

影視科學-以獵殺 U-571 為例

陳正治

國立科學工藝博物館 科技教育組
807 高雄市三民區九如一路 720 號
電郵：nelson@mail.nstm.gov.tw

徐國文

國立高雄應用科技大學(應外系)
807 高雄市三民區建工路 415 號
收稿日期：二零零三年十月三十日(於十二月十一日再修定)

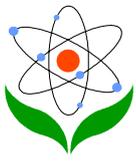
內容

[摘要](#)

- [一、緒論](#)
 - [二、文獻探討](#)
 - [三、進行方式](#)
 - [四、實例說明](#)
 - [五、教學成效評量](#)
 - [六、結語](#)
 - [七、參考文獻](#)
-

摘要

以驗證戴爾(Edgar Dale)之經驗塔理論、杜威(Dewey. J.)之「實踐中學習」(Learning by Doing)、皮亞傑(J. Piaget)之形事操作期認知理論、以及班杜拉(A. Bandura)之社會學習理論為理論基礎，本文介紹科學工藝博物館所提供的活動單元設計與成效。首先，以看電影並擇定戰爭動作片電影「U-571」作為行為的引發物，從趣味中引起動機，接著安排七個單元主題來讓學生從「實踐中學習」的學習模式中去探索科學現象，從而探討電影內所呈現的科學情節的真實性；另在每一個活動過程中，學生必須透過團隊協調合作，完成作品，從而探



究各項科學教具或玩具所應用的科學原理。

關鍵字：經驗塔、實踐中學習、形式操作期、社會學習理論

一、緒論

對近幾年來，不論是政府或民間皆全力推展教改工作，而強調以學生「能力」為本位的「九年一貫」課程安排即應運而生。

牟中原教授在「遠哲科學教育基金會」所出版的生活科學系列套書中有一篇「寫給家長、老師」的文章中提到：「我們將來需要的是能活學、活用知識的青少年。知識不是書上的死東西，它應該可以透過活動發掘。所以學校裡要準備更多豐富的活動，來做主題教學；老師要有更多的點子，來活化課堂…」

然而，處在現今生活便利，許多老師反應，大部份學生對於探索生活週遭自然現象總是興趣缺缺，甚至於連尋找科展題目都頗感捉襟見肘，有的甚至避之惟恐不及；即使參與科展者所研究的題目，與其生活經驗無關者也不少，一般學校內實驗課程雖能滿足學生動手操作需要，然大多侷限於驗證現有的科學原理，學習過程中著重於知識的灌輸而輕忽主動探究的過程，況且如實驗空間、經費不足者，往往不是每位學生可以享有參與實驗的機會，此時科學知識的取得及應用往往只有教師的口述(Oral Expression)而已。

二、文獻探討

著名的美國 2061 計畫在開頭就敘明(魏明通, 民 86), 教育的最高目的為使每一個人都能過發揮個人潛力, 過有責任的生活。政府推動九年一貫教育改革計畫之七大領域內特別有關自然科技、數學、藝術人文、健康體能、團隊活動、語文及表達等重點, 無非是在強調教學者需具備統整教學的能力, 試著提供國民中小學的學生全人教育的機會。本文就自然科技領域為主體, 帶引學生進入其它的學習領域內, 使科學類博物館提供非體制教育(Informal education approach)時, 也能兼顧體制內學校教育(Formal education approach)之需求。

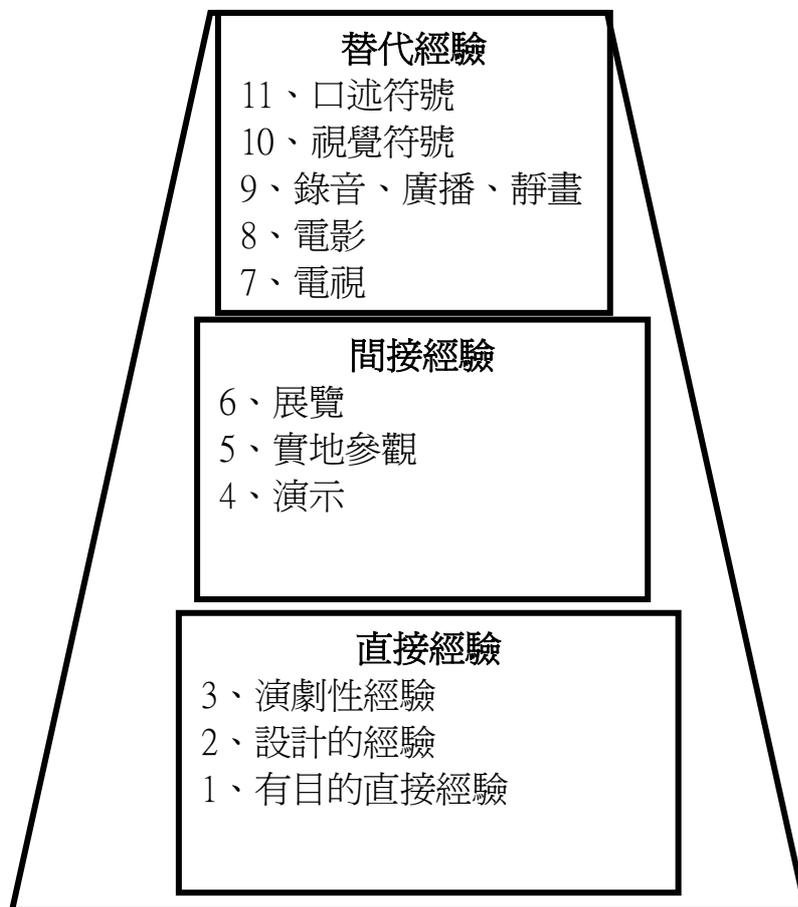
著名的瑞士教育心理學家吉恩·皮亞傑(J. Piaget)之認知發展理論提出, 十二歲至十五歲學習者, 為形式操作期, 現階段國民中學學生應具備有反省思考的能力、假設與演繹推理的能力、進行控制變因的實驗等等能力。

認知心理學家奧斯貝(Ausubel D.P)主張學生受教時, 新舊學習材料間適當的關聯, 是增進有效學習的關鍵因素。乃至於近年來教育學者積極探討與研究的教育建構論, 鼓勵教師與學生、學生與學生之間的利用語言活動、溝通、討論甚



至於辯論方式，用以建構知識。

教育學家戴爾(Edgar Dale)提倡之經驗塔(The Cone of Experience)，闡釋科學教育基本的一般學習途徑，也為科學教師提供教學媒體、教學模式或教學資料的選用原則。戴爾的經驗塔共有十一層(如圖一)，塔底的三層強調學生自身經驗、感受及參與學習的重要性；第四至第六層為學生運用全部或部份的感官從事學習活動，如野外教學或博物館的展示教學等，此三層的學習經驗比底三層抽象些；第七至第九層為視聽教學應用，學生透過電影或電視的學習經驗僅能運用視覺(Vision)與聽覺(Hearing)兩個感官去學習別人所表演或拍攝的效果而已；最上三層透過視覺符號或口述符號，學生僅能大量使用聽覺感官學習，效果往往不理想。



圖一：戴爾經驗塔

美國教育哲學家杜威(Dewey, J. 1859-1952)提倡實踐中學習(或邊做邊學 Learning by doing)的理論，亦即主張教學應以兒童或學習者為主體，讓學習者親自觀察與經驗，用腦去想，用手去做，以培養學習者願意主動且自動自發的學習精神。杜威認教育的目的在於發展、啟發兒童，使其有能力解決問題、適



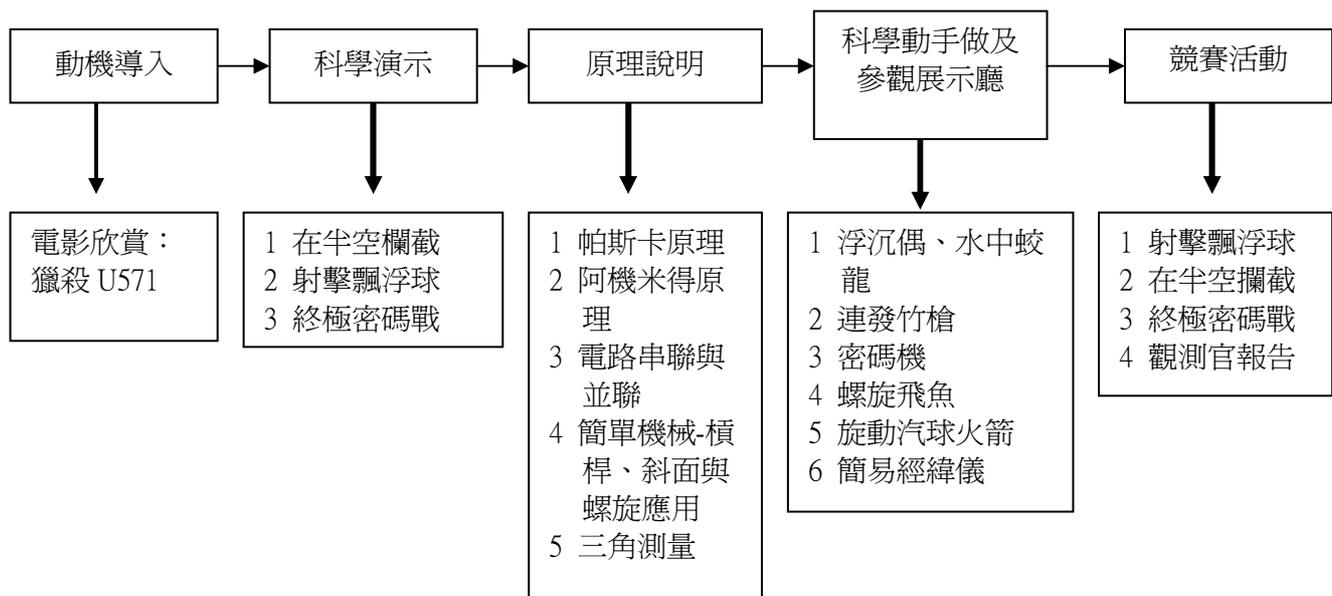
應新的環境等等的能力。

倡導社會學習理論的先驅班杜拉(A. Bandura, 1986)認為,在任何時刻,影響行為的諸多線索中,最常見的莫過於他人的行為(吳幸宜譯,民 83),換言之,學習者透過外來事物的引起注意(Attention process)、保持(Retention process)、行為複製(Behavior re-production process)及動機導引(Motivational process)等學習步驟,從事學習活動。

三、進行方式

本教學探討以學生當作受教主體,隨隊教師及助教為輔體,首先採電影欣賞為動機導入,一如班杜拉所倡導之社會學習理論,學習者透過電影情節的欣賞,當學生對電影情節產生高度興趣並保持其新鮮感的同時,老師從旁提問一些問題,並請求學生思考甚至複製或模仿電影情節,藉以引發學生產生強烈的學習動機。

教師緊接著再提供部份研製好的科學教具作為科學演示引發學生的好奇,學生再在教師引導下自製一份屬於自己的科學玩具,教師再解說各項教具所運用或延伸的科學概念(Concept of science)或使用科學原理(Applied),並透過小組間的比賽或討論以精進自己的教具功能,如此一來學生可以透過成果(反應變因)再反推回去尋找改變成果的原因(操縱變因),學生也可藉此原因探究激發不同的思維模式及創作。茲將本教學步驟繪製如下圖二:



圖二：看電影學科學教學步驟圖



使用工具

本文從一部電影的欣賞以激發學習動機，並從電影中所看到的情節，就其舊經驗判斷可能性，接著提供多樣實驗材料供學生具體操作，以探究(Explore)其真實性，學生進而利用相關材料並組裝成一件可帶走的科學玩具作為自己的發明(Invention)，教師並告知下一次上課時，將利用自己的發明作品進行各項團隊比賽，學生可藉由團隊比賽方式，不論輸贏，均可透過比賽進而歸納那些操縱變因是影響比賽成績(即反應變因)的重要因素。如此一來，學生不僅可以由比賽結果反推至操作過程，應用奧斯貝的學習理論基礎進行學習活動。同時，本教學活動進行時，大量引用皮亞傑的形式操作期之學習理論模式，大部份時間均屬學生自我操作或製作教具為主，為提供學生多元的創意、討論與思考，並延伸各種競賽活動，藉以激發學生群組間充份討論與思考改善之計，學生們可以透過語言活動、溝通、討論再建構出符合自己需要自己的學習模式。最後再實地參觀科學工藝博物館(簡稱工博館，National Science and Technology Museum)相關展示廳及科學演示活動，填寫學習單等。

透過此種活動安排，可充份且彈性運用戴爾的經驗塔理論基礎，例如動手操作或製作滿足塔底直接經驗之需求；參觀展示廳滿足間接經驗需求；視聽教學等替代經驗激發探究的學習興趣與動機。

(附註：任何比賽總是有輸有贏，所謂勝不驕、敗不餒的風度，可透過「謝讓」活動，如打油詩一首

一、二、三；三、二、一；

你輸我贏沒關係；下次機會讓給你；

一、二、三；三、二、一；

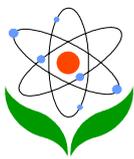
有本事，再來比一比；

(勝者面對大家，且深深一鞠躬)謝謝各位的承讓

如此一來，勝者不驕，謙沖為懷；輸者僅是暫時，絕非永遠，且接受贏方之鞠躬道謝，並以此謙讓為榮，滿足彼此心理的需要。)

四、實例說明

本獵殺 U-571 一片是在描述第二次世界大戰時，美軍為奪取一艘受創之德軍 U 型潛艦上的密碼機，派遣一艘美製 S 型潛艦前往完成任務的海戰動作片。欣賞獵殺 U-571 電影後，老師利用暫停播放 DVD 機制，控制影片播放速度，適時



提問下列問題：

1. 潛望鏡的結構？
2. 如何測量兩物間的水平距離？
3. 如何測量觀測物高度？
4. 為何深水炸彈爆炸時，潛艇會發生激烈震動？
5. 當潛艇發生激烈震動，潛艇內部人員要採取怎樣的防護自保措施？
6. 當船艦使用聲納設備時，為何要靜音？
7. 魚雷的密度與海水密度的關係
8. 擊發魚雷時，魚雷的運動方式是怎樣前進的？
9. 航海時船速的計量單位為何使用「節(Nautical mile per hour)」作為單位，換算成一般道路行車速度(Kilometer per hour)有何不同？
10. 潛艇外殼為何總是類似拱型結構？與一般雞蛋外形有何相似之處？
11. 控制潛艇沉與浮的機制是什麼？
12. 何謂摩斯密碼(Morse code)？你能自製一臺密碼機嗎？
13. 為何潛艦沉入海底越深，潛艦內部管線會有漏水現象？

透過上述題目的提問當作研究教學之動機導入，緊接著教師表演幾項會引起現場驚呼的科學遊戲，例如利用自來水裝入寶特瓶內產生類似開香檳現象的「噴水香檳」；利用燈光進行密語通訊；利用連發竹槍擊落飄浮球；利用旋動氣球火箭進行「在半空攔截」等科學遊戲。隨後分多次單元指導學生科學動手做並完成幾件作品，例如：浮沉偶、連發竹槍、密碼機、螺旋飛魚、旋動汽球火箭及簡易經緯儀，作為學員可攜帶返家的作品。教師並隨後講解各件作品所應用的科學原理或可傳達的科學現象，並藉由科工館相關展示廳之參觀，增強其學習的深度與效果。將各本教學研究中學員自製的科學玩具名稱、電影情節應用、所欲闡述之科學意涵及科工館相關之展示廳表列如下表一：



表一、科學玩具與延伸教育關聯表

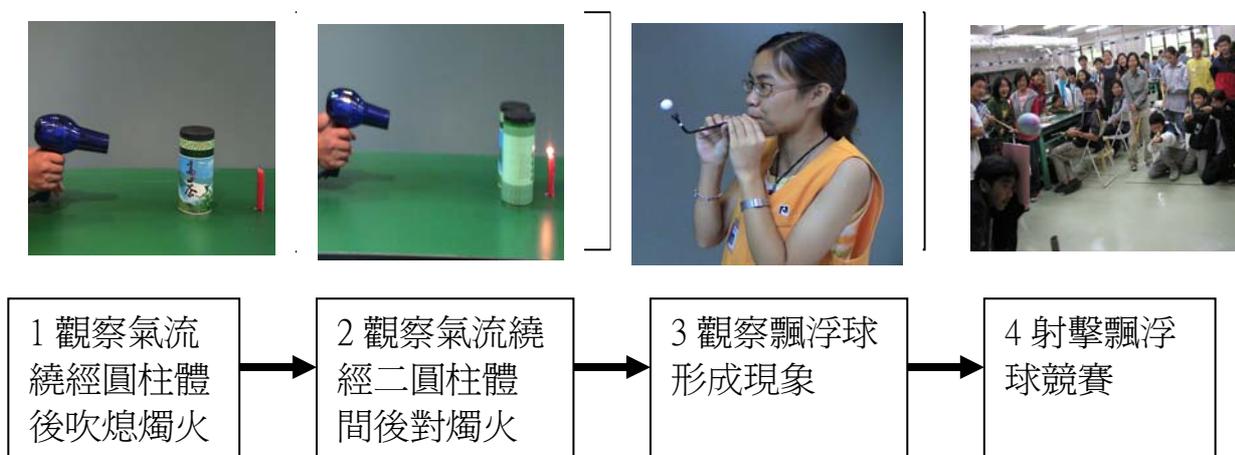
科學玩具名稱	電影情節內容	應用原理	延伸展示廳與展品
浮沉偶	深水炸彈爆炸時, 為何潛水艇會產生激烈的震動及控制潛水艇浮與沉的機制是什麼?	帕司卡原理解釋水壓的傳遞現象 阿基米得原理探討影響物體在水中沉或浮的變因	交通與文明展示廳—海上運具
射擊飄浮球:連發竹槍	衝鋒槍槍身為何要有托把及連動機械? 船體後方渦流產生現象	槍枝的幾何構圖及重力場中拋物體運動的路徑。 流體動力學	動力與機械展示廳—簡單機械之槓桿與斜面
密碼機	什麼是摩斯密碼及其傳訊的技巧? 如何自製一台有線密碼機?	電路的串聯與並聯應用 摩斯密碼內容	電子世界展示廳—電路 電腦與通訊展示廳—摩斯密碼 交通與文明展示廳-船上通訊
旋動汽球火箭	魚雷擊發後如何能穩定前進? 動力源是什麼?	牛頓第三運動定律(作用力與反作用力) 簡單機械之螺旋應用	航空與太空展示廳--火箭介紹 動力與機械展示廳--螺旋結構
簡易經緯儀	砲艇擊發砲彈時落彈點位置與仰角之測量	三角函數應用及測量	交通與文明展示廳—水平測量儀及經緯儀
水中蛟龍	潛艇沉與浮的控制機制	阿基米得原理應用	交通與文明展示廳-我找到了(EUREKA)
水壓的測量	潛艇沉入水中越深, 艇身承受的水壓力越大, 艇身內部管線漏水	液體壓力=液體密度*深度	交通與文明展示廳-潛艦結構
陀螺儀	潛艦或飛行航空器在爬升或下降時, 依賴之導航設備之一	轉動力學應用	交通與文明展示廳-潛艦與飛行航空器
潛望鏡	潛艦人員觀測水面上物體的儀器	光的反射應用	交通與文明展示廳-潛艦、汽車後視鏡

學員利用自製之科學玩具完成後, 即可獲得相關知識的應用, 並可以利用小組



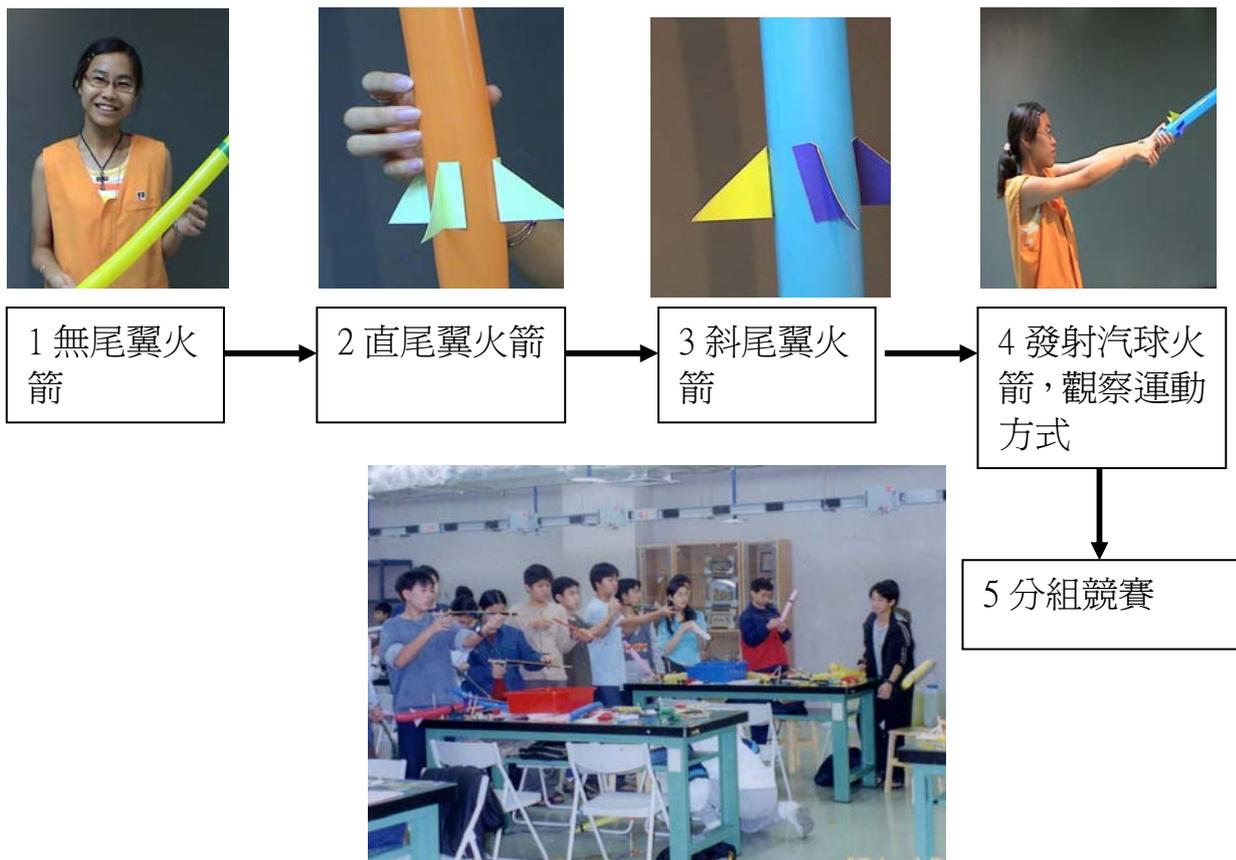
討論時間或課餘時間尋找相關資訊，以精進其科學玩具之準確度與精密度，用以激發其發現不同知識應用或擴展其視野。為激勵學員創作或創新的意願，本教學研究特別規劃一些以組為單位之競賽活動，提升本項教學研究之趣味性，相關之競賽活動方式簡介如下：

1、射擊飄浮球(如圖三)：學員每人各自製一把連發竹槍，比賽時以小組為單位，一組負責控制飄浮球，並觀察球體在空氣噴流束外運動的情行，另一組負責持連發竹槍將飄浮球擊落。活動目的在於觀察流體通過圓柱型障礙物後的運動情形，並進而觀察飄浮球成因與應用。



圖三：射擊飄浮球

2、在半空攔截(如圖四)：學員每人各自製一枚旋動汽球火箭，比賽時以小組為單位，一組負責發射旋動汽球火箭，並觀察火箭運動的方式，另一組負責持連發竹槍將火箭擊落。藉本活動觀察不同汽球火箭尾翼形狀與黏貼方式所產生之運動情形及穩定度，同時進而認識牛頓第三運動定律、彈力位能與動能之互換關係。



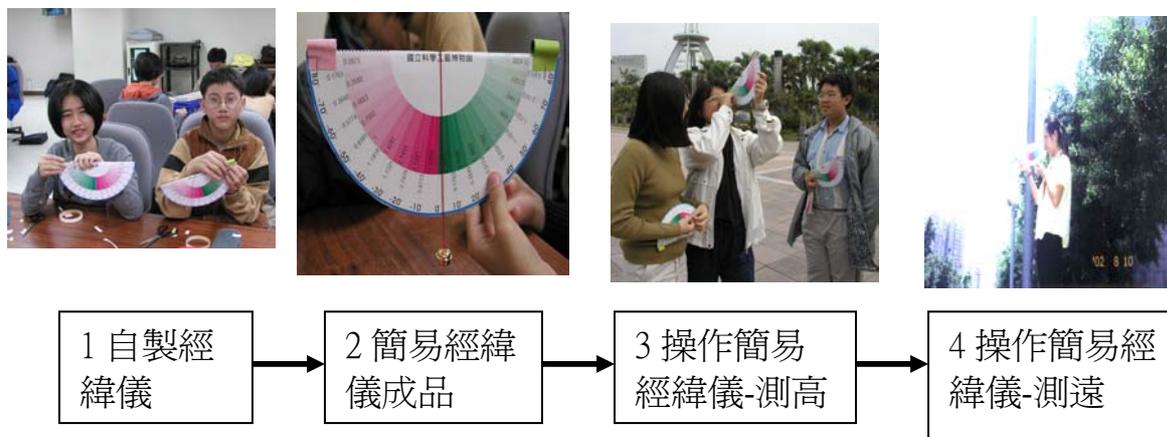
圖四：在半空攔截

3、終極密碼戰(如圖五)：學員每人各自製作一架密碼機，並利用電路串聯與並聯的結構，以觀察對方的燈號是否正常運作(電路串聯應用)，並共用一組電源節省電力(電路並聯應用)，比賽時以小組為單位，一人負責將他人所提供的簡易資訊轉化成摩斯密碼(Morse code)，再利用密碼機上的微動開關按鈕，傳送至另一端並由該端負責解碼並回傳確認有無疏漏。



圖五：終極密碼戰

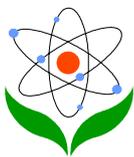
4、測量員報告(Surveyor reporting)如圖六)：學員以組為單位，在戶外擇定一建物，先目測一建物高度，再利用簡易經緯儀測量其高度，最後再利用捲尺實際測量建物高度，再進行誤差值之計算。



圖六：測量員報告

5、水壓測量(如圖七)：液面下物體承受液體壓力與液體密度及深度成正比，電影中的潛水艇沉入水中越深，艇身所受到的水壓力越大，潛水艇內管線承受不了壓力，產生漏水現象。同時，潛水艇為了有效抵抗強大的水壓，艇身外表大都採橢圓體(如同雞蛋蛋殼)拱形結構。

(附註：此作法引用 2002 年 11 月 26 日南區中學示範實驗研習會中發表作品)



物體在液面下受
壓實驗

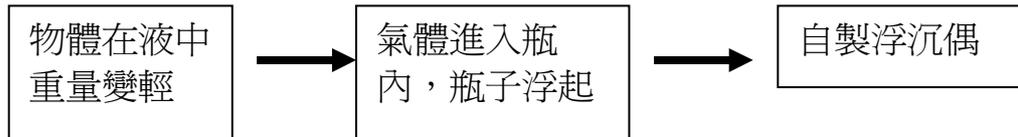
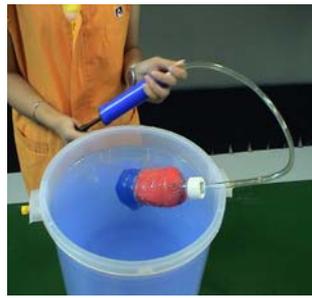


水壓力使物體外形產
生變化(往內凹陷)



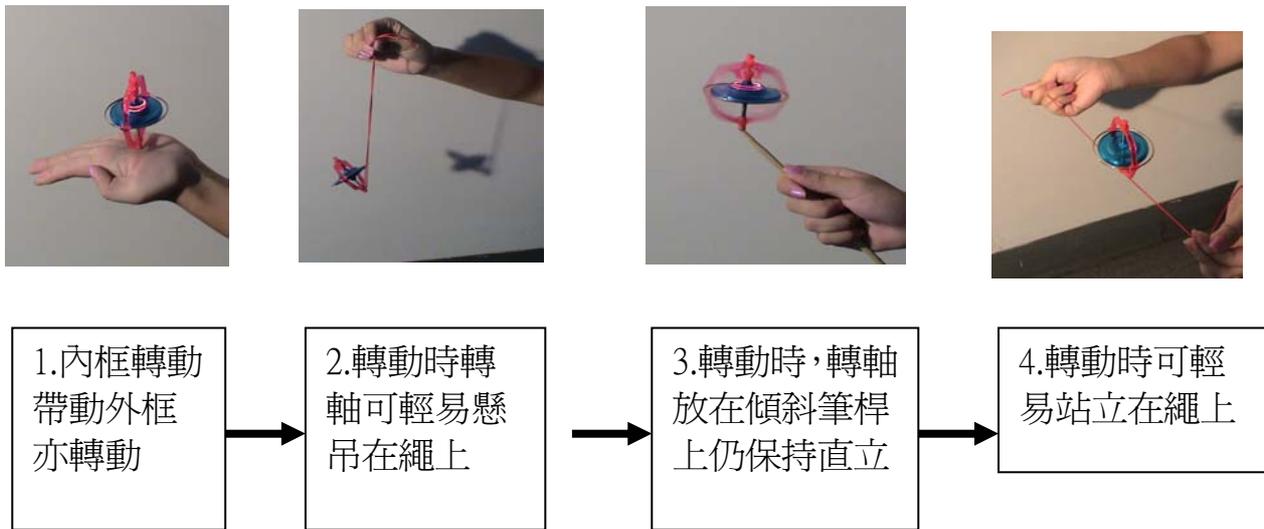
圖七：水壓測量

6、水中蛟龍與浮沉偶(如圖八)：控制潛水艇浮與沉是依賴潛水艇內浮力艙的控制機制，當艇身內部水往外排，艇身變輕，只要艇身整體密度比水小時，即往上浮；反之，往下沉；艇身整體密度與水相等時，潛水艇即可在水面下隨處飄浮，此時潛水艇所受重力(Gravity)與水浮力(Buoyancy)相等，潛水艇處於失重或無重量(Weightless)狀態，此即是阿基米得原理應用。同時，利用浮沉偶教具，可以發現液體內部壓力產生變化時，壓力的改變也會向四面八方傳播，使部份水擠入浮沉偶內，當浮沉偶整體密度比水大，即下沉；反之上浮。



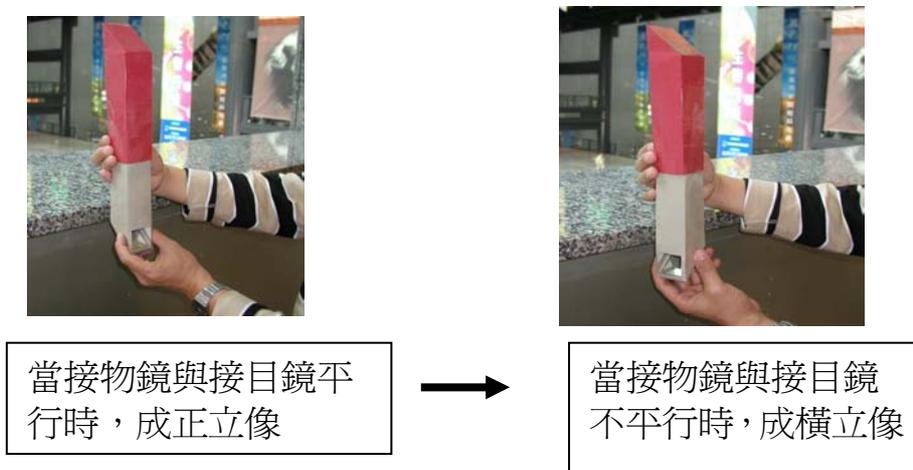
圖八：水中蛟龍與浮沉偶

7、陀螺儀(如圖九)：轉動的陀螺儀(Gyroscope)可觀察到轉動慣量、角動量守恆等應用，可以觀察到陀螺儀在導航設施上的應用。特別是電影中潛艦的兩具螺旋槳，轉動方向相反；又如直升機配置兩具螺旋槳之目地，均可藉由陀螺儀運動加以解釋。



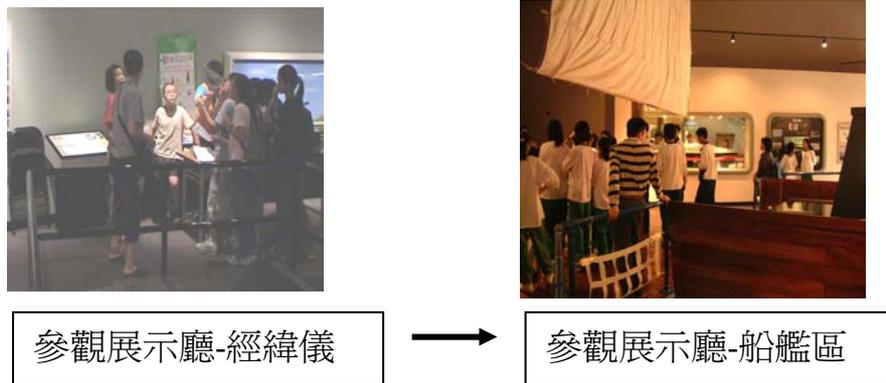
圖九：陀螺儀

8、潛望鏡(如圖十)：利用光的二度反射即可隱身暗處並觀察到另一處物體，並利用街目鏡與接物鏡相對位置不同，觀察像的變化。



圖十：潛望鏡

9、參觀展示廳(如圖十一)：當進行完上述一些科教活動後，再帶領學員進入工博館 (<http://www.nstm.gov.tw>) 相關展示廳內參觀，以獲取積極、即時且有效的學習效果，並提供學員自由參觀與探索的開放式學習機會。



圖十一：參觀交通與文明展示廳

五、教學成效評量

本教學研究旨在提供一個異於學校體制內現行的教學模式，例如老師講授、實驗指導或團體活動及校外教學參觀等，本教學研究中以電影欣賞作為動機導入要引，提供學員休閒娛樂結合教學活動，以滿足學生休閒娛樂兼顧學習的需求；提供科學原理應用與延伸滿足教師對教育性的需求；提供學員自製科學教具的機會及攜帶回家的實體，以滿足家長對價值性的需求。

本項教學探討將活動中所有規劃之內容(含電影欣賞、科學動手做等七項、展示廳參觀導覽解說及科學演示等)，為求客觀標準，本文將活動的評量基準分為教育性(Education)、趣味性(Entertainment)及價值性(Valuation)等三個指標，茲將三個指標內容分述如下：

A、教育性(Education)：本教學活動是否能滿足學生追求知識的渴望，是否能讓學生能自我學習，是否能與學校體制教育內的課程進度銜接，是否能讓學生對新的科學專有名詞產生強烈的印象並且會使用等等，凡此種種均列為本教學方法是否能滿足學生對追求新知或接受教育的評點指標。

B、趣味性(Entertainment)：大部份的學生都愛玩樂，如何讓教學活動能寓教於樂且易於被學生接受，教學方式是否活潑，教具是否好玩有趣，競賽活動是否充滿挑戰及創意，凡此種種被歸類為是否具有趣味性。一般而言，具有趣味性的教學活動，學生比較樂於學習，甚至主動積極地參與學習活動。

C、價值性(Valuation)：本系列教學活動在科工館進行，學生利用週末假期且採選修方式參加，對一般學生而言，假期就是休閒和玩樂，因此本系列教學活動是否被認為有價值參與，教具的製作與功用是否與購買材料所花費用等值，學生家長是否支持並鼓勵學生參與學習等等，均列為是否具有價值性。



就以上三項評點基準, 學生分分別針對各次教學活動, 自行評價其得點, 最低 0 分、最高 10 分, 茲將所得結果平均得點表列如表二。

表二、各項活動評點平均得點

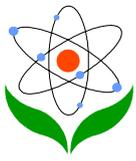
活動內容	學生(樣本數: 55)			
	教育性	趣味性	價值性	科學內涵
電影欣賞	7.26	8.37	7.56	探討情節的真實性
浮沉偶		6.91	5.96	帕斯卡原理與水壓傳遞
水中蛟龍		5.93	5.96	阿基米得原理與浮力原理
終極密碼戰		6.96	7.42	電路的並聯與串聯應用
射擊飄浮球	7.16	8.78	7.73	機構應用、柏努利原理
在半空攔截		8.53	7.25	牛頓第三運動定律
測量員報告		6.20	7.60	三角測量
導覽解說		5.73	7.39	展示品參觀教學
科學演示	8.35	7.76	7.94	科學表演活動

(1)、由於問卷表採無記名方式調查, 學生的喜惡不會有作假之虞, 其中水中蛟龍評價皆比其它項目偏低(但仍一般在一般水準 5.0 之上), 經與帶隊教師討論, 原因之一是在學校上課時有類似的動手操作經驗(如浮體與沉體單元中之水中蛟龍)。

(2)、終極密碼戰是結合電路的串聯與並聯使用, 這與密碼機因電路結構細緻, 施作難度高且學生對摩斯密碼的使用不熟悉, 因而雖具有教育價值, 趣味性卻偏低的現象。

(3)、導覽解說的運作方式是由專業解說員就展示廳之展品, 透過學員目睹展示品, 及主要目的地是配合科學動手做的延伸及推廣, 使科工館展示品能透過科學動手做的方式, 使學員能清楚且明白展示廳內展示品所欲呈現或傳達的科學意念或應用。每次參觀一個展示廳, 解說員可以講解多項展品, 唯學生所扮演是「聽」與「看」的角色, 教育價值十足。

(4)、科學演示是由科工館解說員示範多項神奇的科學現象, 學生仍是「聽」與「看」, 學生普遍認為很精彩且具教育價值, 此與學生在時間之內可以看到多



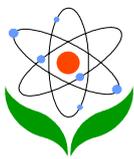
項神奇的科學現象應有直接感受，並認為深具教育性有關。

六、結語

本教學探討透過理論基礎探討應用、電影選片、課程安排、活動設計及問卷調查與分析，可以發現幾項有趣的現象：

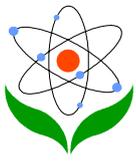
1. 提供一個富教育、具趣味且超價值的科學研習活動，在科學類博物館內再結合相關展示品參觀，以滿足學校教師、學生與家長的需求。
2. 科學教育著重於知識面，而科技教育強調應用面，如何透過各項活動激發學生思考、探究的心，並以科學教育為體，科技教育為用，讓學生知其然並知其所以然，透過競賽活動鼓勵學生團隊合作，激發創意。從探究(Explore)科學現象、進而發明(Invent)科學教具或產品，並透過各項活動，提供學生發現(Discover)科學新知等科學創意活動。
3. 觀看電視、欣賞電影無疑是一般學生喜愛的休閒活動之一，將看電影延伸至科學教育活動，更能激發其看電影時有不同的目地與角度觀察週遭事物。
4. 團隊間競賽活動激發學生間的團隊合作、創意思考。
5. 團隊間競賽後的「謝讓」讓學生彼此間有謙讓及感恩的心。
6. 一般學校體制內教育大都有所謂的進度要求，可是此種方式似乎並不能滿足學生甚至教師的需求。
7. 規劃具操作性的科學探索教學活動(如教具製作、工具操作、創意競賽、參觀導覽等)並能應用在日常生活中，必單純的知識傳授或實驗觀察要來得受學生歡迎。
8. 類似博物館這類非體制教育(Informal education)場所，活動的規劃必須異於一般體制內正式教育(Formal education)，並且充滿新鮮、有趣、創意且是現行學校體制內教育內涵的延伸，讓學生獲得學習廣度與深度。
9. 口述或背誦科學僅能趕趕進度，對學生的科學教育幫助明顯不受歡迎。
10. 教育的主體是學生，不是教師，教師有責任讓課程豐富、活潑且富挑戰性。

雖然，從本文中所欲呈現的「從電影中引發與設計科學教育活動之探討」，不



是要去批評學校體制教育的不是，而是提供一個另類的教學方式或模式供參考，當進行完本系列教學後，也有部份建議如下：

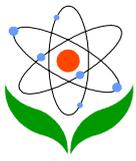
1. 教師選片時宜先注意電影情節與學生的舊經驗是否有關，同時電影內容能否提供新知。
2. 部份光怪離奇或不合理的情節(如高樓墜地卻毫髮無傷)也可以讓學生進行各項實驗，進而探討電影情節是虛構還是特技手法，避免學生模仿。
3. 市面上部份電影都有不錯的科學知識可供教學應用，如浩劫重生(cast away)談野外求生、鐵達尼號(Titanic)談浮力與冰山、冰峰極限(Summit)談雪崩與硝化甘油、悍衛戰警談速度、悍衛戰士(Top-gun)談飛機的運動及雷霆噴射手(Fire、ice & dynamite)談力與運動學等。
4. 博物館可先請教師蒞館進行教師研習，並合作編寫活動學習單。
5. 教師可在學校預告參觀活動會應用到那些舊經驗或科學原理，再透過電影欣賞、動手作(Hands-on)及展示品參觀，增加學生學習或認知的深度、廣度與應用。



七、參考文獻

(一)、中文部份：

1. 郭生玉(民 85)：心理與教育研究方法。台北：菁華書局。
2. 張春興與林清山(民 83)：教育心理學。台北：東華書局。
3. 林進材(民 88)：教學理論與方法。台北：五南圖書出版公司。
4. 朱敬先(民 87)：教育心理學。台北：五南圖書出版公司。
5. 胡學儷譯(民 84)：測量 - 量度與時間。台北：文庫出版事業公司。
6. Margaret E. Gredler 著，吳幸宜譯(民 85)：學習理論與教學應用。台北：心裡出版社有限公司。
7. 李祖壽(民 70)：教學原理與教法。台北：大洋出版社。
8. 國立臺灣師範大學學術研究委員會(民 79)：教學法研究。台北：五南圖書出版公司。
9. Mary B. Rowe 著，魏明通譯(民 76)：科學探究教學法。台北：國立編譯館。
10. 魏明通(民 86)，科學教育。台北：五南圖書出版公司。
11. 楊榮祥(民 68)，戴爾的經驗塔(上)-教學資源應用的原則，科學教育 25 期。
12. 楊榮祥(民 68)，戴爾的經驗塔(下)-教學資源應用的原則，科學教育 26 期。
13. 邵瑞珍、皮連生主編，王文科校訂(民 80)：教育心理學。台北：五南圖書出版公司。
14. 2001 物理教學及示範研討會論文集。
15. 2002 物理教學及示範研討會論文集。
16. 2003 物理教學及示範研討會論文集。
17. 科學工藝博物館網頁(<http://www.nstm.gov.tw>)



(二)、西文部份：

1. MacKay, A. (1982). Project quest: Teaching strategies and pupil achievement. Occasional Paper Series. MacKay, A. in Center for Research in teaching, 42-44. Faculty of Education. Edmonton, Alberta, University of Alberta.
2. Rogers, C. R. (1961). On becoming a person : A therapist's view of psychology. Boston: Houghton Mifflin.
3. Rogers. C. R. (1969). Freedom to learn: A view of what education might become. Columbia: Charles & Merrill.
4. Hewson. P. W. & Hewson, M.G. (1988). An Appropriate Conception of Teaching Science: A View from Studies of Science Learning. Science Education, 72(5), 45-48.
5. Lawrenz, F. (1986). Misconception of Physical Science Concepts among Element School Teachers. School Science and Mathematics, 86(8), 80-83.