的組裝與競賽。

任課的許昭明老師認為這樣的模型製作活動有助於學生練習機械加工的技能，增進工作技術與知能。

六、史特林引擎模型製作在大學航空暨太空科學系的應用：國立成功大學—熱力學

這門課程開設於二年級。受限於校內規定，學生需先取得金工操作執照才能使用學校工廠作金屬加工，因此開課的鄭金祥教授改以彈珠移氣器史特林引擎模型(如圖 2)作為學生實作的練習。開課教師希望能結合基礎理論及設計、加工和測試的練習經驗，使學生能充分瞭解從機構分析、模擬、實作與運轉的過程。理論部分除熱力學之外，還包括結構設計、震動影響；設計部分則練習使用 CAD/CAM 及 ProE 等工程設計與模擬軟體，瞭解各種參數及計算對實作尺寸的影響。

雖然製作並不如其他機械系般要求金屬加工，但以簡單的紙板裁切支架，讓學生裝配試管為氣缸的史特林引擎，亦能促進學生

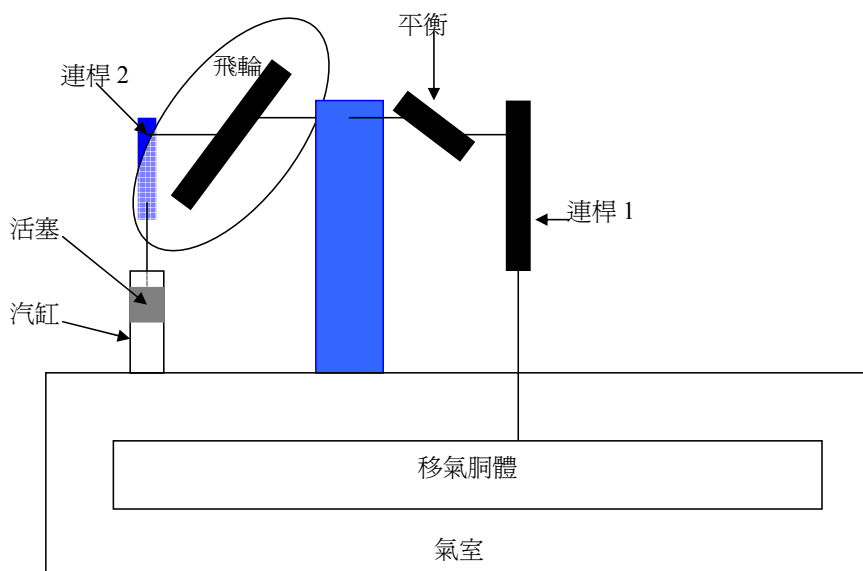


圖 3

對熱流運作的好奇與興趣，加強對後繼課題學習的興趣。

七、史特林引擎模型製作在大學物理系的應用：國立中央學物理學系—普通物理學實習課

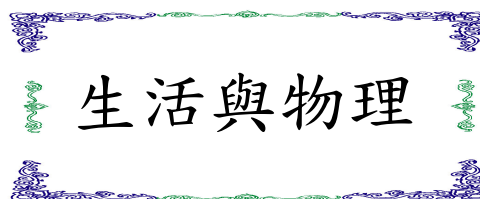
在普通物理學實驗當中排入史特林引擎模型製作相當罕見，因為一般的物理學者將史特林引擎看成是熱學的應用，並不當作基礎「實驗」。

課程規劃的朱慶琪老師將此活動安排於實習課之前，曾分別在不同班級使用本館的史特林引擎模型材料包、萬能大學周鑑恆教授代製的史特林引擎模型零件及市售的史特林引擎模型材料包。本館的材料包為 γ 型(圖3)，以訂作的玻璃管與活塞作為動力氣缸。後兩種材料組合利用氣球膜的漲縮取代活塞的體積變化。

朱老師認為透過這樣的模型製作，無論是哪一型的史特林引擎，都有助於學生體驗理論在真實世界的應用。因此她計劃持續蒐集本屆修課學生後續選修熱學課程的學習成就資料，瞭解將本項活動納入物理學實習的成效。

參考文獻

1. 大人の科學 2004.v6。東京：學研社。
2. 葉蓉樺 2007 高中生動手作研習架構發展初探：以國立自然科學博物館「高中生史特林引擎模型組裝研習」為例。科學教育,303,2-15.



穿越時空遇上你- 馬克斯威爾與牛頓的相遇

邱韻如

長庚大學通識中心 物理科
電磁學大師馬克斯威爾(James Clerk Maxwell,1831~1879)和牛頓(Issac Newton 1642~1727)生長在不同的時空，但他們倆卻有許多共同點。

牛頓的蘋果故事大家都耳熟能詳，馬克斯威爾和蘋果之間也有個小故事。

馬克斯威爾從小就很好奇，是個超級愛問問題的問題寶寶。有一天，他的阿姨送來一籃新鮮的蘋果，小馬克斯威爾拿起了又紅又大的蘋果，左看右看東瞧西望，就是沒有吃。他問：『阿姨，這個蘋果為什麼這麼紅？』

阿姨給了一個答案：『太陽照得多就特別紅吧！』

小馬克斯威爾繼續追問：『為什麼太陽照得多就特別紅？樹葉天天在陽光下，怎麼就不紅？』

阿姨也不知道該怎麼回答，要他不要管為什麼，先吃蘋果。小馬克斯威爾還是窮追不捨：『為什麼我們的眼睛能看出它是紅的？』

阿姨招架不了，只好轉移他的注意力，要他去吹泡泡玩。