

## 影视科学-以猎杀 U-571 为例

陈正治

国立科学工艺博物馆 科技教育组

807 高雄市三民区九如一路 720 号

电邮：[nelson@mail.nstm.gov.tw](mailto:nelson@mail.nstm.gov.tw)

徐国文

国立高雄应用科技大学(应外系)

807 高雄市三民区建工路 415 号

收稿日期：二零零三年十月三十日(于十二月十一日再修定)

---

### 内容

#### [摘要](#)

#### [一、绪论](#)

#### [二、文献探讨](#)

#### [三、进行方式](#)

#### [四、实例说明](#)

#### [五、教学成效评量](#)

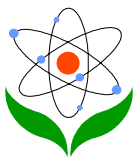
#### [六、结语](#)

#### [七、参考文献](#)

---

### 摘要

以验证戴尔(Edgar Dale)之经验塔理论、杜威(Dewey. J.)之「实践中学习」(Learning by Doing)、皮亚杰(J. Piaget)之形事操作期认知理论、以及班杜拉(A. Bandura)之社会学习理论为理论基础, 本文介绍科学工艺博物馆所提供的活动单元设计与成效。首先, 以看电影并择定战争动作片电影「U-571」作为行为



的引发物, 从趣味中引起动机, 接着安排七个单元主题来让学生从「实践中学习」的学习模式中去探索科学现象, 从而探讨电影内所呈现的科学情节的真实性; 另在每一个活动过程中, 学生必须透过团队协调合作, 完成作品, 从而探究各项科学教具或玩具所应用的科学原理。

关键词: 经验塔、实践中学习、形式操作期、社会学习理论

## 一、绪论

对近几年来, 不论是政府或民间皆全力推展教改工作, 而强调以学生「能力」为本位的「九年一贯」课程安排即应运而生。

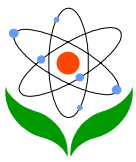
牟中原教授在「远哲科学教育基金会」所出版的生活科学系列套书中有一篇「写给家长、老师」的文章中提到:「我们将来需要的是能活学、活用知识的青少年。知识不是书上的死东西, 它应该可以透过活动发掘。所以学校里要准备更多丰富的活动, 来做主题教学; 老师要有更多的点子, 来活化课堂…」

然而, 处在现今生活便利, 许多老师反应, 大部份学生对于探索生活周遭自然现象总是兴趣缺缺, 甚至于连寻找科展题目都颇感捉襟见肘, 有的甚至避之惟恐不及; 即使参与科展者所研究的题目, 与其生活经验无关者也不少, 一般学校内实验课程虽能满足学生动手操作需要, 然大多局限于验证现有的科学原理, 学习过程中着重于知识的灌输而轻忽主动探究的过程, 况且如实验空间、经费不足者, 往往不是每位学生可以享有参与实验的机会, 此时科学知识的取得及应用往往只有教师的口述(Oral Expression)而已。

## 二、文献探讨

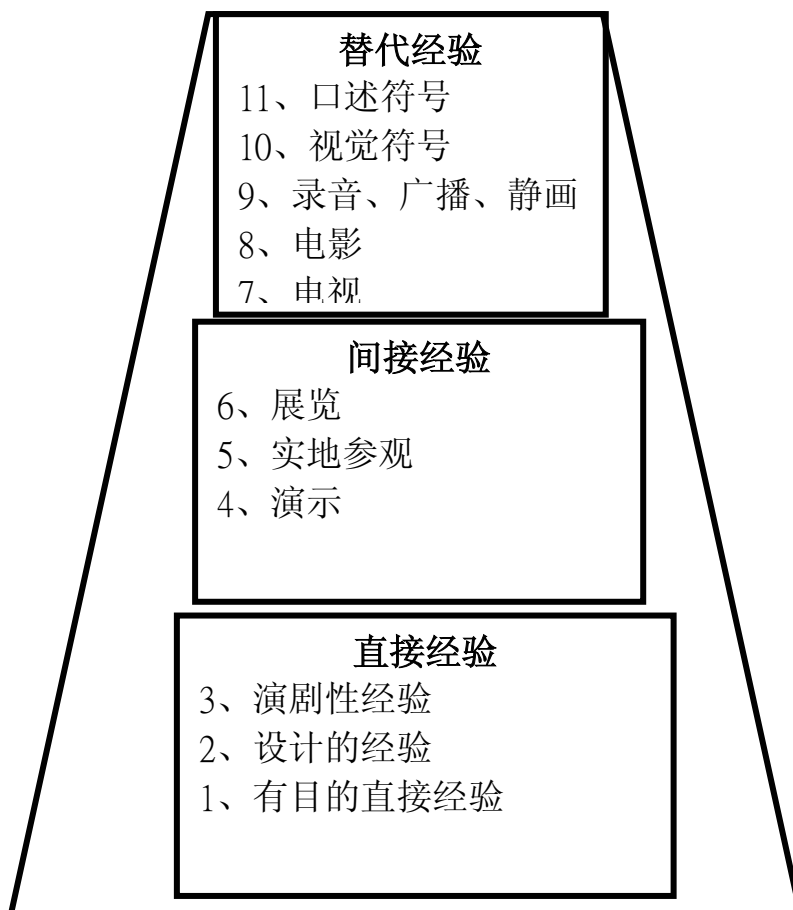
著名的美国 2061 计划在开头就叙明(魏明通, 民 86), 教育的最高目的为使每一个人都能过发挥个人潜力, 过有负责的生活。政府推动九年一贯教育改革计划之七大领域内特别有关自然科技、数学、艺术人文、健康体能、团队活动、语文及表达等重点, 无非是在强调教学者需具备统整教学的能力, 试着提供国民中小学的学生全人教育的机会。本文就自然科技领域为主体, 带引学生进入其它的学习领域内, 使科学类博物馆提供非体制教育(Informal education approach)时, 也能兼顾体制内学校教育(Formal education approach)之需求。

著名的瑞士教育心理学家吉恩·皮亚杰(J. Piaget)之认知发展理论提出, 十二岁至十五岁学习者, 为形式操作期, 现阶段国民中学学生应具备有反省思考的能力、假设与演绎推理的能力、进行控制变因的实验等等能力。



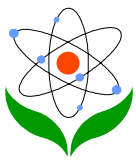
认知心理学家奥斯贝(Ausubel D.P)主张学生受教时, 新旧学习材料间适当的关联, 是增进有效学习的关键因素。乃至于近年来教育学者积极探讨与研究的教育建构论, 鼓励教师与学生、学生与学生之间的利用语言活动、沟通、讨论甚至于辩论方式, 用以建构知识。

教育学家戴尔(Edgar Dale)提倡之经验塔(The Cone of Experience), 阐释科学教育基本的一般学习途径, 也为科学教师提供教学媒体、教学模式或教学数据的选用原则。戴尔的经验塔共有十一层(如图一), 塔底的三层强调学生自身经验、感受及参与学习的重要性; 第四至第六层为学生运用全部或部份的感官从事学习活动, 如野外教学或博物馆的展示教学等, 此三层的学习经验比底三层抽象些; 第七至第九层为视听教学应用, 学生透过电影或电视的学习经验仅能运用视觉(Vision)与听觉(Hearing)两个感官去学习别人所表演或拍摄的效果而已; 最上三层透过视觉符号或口述符号, 学生仅能大量使用听觉感官学习, 效果往往不理想。



图一: 戴尔经验塔

美国教育哲学家杜威(Dewey. J. 1859-1952)提倡实践中学习(或边做边学



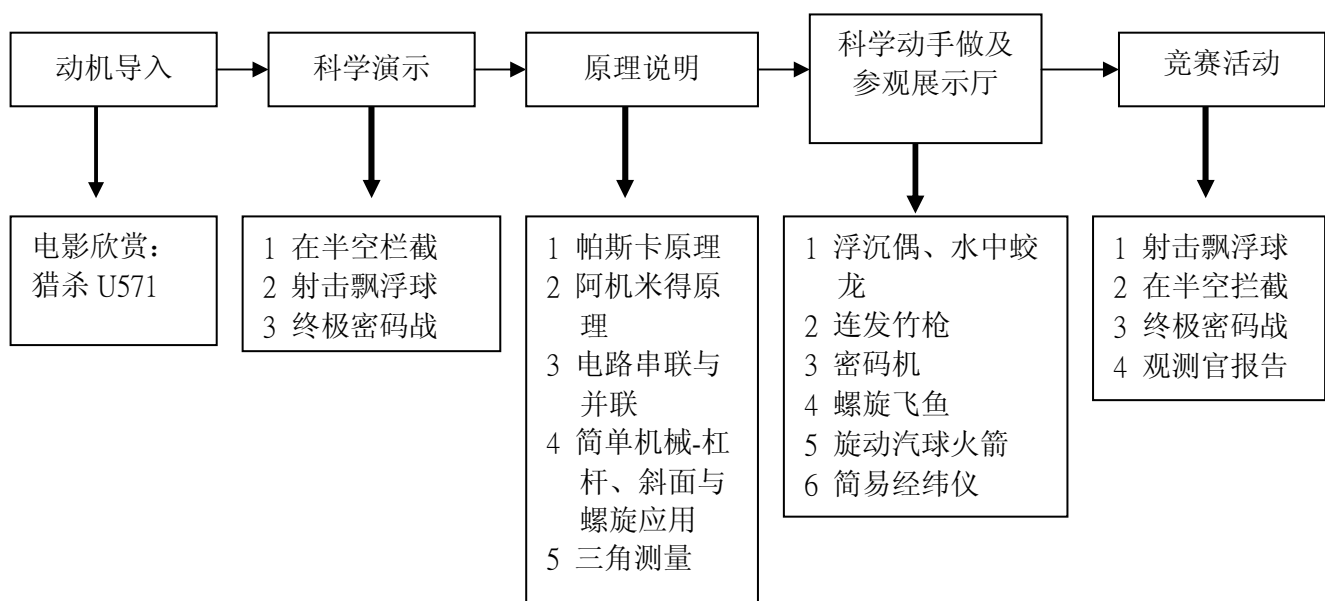
Learning by doing)的理论, 亦即主张教学应以儿童或学习者为主体, 让学习者亲自观察与经验, 用脑去想, 用手去做, 以培养学习者愿意主动且自动自发的学习精神。杜威认教育的目的在于发展、启发儿童, 使其有能力解决问题、适应新的环境等等的能力。

倡导社会学习理论的先驱班杜拉(A. Bandura, 1986)认为, 在任何时刻, 影响行为的诸多线索中, 最常见的莫过于他人的行为(吴幸宜译, 民 83), 换言之, 学习者透过外来事物的引起注意(Attention process)、保持(Retention process)、行为复制(Behavior re-production process)及动机导引(Motivational process)等学习步骤, 从事学习活动。

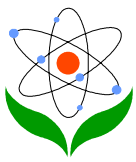
### 三、进行方式

本教学探讨以学生当作受教主体, 随队教师及助教为辅体, 首先采电影欣赏为动机导入, 一如班杜拉所倡导之社会学习理论, 学习者透过电影情节的欣赏, 当学生对电影情节产生高度兴趣并保持其新鲜感的同时, 老师从旁提问一些问题, 并请求学生思考甚至复制或模仿电影情节, 藉以引发学生产生强烈的学习动机。

教师紧接着再提供部份研制好的科学教具作为科学演示引发学生的好奇, 学生再在教师引导下自制一份属于自己的科学玩具, 教师再解说各项教具所运用或延伸的科学概念(Concept of science)或使用科学原理(Applied), 并透过小组间的比赛或讨论以精进自己的教具功能, 如此一来学生可以透过成果(反应变因)再反推回去寻找改变成果的原因(操纵变因), 学生也可藉此原因探究激发不同的思维模式及创作。兹将本教学步骤绘制如下图二:



图二: 看电影学科学教学步骤图



## 使用工具

本文从一部电影的欣赏以激发学习动机, 并从电影中所看到的情节, 就其旧经验判断可能性, 接着提供多样实验材料供学生具体操作, 以探究(Explore)其真实性, 学生进而利用相关材料并组装成一件可带走的科学玩具作为自己的发明(Invention), 教师并告知下一次上课时, 将利用自己的发明作品进行各项团队比赛, 学生可藉由团队比赛方式, 不论输赢, 均可透过比赛进而归纳那些操纵变因是影响比赛成绩(即反应变因)的重要因素。如此一来, 学生不仅可以由比赛结果反推至操作过程, 应用奥斯贝的学习理论基础进行学习活动。同时, 本教学活动进行时, 大量引用皮亚杰的形式操作期之学习理论模式, 大部份时间均属学生自我操作或制作教具为主, 为提供学生多元的创意、讨论与思考, 并延伸各种竞赛活动, 藉以激发学生群组间充份讨论与思考改善之计, 学生们可以透过语言活动、沟通、讨论再建构出符合自己需要自己的学习模式。最后再实地参观科学工艺博物馆(简称工博馆, National Science and Technology Museum)相关展示厅及科学演示活动, 填写学习单等。

透过此种活动安排, 可充份且弹性运用戴尔的经验塔理论基础, 例如动手操作或制作满足塔底直接经验之需求; 参观展示厅满足间接经验需求; 视听教学等替代经验激发探究的学习兴趣与动机。

(附注: 任何比赛总是有输有赢, 所谓胜不骄、败不馁的风度, 可透过「谢让」活动, 如打油诗一首

一、二、三; 三、二、一;

你输我赢没关系; 下次机会让给你;

一、二、三; 三、二、一;

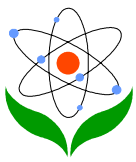
有本事, 再来比一比;

(胜者面对大家, 且深深一鞠躬)谢谢各位的承让

如此一来, 胜者不骄, 谦冲为怀; 输者仅是暂时, 绝非永远, 且接受赢方之鞠躬道谢, 并以此谦让为荣, 满足彼此心理的需要。)

## 四、实例说明

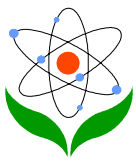
本猎杀 U-571 一片是在描述第二次世界大战时, 美军为夺取一艘受创之德军 U 型潜舰上的密码机, 派遣一艘美制 S 型潜舰前往完成任务的海战动作片。欣赏猎杀 U-571 电影后, 老师利用暂停播放 DVD 机制, 控制影片播放速度, 适时



提问下列问题:

1. 潜望镜的结构?
2. 如何测量两物间的水平距离?
3. 如何测量观测物高度?
4. 为何深水炸弹爆炸时, 潜艇会发生激烈震动?
5. 当潜艇发生激烈震动, 潜艇内部人员要采取怎样的防护自保措施?
6. 当船舰使用声纳设备时, 为何要静音?
7. 鱼雷的密度与海水密度的关系
8. 击发鱼雷时, 鱼雷的运动方式是怎样前进的?
9. 航海时船速的计量单位为什么使用「节(Nautical mile per hour)」作为单位, 换算成一般道路行车速度(Kilometer per hour)有何不同?
10. 潜艇外壳为何总是类似拱型结构? 与一般鸡蛋外形有何相似之处?
11. 控制潜艇沉与浮的机制是什么?
12. 何谓摩斯密码(Morse code)? 你能自制一台密码机吗?
13. 为何潜舰沉入海底越深, 潜舰内部管线会有漏水现象?

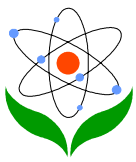
透过上述题目的提问当作研究教学之动机导入, 紧接着教师表演几项会引起现场惊呼的科学游戏, 例如利用自来水装入宝特瓶内产生类似开香槟现象的「喷水香槟」; 利用灯光进行密语通讯; 利用连发竹枪击落飘浮球; 利用旋动气球火箭进行「在半空拦截」等科学游戏。随后分多次单元指导学生科学动手做并完成几件作品, 例如: 浮沉偶、连发竹枪、密码机、螺旋飞鱼、旋动汽球火箭及简易经纬仪, 作为学员可携带返家的作品。教师并随后讲解各件作品所应用的科学原理或可传达的科学现象, 并藉由科工馆相关展示厅之参观, 增强其学习的深度与效果。将各本教学研究中学员自制的科学玩具名称、电影情节应用、所欲阐述之科学意涵及科工馆相关之展示厅表列如下表一:



表一、科学玩具与延伸教育关联表

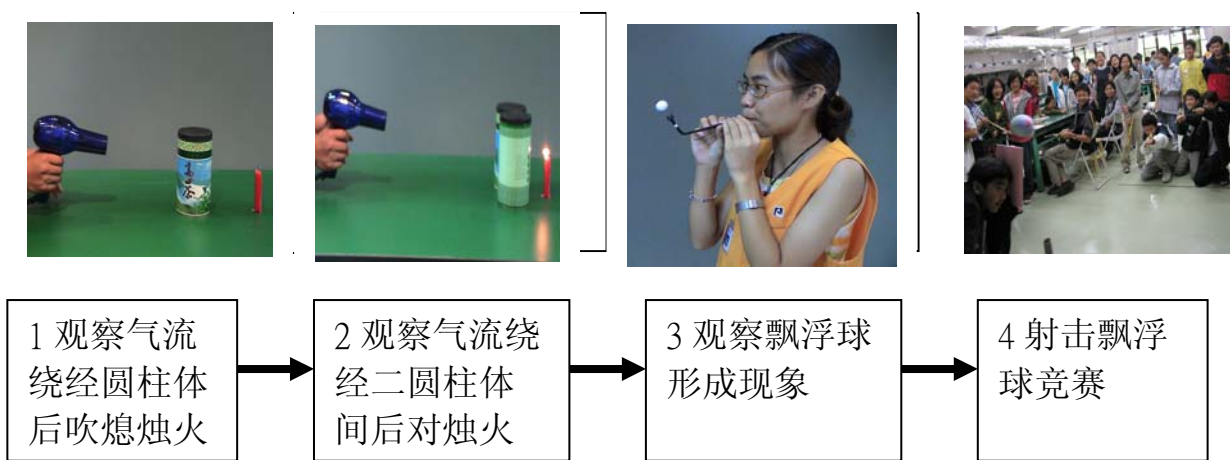
科学玩具名称	电影情节内容	应用原理	延伸展示厅与展品
浮沉偶	深水炸弹爆炸时, 为何潜水艇会产生激烈的震动及控制潜水艇浮与沉的机制是什么?	帕司卡原理解释水压强度的传递现象  阿基米得原理探讨影响物体在水中沉或浮的变因	交通与文明展示厅—海上运具
射击漂浮球:连发竹枪	冲锋枪枪身为何要有托把及连动机械?  船体后方涡流产生现象	枪枝的几何构图及重力场中抛物体运动的路径。  流体动力学	动力与机械展示厅—简单机械之杠杆与斜面
密码机	什么是摩斯密码及其传讯的技巧? 如何自制一台有线密码机?	电路的串联与并联应用  摩斯密码内容	电子世界展示厅—电路  计算机与通讯展示厅—摩斯密码  交通与文明展示厅-船上通讯
旋动汽球火箭	鱼雷击发后如何能稳定前进? 动力源是什么?	牛顿第三运动定律(作用力与反作用力)  简单机械之螺旋应用	航空与太空展示厅--火箭介绍  动力与机械展示厅--螺旋结构
简易经纬仪	炮艇击发炮弹时落弹点位置与仰角之测量	三角函数应用及测量	交通与文明展示厅—水平测量仪及经纬仪
水中蛟龙	潜艇沉与浮的控制机制	阿基米得原理应用	交通与文明展示厅-我找到了(EUREKA)
水压的测量	潜艇沉入水中越深, 艇身承受的水压力越大, 艇身内部管线漏水	液体压力=液体密度*深度	交通与文明展示厅-潜舰结构
陀螺仪	潜舰或飞行航空器在爬升或下降时, 依赖之导航设备之一	转动力学应用	交通与文明展示厅-潜舰与飞行航空器
潜望镜	潜舰人员观测水面上物体的仪器	光的反射应用	交通与文明展示厅-潜舰、汽车后视镜

学员利用自制之科学玩具完成后, 即可获得相关知识的应用, 并可以利用小组



讨论时间或课余时间寻找相关信息, 以精进其科学玩具之准确度与精密度, 用以激发其发现不同知识应用或扩展其视野。为激励学员创作或创新的意愿, 本教学研究特别规划一些以组为单位之竞赛活动, 提升本项教学研究之趣味性, 相关之竞赛活动方式简介如下:

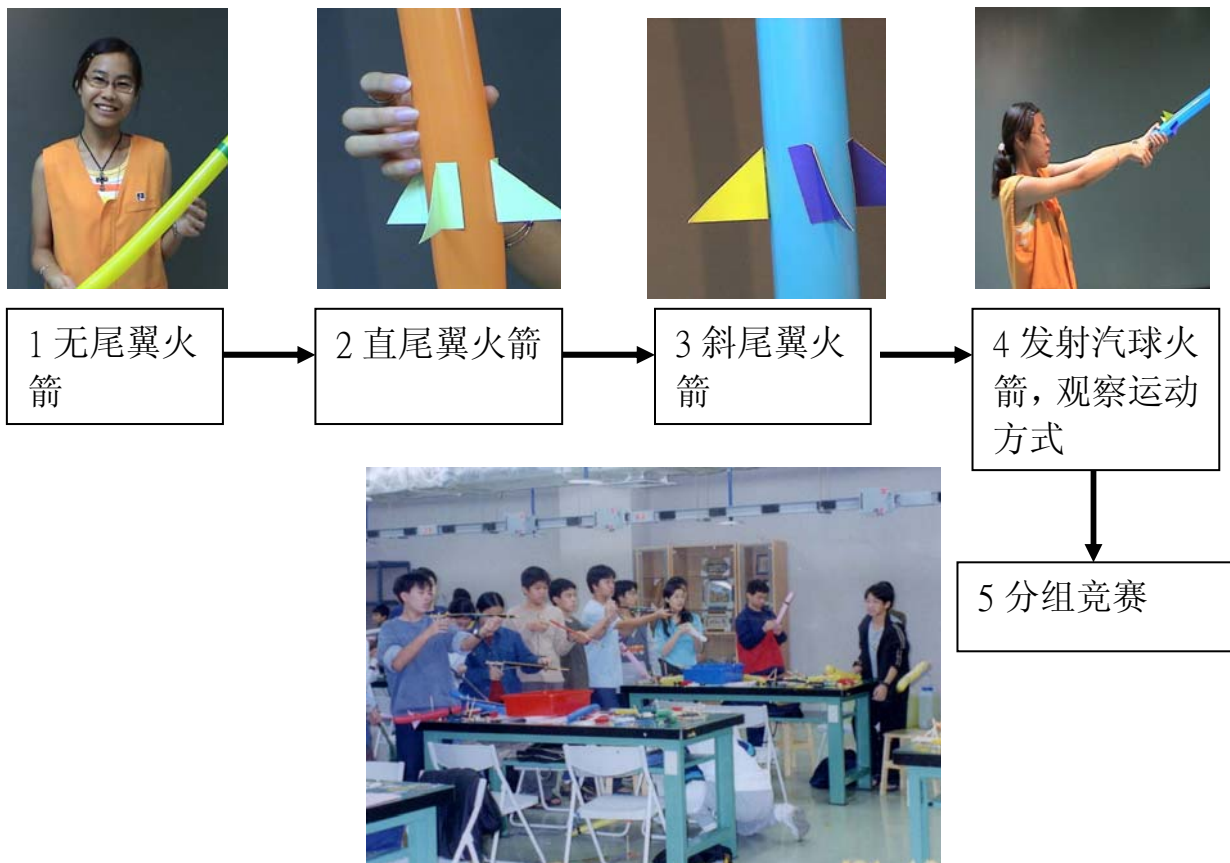
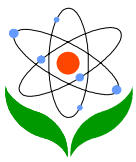
1、射击飘浮球(如图三): 学员每人各自制一把连发竹枪, 比赛时以小组为单位, 一组负责控制飘浮球, 并观察球体在空气喷流束外运动的情行, 另一组负责持连发竹枪将飘浮球击落。活动目的在于观察流体通过圆柱型障碍物后的运动情形, 并进而观察飘浮球成因与应用。



图三: 射击飘浮球

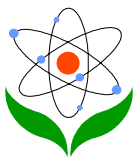
2、在半空拦截(如图四): 学员每人各自制一枚旋动汽球火箭, 比赛时以小组为单位, 一组负责发射旋动汽球火箭, 并观察火箭运动的方式, 另一组负责持连发竹枪将火箭击落。藉本活动观察不同汽球火箭尾翼形状与黏贴方式所产生之运动情形及稳定度, 同时进而认识牛顿第三运动定律、弹力位能与动能之互换关系。





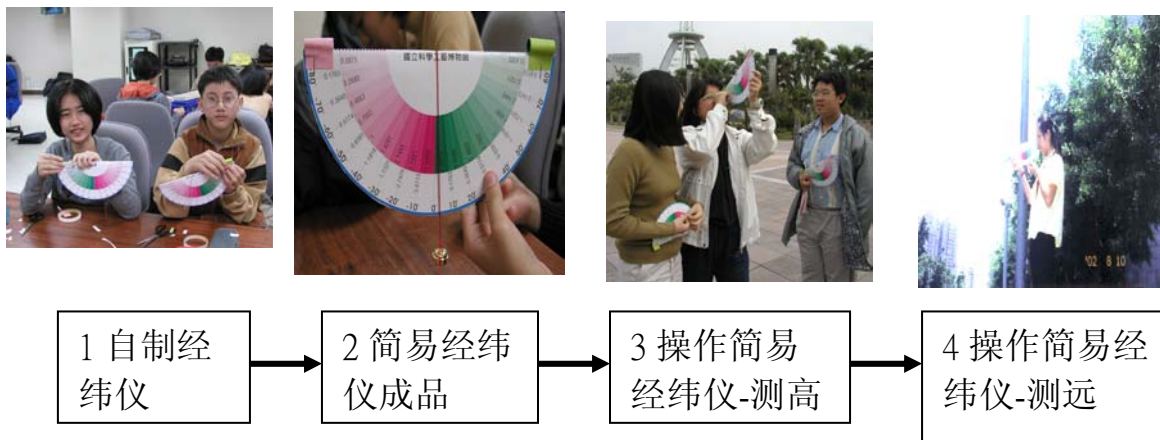
图四：在半空拦截

3、终极密码战(如图五)：学员每人各自制作一架密码机，并利用电路串联与并联的结构，以观察对方的灯号是否正常运行(电路串联应用)，并共享一组电源节省电力(电路并联应用)，比赛时以小组为单位，一人负责将他人所提供的简易信息转化成摩斯密码(Morse code)，再利用密码机上的微动开关按钮，传送至另一端并由该端负责解码并回传确认有无疏漏。



图五：终极密码战

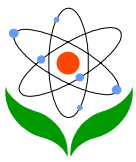
4、测量员报告(Surveyor reporting)如图六): 学员以组为单位, 在户外择定一建物, 先目测一建物高度, 再利用简易经纬仪测量其高度, 最后再利用卷尺实际测量建物高度, 再进行误差值之计算。



图六：测量员报告

5、水压测量(如图七): 液面下物体承受液体压力与液体密度及深度成正比, 电影中的潜水艇沉入水中越深, 艇身所受到的水压力越大, 潜水艇内管线承受不了压力, 产生漏水现象。同时, 潜水艇为了有效抵抗强大的水压, 艇身外表大都采椭圆体(如同鸡蛋蛋壳)拱形结构。

(附注: 此作法引用 2002 年 11 月 26 日南区中学示范实验研习会中发表作品)



物体在液面下受  
压实验

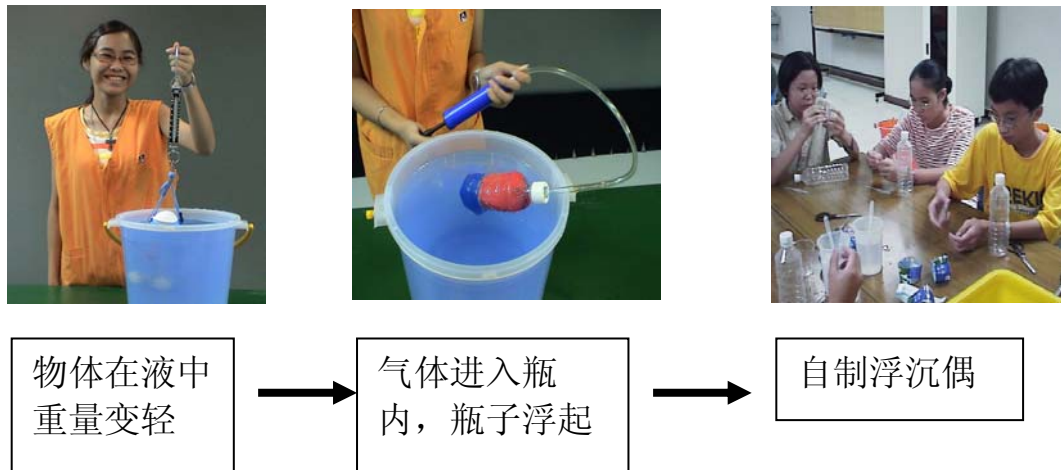
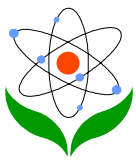


水压力使物体外形产  
生变化(往内凹陷)



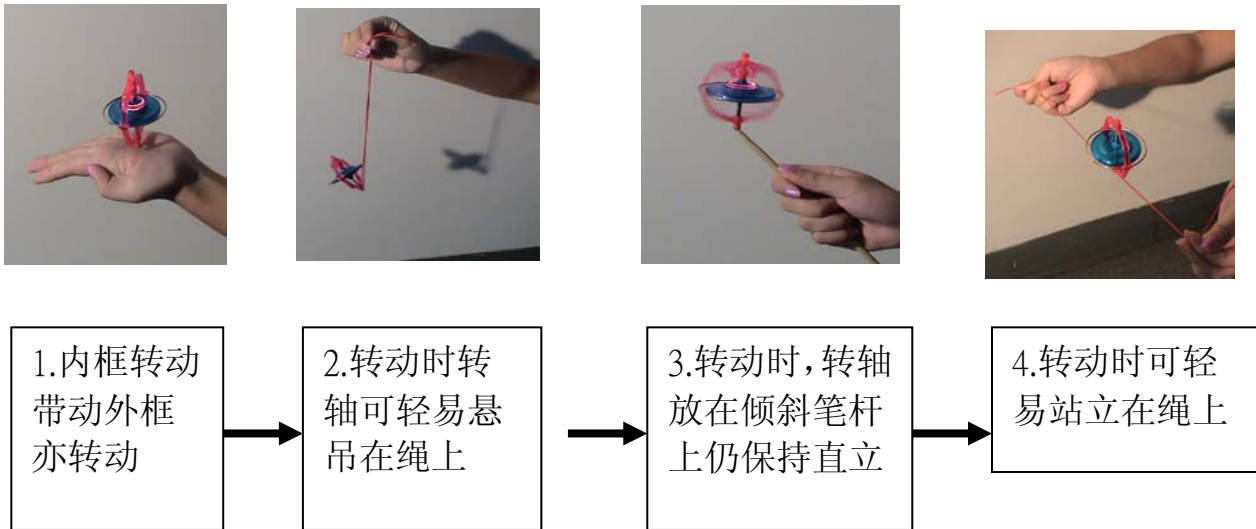
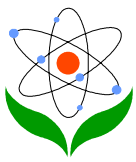
图七：水压测量

6、水中蛟龙与浮沉偶(如图八)：控制潜水艇浮与沉是依赖潜水艇内浮力舱的控制机制，当艇身内部水往外排，艇身变轻，只要艇身整体密度比水小时，即往上浮；反之，往下沉；艇身整体密度与水相等时，潜水艇即可在水面下随处飘浮，此时潜水艇所受重力(Gravity)与水浮力(Buoyancy)相等，潜水艇处于失重或无重量(Weightless)状态，此即是阿基米得原理应用。同时，利用浮沉偶教具，可以发现液体内部压力产生变化时，压力的改变也会向四面八方传播，使部份水挤入浮沉偶内，当浮沉偶整体密度比水大，即下沉；反之上浮。



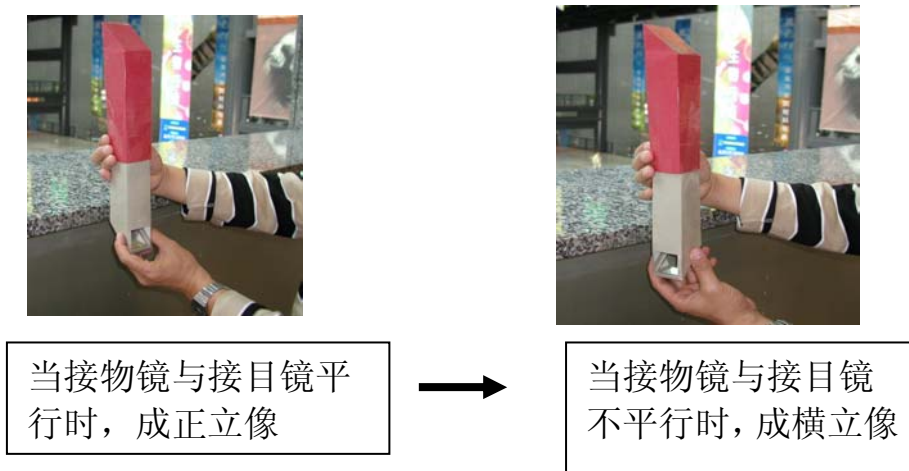
图八：水中蛟龙与浮沉偶

7、陀螺仪(如图九): 转动的陀螺仪(Gyroscope)可观察到转动惯量、角动量守恒等应用, 可以观察到陀螺仪在导航设施上的应用。特别是电影中潜舰的两具螺旋桨, 转动方向相反; 又如直升机配置两具螺旋桨之目地, 均可藉由陀螺仪运动加以解释。



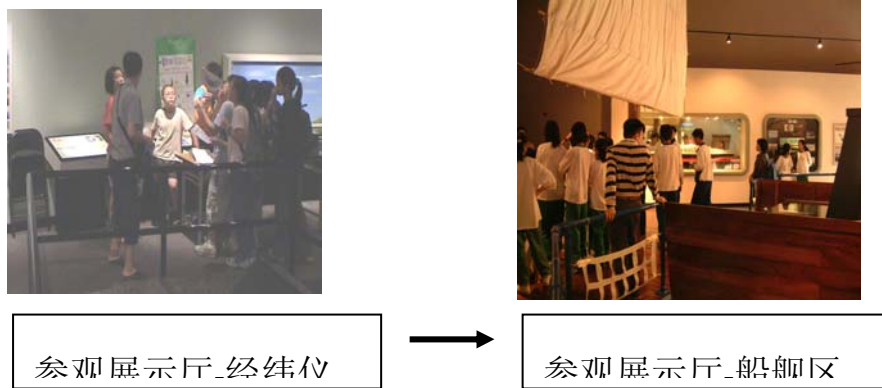
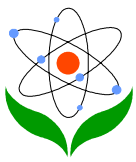
图九：陀螺仪

8、潜望镜(如图十): 利用光的二度反射即可隐身暗处并观察到另一处物体, 并利用街目镜与接物镜相对位置不同, 观察像的变化。



图十：潜望镜

9、参观展示厅(如图十一): 当进行完上述一些科教活动后, 再带领学员进入工博馆 (<http://www.nstm.gov.tw>) 相关展示厅内参观, 以获取积极、实时且有效的学习效果, 并提供学员自由参观与探索的开放式学习机会。



图十一：参观交通与文明展示厅

## 五、教学成效评量

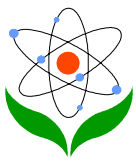
本教学研究旨在提供一个异于学校体制内现行的教学模式, 例如老师讲授、实验指导或团体活动及校外教学参观等, 本教学研究中以电影欣赏作为动机导入要引, 提供学员休闲娱乐结合教学活动, 以满足学生休闲娱乐兼顾学习的需求; 提供科学原理应用与延伸满足教师对教育性的需求; 提供学员自制科学教具的机会及携带回家的实体, 以满足家长对价值性的需求。

本项教学探讨将活动中所有规划之内容(含电影欣赏、科学动手做等七项、展示厅参观导览解说及科学演示等), 为求客观标准, 本文将活动的评量基准分为教育性(Education)、趣味性(Entertainment)及价值性(Valuation)等三个指标, 兹将三个指标内容分述如下:

**A、教育性(Education):** 本教学活动是否能满足学生追求知识的渴望, 是否能让学员能自我学习, 是否能与学校体制教育内的课程进度衔接, 是否能让学员对新的科学专有名词产生强烈的印象并且会使用等等, 凡此种种均列为本教学方法是否能满足学生对追求新知或接受教育的评点指标。

**B、趣味性(Entertainment):** 大部份的学生都爱玩乐, 如何让教学活动能寓教于乐且易于被学员接受, 教学方式是否活泼, 教具是否好玩有趣, 竞赛活动是否充满挑战及创意, 凡此种种被归类为是否具有趣味性。一般而言, 具有趣味性的教学活动, 学员比较乐于学习, 甚至主动积极地参与学习活动。

**C、价值性(Valuation):** 本系列教学活动在科工馆进行, 学员利用周末假期且采选修方式参加, 对一般学员而言, 假期就是休闲和玩乐, 因此本系列教学活动是否被认为有价值参与, 教具的制作与功用是否与购买材料所花费用等值, 学员家长是否支持并鼓励学员参与学习等等, 均列为是否具有价值性。



就以上三项评点基准, 学生分分别针对各次教学活动, 自行评价其得点, 最低 0 分、最高 10 分, 兹将所得结果平均得点表列如表二。

表二、各项活动评点平均得点

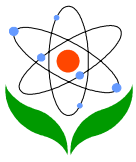
活动内容	学生(样本数: 55)			
	教育性	趣	价	科学内涵
电影欣赏		8.37	7.56	探讨情节的真实性
浮沉偶	7.00	6.91	5.96	帕斯卡原理与水压传递
水中蛟龙		5.93	5.96	阿基米得原理与浮力原理
终极密码战	7.53	6.96	7.42	电路的并联与串联应用
射击飘浮球	7.16	8.78	7.73	机构应用、柏努利原理
在半空拦截	7.29	8.53	7.25	牛顿第三运动定律
测量员报告		6.20	7.60	三角测量
导览解说	7.64	5.73	7.39	展示品参观教学
科学演示	8.35	7.76	7.94	科学表演活动

(1)、由于问卷表采无记名方式调查, 学生的喜恶不会有作假之虞, 其中水中蛟龙评价皆比其它项目偏低(但仍一般在水准 5.0 之上), 经与带队教师讨论, 原因之一是在学校上课时有类似的动手操作经验(如浮体与沉体单元中之水中蛟龙)。

(2)、终极密码战是结合电路的串联与并联使用, 这与密码机因电路结构细致, 施作难度高且学生对摩斯密码的使用不熟悉, 因而虽具有教育价值, 趣味性却偏低的现象。

(3)、导览解说的运作方式是由专业解说员就展示厅之展品, 透过学员目睹展示品, 及主要目的地是配合科学动手做的延伸及推广, 使科工馆展示品能透过科学动手做的方式, 使学员能清楚且明白展示厅内展示品所欲呈现或传达的科学意念或应用。每次参观一个展示厅, 解说员可以讲解多项展品, 唯学生所扮演是「听」与「看」的角色, 教育价值十足。

(4)、科学演示是由科工馆解说员示范多项神奇的科学现象, 学生仍是「听」与「看」, 学生普遍认为很精彩且具教育价值, 此与学生在时间之内可以看到多



项神奇的科学现象应有直接感受, 并认为深具教育性有关。

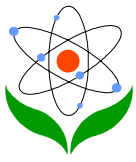
## 六、结语

本教学探讨透过理论基础探讨应用、电影选片、课程安排、活动设计及问卷调查与分析, 可以发现几项有趣的现象:

1. 提供一个富教育、具趣味且超价值的科学研习活动, 在科学类博物馆内再结合相关展示品参观, 以满足学校教师、学生与家长的需求。
2. 科学教育着重于知识面, 而科技教育强调应用面, 如何透过各项活动激发学生思考、探究的心, 并以科学教育为体, 科技教育为用, 让学生知其然并知其所以然, 透过竞赛活动鼓励学生团队合作, 激发创意。从探究(Explore)科学现象、进而发明(Invent)科学教具或产品, 并透过各项活动, 提供学生发现(Discover)科学新知等科学创意活动。
3. 观看电视、欣赏电影无疑是一般学生喜爱的休闲活动之一, 将看电影延伸至科学教育活动, 更能激发其看电影时有不同的目地与角度观察周遭事物。
4. 团队间竞赛活动激发学生间的团队合作、创意思考。
5. 团队间竞赛后的「谢让」让学生彼此间有谦让及感恩的心。
6. 一般学校体制内教育大都有所谓的进度要求, 可是此种方式似乎并不能满足学生甚至教师的需求。
7. 规划具操作性的科学探索教学活动(如教具制作、工具操作、创意竞赛、参观导览等)并能应用在日常生活中, 必单纯的知识传授或实验观察要来得受学生欢迎。
8. 类似博物馆这类非体制教育(Informal education)场所, 活动的规划必须异于一般体制内正式教育(Formal education), 并且充满新鲜、有趣、创意且是现行学校体制内教育内涵的延伸, 让学生获得学习广度与深度。
9. 口述或背诵科学仅能赶赶进度, 对学生的科学教育帮助明显不受欢迎。
10. 教育的主体是学生, 不是教师, 教师有责任让课程丰富、活泼且富挑战性。

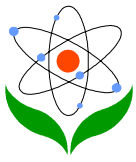
虽然, 从本文中所欲呈现的「从电影中引发与设计科学教育活动之探讨」, 不





是要去批评学校体制教育的不是, 而是提供一个另类的教学方式或模式供参考, 当进行完本系列教学后, 也有部份建议如下:

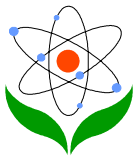
1. 教师选片时宜先注意电影情节与学生的旧经验是否有关, 同时电影内容能否提供新知。
2. 部份光怪离奇或不合理的情节(如高楼坠地却毫发无伤)也可以让学生进行各项实验, 进而探讨电影情节是虚构还是特技手法, 避免学生模仿。
3. 市面上部份电影都有不错的科学知识可供教学应用, 如浩劫重生(cast away)谈野外求生、铁达尼号(Titanic)谈浮力与冰山、冰峰极限(Summit)谈雪崩与硝化甘油、悍卫战警谈速度、悍卫战士(Top-gun)谈飞机的运动及雷霆喷射手(Fire, ice & dynamite)谈力与运动学等。
4. 博物馆可先请教师莅馆进行教师研习, 并合作编写活动学习单。
5. 教师可在学校预告参观活动会应用到那些旧经验或科学原理, 再透过电影欣赏、动手作(Hands-on)及展示品参观, 增加学生学习或认知的深度、广度与应用。



## 七、参考文献

### (一)、中文部份:

1. 郭生玉(民 85): 心理与教育研究方法。台北: 菁华书局。
2. 张春兴与林清山(民 83) : 教育心理学。台北: 东华书局。
3. 林进材(民 88) : 教学理论与方法。台北: 五南图书出版公司。
4. 朱敬先(民 87) : 教育心理学。台北: 五南图书出版公司。
5. 胡学俪译(民 84) : 测量 - 量度与时间。台北: 文库出版事业公司。
6. Margaret E. Gredler 着, 吴幸宜译(民 85): 学习理论与教学应用。台北: 心里出版社有限公司。
7. 李祖寿(民 70): 教学原理与教法。台北: 大洋出版社。
8. 国立台湾师范大学学术研究委员会(民 79): 教学法研究。台北: 五南图书出版公司。
9. Mary B. Rowe 着, 魏明通译(民 76): 科学探究教学法。台北: 国立编译馆。
10. 魏明通(民 86), 科学教育。台北: 五南图书出版公司。
11. 杨荣祥(民 68), 戴尔的经验塔(上)-教学资源应用的原则, 科学教育 25 期。
12. 杨荣祥(民 68), 戴尔的经验塔(下)-教学资源应用的原则, 科学教育 26 期。
13. 邵瑞珍、皮连生主编, 王文科校订(民 80): 教育心理学。台北: 五南图书出版公司。
14. 2001 物理教学及示范研讨会论文集。
15. 2002 物理教学及示范研讨会论文集。
16. 2003 物理教学及示范研讨会论文集。
17. 科学工艺博物馆网页(<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.