

非制式与制式科学教育之连结-以国立科学工艺博物馆馆校合作为例

陈正治

国立科学工艺博物馆科技教育组

电邮: nelson@mail.nstm.gov.tw

刘嘉茹

国立高雄师范大学科学教育研究所

电邮: chiaju1105@gmail.com

收稿日期: 二零一四年十月三十一日

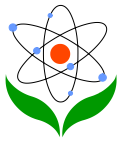
(于二零一四年十二月廿三日再修定)

内容

- [摘要](#)
 - [一、前言](#)
 - [二、研究动机](#)
 - [三、研究问题](#)
 - [四、研究方法](#)
 - [五、实验研究结果](#)
 - [六、结论与建议](#)
 - [参考文献](#)
-

摘要

提供非制式科学教育的国立科学工艺博物馆(科工馆)本于传播科普教育的使命,为了增进科学教育活动的广度与深度,特别与邻近国民小学合作,前往一所学校五年级分布式资优班 20 名学生教室,协助其办理探究式科学实验活动。



一般学校制式科学教育因教学进度与班级人数多等限制, 大多以课本内容为授课范围, 科学实验变因的深入探究与经验比较欠缺。科工馆结合学校自然与生活科技领域高年級的简单机械单元, 以动手做旋转汽球火箭的施作, 探究影响汽球火箭飞行稳定度的可能变因(如尾翼的形状、面积、配置、倾斜角度及飞行体的长度等), 以飞行稳定度与距离作为判准, 藉实验找出最佳变因组合, 设计出最佳飞行能力的转动汽球火箭。

本研究藉博物馆非制式的科学教育联结学校制式科学教育, 融入自然与生活科技领域, 转化成变因探究, 辅以科工馆动力与机械展示厅内简单机械单元介绍, 研究结果显示: 联结科工馆提供的非制式科学教育方法与学校内制式科学教育, 转化成探究式的科学学习, 对学生的基本科学探究能力, 确有实效。

关键词: 汽球火箭; 动手做; 实验; 科学博物馆; 探究

一、前言

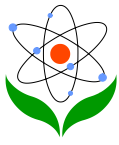
科学教育的实施, 可以透过一般在学校期间有既定场域、进度、内容与评量的所谓制式(formal), 与另一类依赖展示、自由参与及无固定评量机制的非制式(informal)等两大类教育体系进行, 以求达成科学教育的目标(黄嘉郁, 2000)。科学类博物馆就属于非制式的科学教育场域, 位于台湾高雄的国立科学工艺博物馆(简称科工馆), 自从于 1997 年开馆迄今, 已有 17 年的光景, 其中莅科工馆参观或使用的民众, 以小学学童及其陪同家长为大宗, 另外国中以上的学生, 基于课业较多, 自由参观比例较少, 得依赖办理科学园游会或科展等活动, 始能有较多的参访人数。因此, 科工馆的展示或科教活动, 无疑得考虑到参观者顾客的需要, 始能达到既定的目标。

非制式的科教活动, 为了满足各级学校学生参观时, 需有一个主题明确的内容, 始能吸引参观者的主动联系与需求。因此, 科工馆所设计的活动质量就不能置外于学校学生的期望, 从企业管理角度而言, 所谓好的服务质量, 就是要满足顾客的需要(刘鹏, 2005)。科工馆的科教活动, 不只在馆内设计迎合顾客的需要, 在受邀到馆外办理活动时, 也得因应学校或学生的需要, 量身订制活动内容。

台湾的一般学校班级采常态编班, 但对于资赋优异的学生(Gifted Students), 另有一套资优教育评量机制筛选成班, 平常时段分散在各个班级上课, 但在不影响一般普通班级教学的情况下, 会利用每日早自习或周三半天课的下午, 将该批资优班学生集合, 另安排一专任特教老师, 特别规划设计额外多元的活动或课程, 本文即在探讨科工馆邻近的一所小学五年级分布式资优班的学生, 如何结合科工馆的资源(含科普专业与师资), 为其量身订制一个科学独立研究的 12 节活动(分 6 次授课), 每节上课 40 分钟。

二、研究动机

科工馆为一般小学学生设计的活动, 依时段不同, 采取不同的处理策略, 说明臚列于下:



1. 科工 FUN 学趣: 专为学校团体利用学期间, 莅馆参观时所规划办理的科教活动, 活动依年级别, 配合学校现况自然与生活科技之课纲所策办, 计有: 急速『冻』感超导体体验、发光二极管、爱水尖兵、风向仪、力学神功、奇妙的光、鸣响飞轮、意大利面条造屋、星座的故事、快乐风姐、就是要「虎」你、食物冒险工厂、雨量计、来电真好、化学红绿灯、奈米新世纪、节能减碳知多少、DNA 双螺旋的奥秘、平衡高手、永续发展作伙来、彩蝶效应及凹凸魔镜等 20 项。

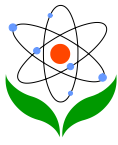
2. FUN 心学科学: 专为一般学生于星期例假日设计规划的研习活动, 供具兴趣的学生自由报名参加。

3. 冬夏令营: 一天以上的冬、夏令营活动, 是符合家长与孩子长假期里长天期活动, 活动性质有物理、生物科技、馆外探索、奈米科技、化学、食品科技、机器人、应用科学及计算机软件应用等, 并再依年龄别区分, 以符合多元的需要。

4. 假日现场动手做活动: 本类型活动分别有大厅现场体验活动, 以及内容有空气的奥妙、共振共震及水科学等科学演示活动, 供入馆民众无需事先办理报名且自由参与的活动。

5. 应邀到校服务: 考虑部份学校因经费或交通上的限制, 学校依其活动需要, 请求本馆派专业科教人员前往学校进行科教活动。科教专业人员应邀赴学校办理科教活动, 但因时间考虑, 使用其专业的科学动手做(Learning Science with Hands-on), 供学生亲身体会科学之奥妙与趣味。但对于指导资优班学生独立研究次数少, 经验与资料比较不足, 兹因本研究对象为分布式资优班学生, 因此, 研究者想要藉此了解, 学员的科学探究能力, 学生会不会藉输入操纵变因(Input Variable)的不同, 在多项控制变因(Control Variables)不变的情形下, 会作纪录并观察输出反应变因(Output Variable)的改变, 如此科教活动设计, 始能达到本研究要探讨的如何建构非制式与制式科学教育之联结与转化的预期效果。

本研究基于一般科教活动大多以科学认知及技能(Cognition and Technology of Science)教导为主(张美珍, 王裕宏, & 郑宇钧, 2011), 且动手做体验式的科学教育, 已有许多证据显示学习效果较佳(于瑞珍, 2002; 朱耀明, 2011; 李贤哲, 樊琳, & 李文庆, 2006; 周建和, 2007; 季荣臻, 2009; 陈正治, 2002), 例如不同实验操作变因会有不同的反应变因出现、不再迷思科学教育里有所谓的标准答案或最佳答案及启迪具科学研究钻研的学生更多进一步学习动机与渴望等等, 但因时间、班级人数与经费的限制, 鲜少有机会进行探究(Enquiry)的活动, 仅有部份资优资源班有机会安排探究的活动, 然而, 探究式教学的方法, 已有许多论述(唐智松, 2001; 管建祥, 2006), 其优点已有诸多肯定(李松柏, 2005; 李松涛, 林焕祥, & 洪振方, 2010), 例如引导学习者讨论(Discuss)、思考(Think)、参与(Engage)、问题(Question)、假说(Hypothesis)、研究(Investigation)、分析(Analysis)、模型(Model)与评鉴(Evaluation), 除了强调参与的动机因素之外, 每个阶段再透过产生(Generation)、评鉴以及修正(Modification)的历程, 形成可检验与回溯的探究阶段程序, 唯其所需耗费时间比较多。



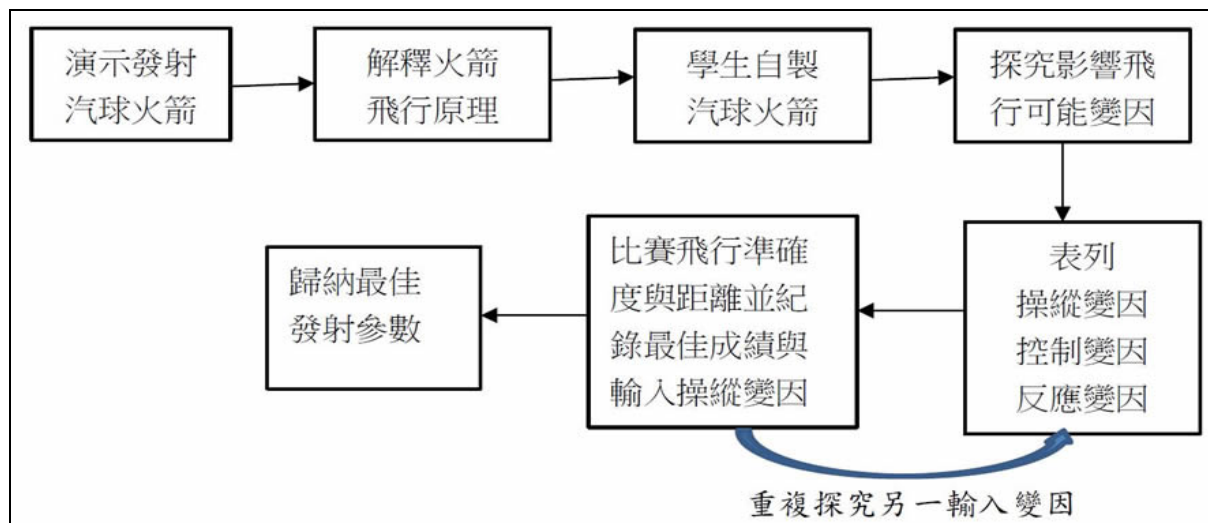
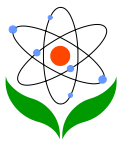
三、研究问题

研究者本身在科学类博物馆工作，主要任务是从事科技教育之研究、规划与推广执行，无论服务对象是参与教师研习活动的学校教师，或是一般学生参与科学活动，累积经验观察所得，讲授式的科学教育往往使人意兴阑珊，演示式的科学秀(Science Show)也总停留在烟火式的惊艳，不易评量实际活动成效。受服务对象普遍喜爱互动且可亲自体验操作的科学活动，但是学习者，特别是学生，在操作的过程中往往一直问这样做对不对，好像只有教学者所提供的操作方式是唯一不变的真理，更遑论改变实验变因的探究式科学教育。因此，选择探索活动可使用时间较长的资优班学生(Gifted Students)，始能有机会进行深入的探讨或探究式科学学习。

本研究以科工馆邻近学校五年级资优班的为对象，教导该班 20 名学生独立研究的技巧与应用，期能藉由观察、实验假设、实验变因的设计、实验设计、比赛、数据收集与纪录、小组讨论、变因分析与归纳结论等方式，设计规划了 6 次活动，每次上课 2 节课，活动主题为设计一枚汽球火箭，并研究怎样设计的汽球火箭能够飞得既准又远。因此，本研究的研究问题是：如何有效建构非制式与制式科学教育联结与转化。

四、研究方法

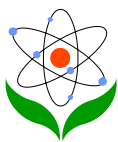
探究实验教学可以提升学生的探究能力，学生在探究情境下的探究能力多数有提升，尤其是在形成问题、预测结果、控制变因、设计实验、分享发表等部份(黄淑卿, 2004)。。本研究以一枚汽球火箭为例，引导学生如何设计一枚飞得既准又远的汽球火箭。当授课者第一次上课时，示范汽球火箭如何制作、发射后，就有学生表示曾在类似科学园游会玩过或看过，但是，当授课者续问学生，谁知道如何让汽球火箭能飞得既准又远，顿时全班鸦雀无声，人人面面相觑，显见学生对汽球火箭的概念，仅停留在看过或做过，但却无法进一步解析如何改善火箭飞行能力，且在相关的论文发表中，甚少以汽球火箭当作探究式科学实验案例，因此，本研究以实验方法探究影响汽球火箭飞得准与远的可能变因，并冀能找到统整各式变因，让学生能自制一枚既飞得准又飞得远的汽球火箭。研究架构如图一所示：



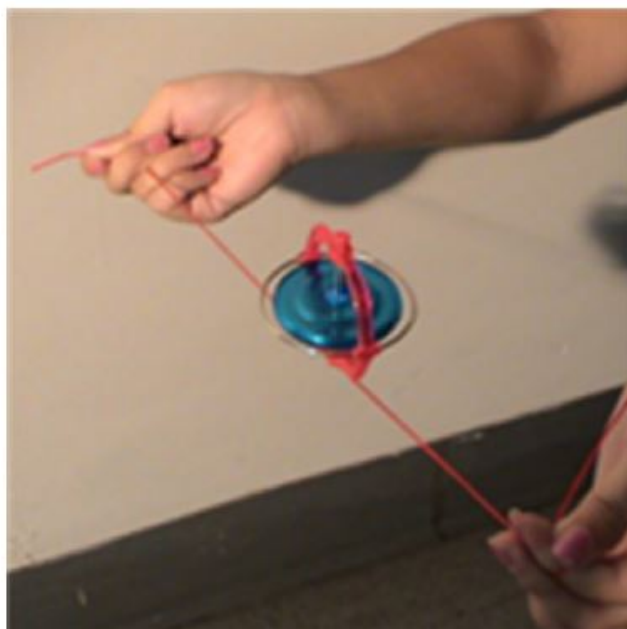
图一：研究架构

说明：

1. 演示发射汽球火箭：原长约 13 公分的汽球，利用打气筒灌满球体，使其饱满，长度约 60 公分，黏上尾翼斜贴约 20 度与前端电工胶布配重，左手持汽球后段(在尾翼后面)，右手食指顶入汽球底部，使其内凹(图二)，当双手同时放开汽球火箭，汽球火箭即会有旋转运动(Spinning Motion)，且飞得准又远。
2. 解释汽球火箭飞行原理：灌满气的汽球本身具有弹性，当受食指外力往内推挤做功(Work)时，汽球球体就会产生弹性位能(Elastic Potential Energy)，且汽球内部空气被挤压，空间变小，压力就变大(博伊尔定律 Boyle's law)。而当手释放汽球后，汽球弹性位能转换成汽球往前飞行所需的动能(Kinetic Energy)。斜贴尾翼，让汽球飞行时会有旋转运动，使其稳定度增加。另外佐以陀螺仪(Gyroscope)的动手做演示(如图四)，解释转动体在旋转运动(Spinning Motion)是如何达到平衡与稳定。基于小学版自然与生活科技领域的的能力指标里，对能量转换与简单机械的应用，尚无理论的推导，仅提供一些实例参考，并预告该领域的动力学知识，将在国、高中时期的物理学科中的力学领域中有较多的着墨与解析。

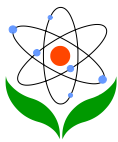


图二：手持汽球火箭发射示意图

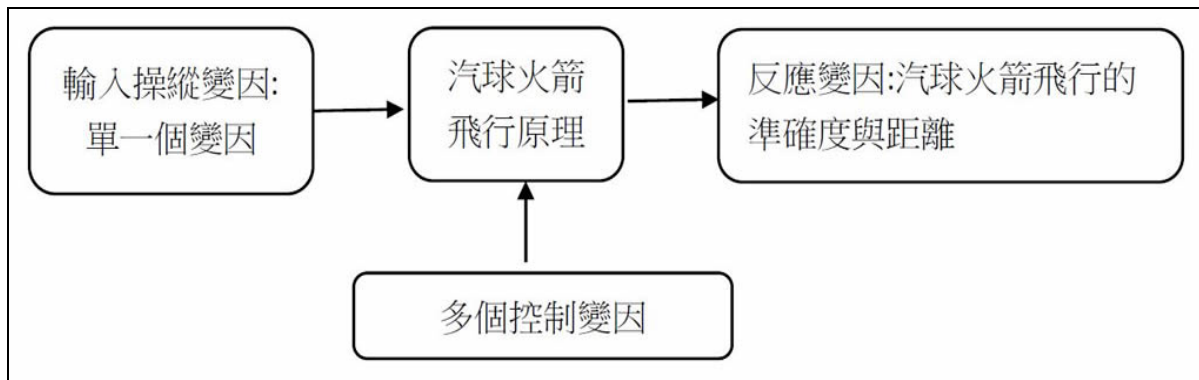


图三：利用陀螺仪动手做实验演示转动可体平衡站立在细绳

3. 学生自制汽球火箭：经由授课者教导如何做一枚汽球火箭，学生依样画葫芦自制一枚汽球火箭并练习发射。
4. 探究影响飞行各种变因：影响汽球火箭飞行稳定度的重要条件是汽球球体因斜贴尾翼，使其会旋转，灌满气的汽球长度，尾翼斜贴角度、尾翼的配置、前端配重、尾翼的面积与形状等等，均是影响汽球火箭飞行是否既准又远的重要的变因。
5. 表列操纵变因(Input Variables)、控制变因(Controlled Variables)与反应变因(Output Variables)：为了要探究影响汽球火箭飞行的主要因素为何，因此每次实验仅能选单一操纵变因进行测试实验，其他保持不变的变因称为控制变因，例如，要探究汽球长度(如长度 40 公分、50 公分、60 公分与 80 公分四款)对飞行的准度与距离



关系, 在测试时, 其他的变因就要维持不变, 如四款尾翼黏贴角度、尾翼配置位置、尾翼形状等, 均需维持固定的式样, 就连发射者也要同一个人, 其间函数因果关系如图三。本研究将 20 名学生平均分成 4 个小组(依高雄市路名分为一心、二圣、三多与四维等 4 小组), 每组 5 人, 因时间之限制, 各小组每次负责一个操纵变因, 例如一心小组负责做长度 40 公分的汽球火箭、二圣小组做 50 公分, 依此类推。



图四：操纵变因、控制变因与反应变因之间函数因果关系图

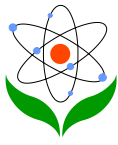
6. 比赛飞行准确度与距离：因是采比赛制，各组负责发射火箭参赛学生要同一人，每队代表发射三次，汽球火箭得在预期的方向落地始称有效发射，择飞行距离最远者作为比赛纪录。
7. 归纳最佳发射参数：每进行一次单元竞赛，登录最佳成绩，即可归纳出一个最佳应变变因，当进行下一个操纵变因实验时，上一个操纵变因最佳参数值就转成控制变因，依此类推，即可获得各式操纵变因的最佳组合参数值。

五、实验研究结果

本独立研究活动, 以汽球火箭的施作为例, 学生藉由动手做探究影响汽球火箭飞行准度与距离, 让提供非制式科学教育的科工馆, 联结融入制式科学教育的学校课程内, 彼此间互补有无。因在示范的教学时, 学生已知黏贴尾翼的角度约 20 度, 飞行效果较佳, 因此黏贴尾翼的角度不再做为操纵变因进行讨论或探究, 其余影响汽球火箭飞行的可能变因经学生讨论, 计有装满气的汽球长度、尾翼形状及尾翼黏贴位置配置等, 特将实验设计与实验结果表列如表一。

表一：汽球火箭飞行优化实验参数值

探究的问题	实验设计			最佳实验结果
	操纵变因	控制变因	反应变因(有效的飞行距离)	

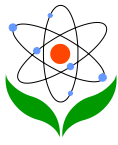


灌满气的汽球火箭长度与飞行准确度及距离关系	灌满气汽球长度 1. 一心小组: 40 公分 2. 二圣小组: 50 公分 3. 三多小组: 60 公分 4. 四维小组: 80 公分	尾翼形状: 三角形 尾翼斜贴角度: 20 度 尾翼位置: 后半部	1. 9.90 公尺 2. 9.10 公尺 3. 10.57 公尺 4. 8.50 公尺	装满气的汽球火箭以长度为 60 公分时飞行距离最远
尾翼形状与飞行准确度及距离关系	尾翼形状(面积约 18cm ²) 1. 一心小组: 三角形 2. 二圣小组: 正方形 3. 三多小组: 梯形 4. 四维小组: 半圆形	汽球长度: 60 公分 尾翼位置: 后半部 尾翼斜贴角度: 20 度	1. 5.00 公尺 2. 10.90 公尺 3. 9.60 公尺 4. 8.30 公尺	正方形尾翼飞行效果较佳
尾翼黏贴位置配置与飞行准确度及距离关系	尾翼黏贴位置配置 1. 一心小组: 平均环绕后汽球后段 2. 二圣小组: 分散在汽球前、中、后段 3. 三多小组: 平均环绕后汽球前段部 4. 四维: 小组 平均环绕后汽球中段	汽球长度: 60 公分 尾翼形状: 正方形(面积 18cm ²) 尾翼斜贴角度: 20 度	1. 15.60 公尺 2. 14.10 公尺 3. 12.50 公尺 4. 9.30 公尺	尾翼置于后段飞行效果较佳

实验归纳: 一枚汽球火箭尾翼斜贴 20 度、球体长度约 60 公分、正方形的尾翼及尾翼后置, 可以让汽球火箭飞得准又远。

六、结论与建议

本研究以一所小学五年级分布式资优班学生 20 人进行探究式科学实验, 将科工馆非制式的科学教育理念与科学动手做等实务经验, 融入一般学校制式科学教育内, 作为非制

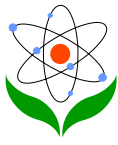


式与制式科学教育的联结,可以有效改善学生科学探究能力。同时亦引导学生思考,探究式的科学实验里,无所谓的标准答案,任何一个操纵变因的改变,均会有不同的反应变因出现,此种探究的精神,贵在过程,不在结果,因此,就没有所谓的最佳解答或标准答案。

由本独立研究的过程中,虽归纳出一枚汽球火箭约 60 公分、尾翼斜贴 20 度、正方形的尾翼及尾翼后置,可以让汽球火箭飞得准又远,但这未必是最佳解,相反的,提供学生勇于挑战现况并随时保有探究的动机,始是科学教育传播者无以为限的使命。

参考文献

- 于瑞珍. (2002). 科学博物馆辅助学校科技教育教学资源之探讨—以国立科学工艺博物馆为例. [Technology Education Resources in Science Museums-Using NSTM as an example]. *科技博物*, 6(6), 4-18.
- 朱耀明. (2011). 「动手做」的学习意涵分析—杜威的经验学习观点. *生活科技教育*, 44(2), 32-43.
- 李松柏. (2005). 在物理教学中实施探究式教学的探讨. [On the Implementation of Research-style Teaching in Physics Teaching]. *阿坝师范高等专科学校学报*, 22(3), 96-98.
- 李松涛, 林焕祥, & 洪振方. (2010). 探究式教学对学童科学论证能力影响之探究. [An Investigation of the Influences of Inquiry Teaching Towards Children's Science Argumentation Abilities]. *科学教育学刊*, 18(3), 177-203.
- 李贤哲, 樊琳, & 李文庆. (2006). 九年一贯课程培养学生动手做能力课程规划之探讨—以手掷滑翔机为例. [A Curriculum to Facilitate Pupils' Hands-on Abilities: Building Hand Launch Glider]. *课程与教学*, 9(1), 81-98.
- 周建和. (2007). 街头物理: 动手做让物理动起来. *物理双月刊*, 29(4), 845-855.
- 季荣臻. (2009). 构建“理性课堂” 引领实践探索. *教育实践与研究*, 2009(6A), 54-55.
- 唐智松. (2001). 探究式教学的基本原则. [On the Basic Principles of Exploratory Teaching]. *中国教育学刊*, 2001(5), 13-16.
- 张美珍, 王裕宏, & 郑宇钧. (2011). 博物馆动手做活动增进观众对节水科技概念理解之研究. [A Study on Visitors' Understanding of Water-saving Technology through Museum Hands-on Activities]. *科技博物*, 15(1), 5-31.
- 陈正治. (2002). 从电影中引发与设计科学教育活动之探讨—以猎杀 U-571 为例. [Discussion on the Stimulation of Motivation and Design of Science Educational Activities from Movies-A Case Study of U-571]. *科技博物*, 6(6), 31-41.
- 管建祥. (2006). 物理探究式教学的特征、模式及要求. [Physics Investigation the Characteristic, Mode of the Type Teaching and Its Request]. *南阳师范学院学报*, 5(12), 120-121.
- 刘鹏. (2005). 现代企业必须把满足顾客需要作为行为准则. *商场现代化*, x(447), 70-70.



黄淑卿. 2004). 利用探究教学提升国一学生科学探究能力之行动研究. *国立彰化师范大学科学教育研究所在职进修专班硕士论文(全国博硕士论文摘要检索系统编号: 92NCUE1231002)*.