

# 創造性問題解決活動設計對於國中學生之科學概念學習之研究

王炳淵 台中教育大學 科學應用與推廣學系 學生 bonkala@hotmail.com

王盈丰 台中教育大學 科學應用與推廣學系 ying@ms3.ntcu.edu.tw

## 摘要

本研究瞭解國中學生對於牛頓力學概念學習為何，將創造性問題解決（CPS）教學融入活動，利用「牛頓力學概念問卷」來瞭解學生概念理解成效。以34名國中學生為研究對象，經牛頓力學概念問卷前測後，進行六週CPS活動課程。牛頓力學概念問卷以Bloom認知分類做為設計，於課程結束後實施後測。研究結果如下：(1)統計t檢定發現學生後測成績顯著高於前測成績( $p < .05$ )；分向度知識、應用、分析、後測成績( $p < .05$ )達顯著差異。(2)在學習單部分，發現學生遇到問題會嘗試解答直到問題解決。建議CPS活動設計，動手做較一般課程時間長，需更多時間能讓學生深入探究問題。

關鍵字：牛頓力學概念、科學概念理解、創造性問題解決。

## 一、前言：

### (一) 研究背景與動機

Yager(1996)曾指出科學的核心在科學概念與科學過程。學習者必須透過科學過程理解科學概念，進而解決日常生活問題。在科學過程中要先理解科學概念，強調理解科學概念視為一種重要過程。

教育部(2001)公布國民中小學九年一貫課程暫行綱要中「自然與生活科技」學習領域之目標第五條亦強調：「培養獨立思考，解決問題的能力，並激發創造潛能」。因此，可以知道九年一貫教育著重學生在獨立思考、解決問題能力。在自然科學的教學中，也提到應注重學童在創造思考方面的訓練，多鼓勵學童做多方面、多層次的思考。

從學生在學習牛頓力學，Whiteley(1995)研究發現指出學生認牛頓第三運動定律之作用力與反作用力的是作用於相同的物體上，因此學生產生概念迷思，要釐清學生作用力與反作用力的關係，並且指出學生不容易找出相對應作用力與反作用力的關係。本研究透過主要探究學生對牛頓力學第三運動定律概念之研究。

本研究乃是以牛頓力學之第三運動定律作用力與反作用力為主題透過「創造性問題解決」(Creative Problem Solving)教學模式之教學模組設計，從創造性問題解決歷程中培養國中學生之創造思考及問題解決能力，並且由研究者發展牛頓力學概念問卷，評測國中學生之概念學習，經由課程活動設計後進行分析及探討。

### (二) 研究目的及研究問題

本研究目的是探討了解國中學生對於科學活動之科學概念學習。探討學生經科學活動透過創造性思考問題解決模式。研究問題如下：探討國中學生以實施創造性問題解決之科學活動後，學生經前、後測之後，學生的科學概念理解與比較為何？

### (三) 名詞解釋

- 1.牛頓力學概念：本研究牛頓力學概念是指牛頓三大運動定律，其課程活動主要以牛頓第三運動定律之作用力與反作用力為設計，此牛頓第三運動定律定義為「兩個物體相互作用的力，大小相同，方向相反」。
- 2.科學概念理解：科學概念理解是指對於科學事件或科學事物賦予意義的概念的釐清。
- 3.創造性問題解決能力：創造性問題解決（Creative Problem Solving, CPS）是由 Osborn-Parnes 於 1960 年代發展出來的，最早是可以提升創造力的線性的五階段解題模式，而後經由 Treffinger、Isaksen（1994）持續對其修正，提出了非線性之三成分六階段的 CPS 模式，其六大步驟為**發現困難、尋找資料、發現問題、提出想法、尋求解答、尋求接納**，本研究利用六大步驟來設計教學活動以了解學生科學概念理解。

## 二、文獻探討

### (一) 科學概念理解

Webster（1958）將「理解（understanding）」定義為「對知覺到事物表徵以適當的概念，以使經驗成為可領悟的能力」，理解乃是對現實世界中的事件或事務賦予意義之後概念重整的結果（引自林燕文、洪振方，2006）。

在物理學上，Hung和Jonassenb（2006）發現學生在推理力學原因的機制中，學生對牛頓力學中的旋轉運動的概念有較顯著的效果，對於利用質性的方法去探討學生對於牛頓力學概念較不易理解也強調概念理解。

物理概念的理解主要是由問題解決者所建構出一個問題情境，包含了有效並有策略的解決問題的，並且達到自己所需求的理解部分。因此，將問題情境融入教學的效果中可以促進學生的學習概念理解。

### (二) 問題解決教學

從心理學角度去看問題解決（problem solving），是指個人在面對問題時，綜合運用知識技能以期達到解決目的的思維活動歷程（張春興，1997）。Gagne（1970）認為問題解決可視為一種過程，結合且運用先前所學的知識作為先備知識去解決新奇的情境。

再從問題解決能力來看學生對於問題解決能力所需要哪些能力，張俊彥、吳佳玲（2002）認為學生在「問題解決能力測驗」表現好需具備的條件有「知識」、「態度」、「思考能力」與「經驗」等四部分，將這四部份分別轉換成「先備知識」、「推理能力」及「問題解決態度」與「問題解決能力」並且其關係為先備知識、推理能力和問題解決態度為各三角的頂點，中間為問題解決能力。

洪文東(2003)認為科學的創造思考、推理思考、批判思考三者之間都有一些相關的因子存在，認為「問題解決能力」必備三種思考能力應包括：創造思考、批判思考與推理思考，而推理思考並不是完全包含於創造思考和批判思考中。

(三) 創造性問題解決 (Creative problem solving, CPS) 教學

創造性問題解決教學自 Osborn 提出以來，歷經六個時期的演進，目前已呈現系統化的教學架構，每個時期的 CPS 模式具有其時代的特色與差異。本研究是採用 Isaksen 和 Treffinger 三成分六階段創造性問題解決 (CPS) 模式，主要如下三成分：瞭解問題、產出點子、計劃行動，三成分中細分六階段：發現困難、尋找資料、發現問題、提出想法、尋求解答、尋求接納。

學者 Howe 曾分析各種 CPS 模式的列舉出共通特色包含這四種創造思考教學 (引自湯偉君和邱美虹，民 88)：聚斂性思考 (convergent thinking)、發散性思考 (divergent thinking)、批判思考 (critical thinking)、創造思考 (creative thinking)。這主要讓學生能夠透過這些思考模式的訓練，啟發創造性的問題解決。

(四) 牛頓第三運動定律

牛頓對作用力與反作用力的看法是：物體互相產生的力。他認為這個力是由一個物體在動態上被測出有所改變，牛頓相信這兩個力大小相等且相反，甚至在斜面上碰撞也是如此，黃振華 (2001) 將牛頓第三運動定律詮釋為「作用力與反作用力大小相等，方向相反，並彼此作用於對方的物體」，且參考洪木利、周啟 (1994) 所發展的專家牛頓運動定律概念圖，定出牛頓第三運動定律的次概念有：作用力與反作用力皆存在，作用力與反作用力方向相反，作用力與反作用力大小相等，作用力與反作用力同時產生，作用力與反作用力彼此作用於對方的物體上。

洪木利 (1999) 曾研究我國兒童牛頓運動定律的概念架構，其研究有關第三運動定律的發現兒童在牛頓第三運動定律的次概念發展是有程序的，在國小三、四年級兒童，過半數能體認到作用力的存在。

三、研究方法與步驟

(一) 研究方法

本研究是採用量化研究配合質性資料之收集，透過活動實施經過問卷方式及學習單的方式來了解及發現待答的問題。

本研究之研究對象是台灣的某縣市的國民中學三十四名學生，學生再進行活動前先進牛頓力學概念問卷之前測，經過前測後，開始進行關於牛頓力學融入創造思考模式活動課程，內容由自行設計主要包括四個活動扭力船、氣球火箭、氣球車和風力車。這些活動的概念原理以牛頓力學為主作為活動設計內容。

(二) 研究架構

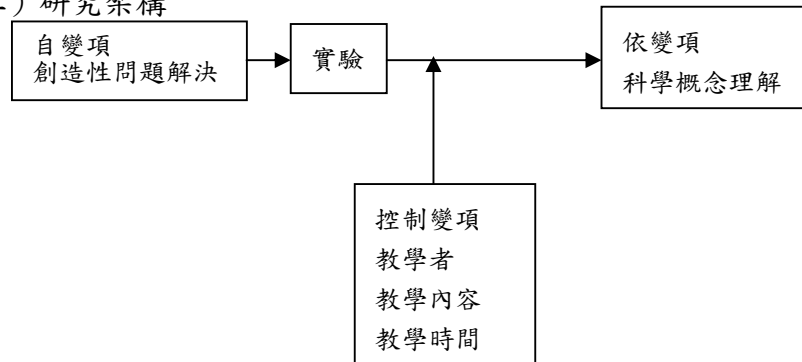


圖 1：本研究設計架構圖

(三) 研究步驟

本研究先選取活動主題之後開始進行活動尋找及以 CPS 架構設計，發展牛頓力學概念問卷，實卷問卷前測，開始進行 CPS 活動課程六週，活動結束後立即實施後測，並進行學生訪談，整理分析資料形成研究報告。

(四) 研究工具

1. 牛頓力學概念問卷

本研究問卷以牛頓三大運動定律概念為主，依據學者 Bloom 提出認知分類，其內容分向包括知識、理解、應用、分析等四個向度做設計。經 10 位專家審查刪除不適當題目，每個向度各有 10 題，難易度介於 0.30~0.75。

2. 活動學習單

研究者在設計課程活動中，學生對於課程活動的學習情況，依照 CPS 六階段設計活動學習單，在學習單加入綜合與評鑑的設計讓學生於課程活動後填寫。

3. 訪談問卷

本研究針對學生在 CPS 活動後，訪談大綱是針對學生對 CPS 活動六階段所呈現的想法。

四、結果與討論

(一) 牛頓力學概念問卷之前測之得分分布

學生在牛頓力學概念問卷之前測得分之分布統計如圖 2 所示。平均得分 37.68。得分數在 29 分以下屬於低分組，人數為 9 人，佔總人數之 26.4%；得分數在 30~44 分之間為中分組，人數為 16 人，佔總人數之 47.1%；得分數在 45 分以上為高分組，人數為 9 人，佔總人數之 26.5%。

前後測成績得分與人數分布

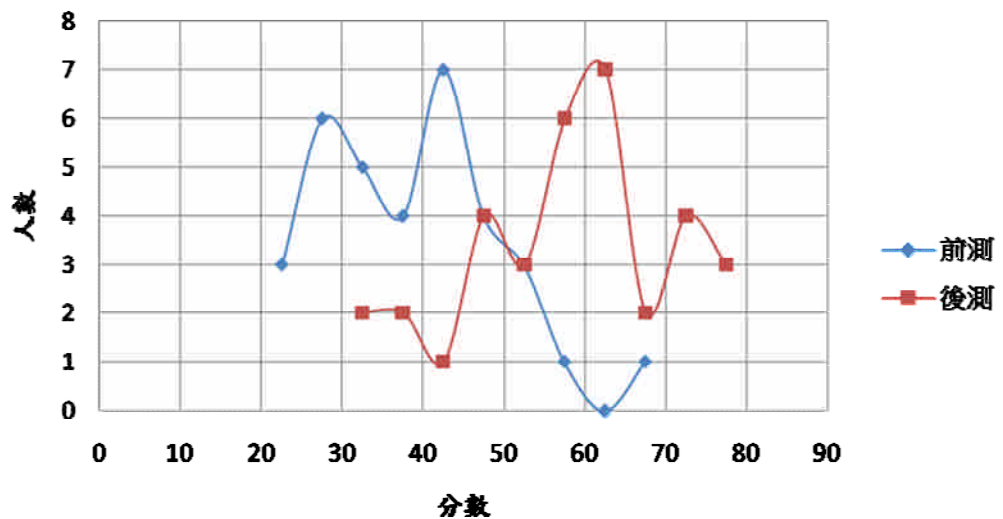


圖 2：牛頓力學概念問卷之前、後測之得分與人數分布圖 2。前測得分最高與最低可能分數為 68~20 分，後測得分最高與最低可能分數為 80~34 分。

(二) 牛頓力學概念問卷之後測之得分分布

學生在牛頓力學概念問卷之後測得分之分布統計如圖 2 所示。平均得分 57.68。

得分數在 49 分以下屬於低分組，人數為 9 人，佔總人數之 26.5%；得分數在 50~64 分之間為中分組，人數為 16 人，佔總人數之 47.1%；得分數在 66 分以上為高分組，人數為 9 人，佔總人數之 26.5%。

發現前後測得高中低分組的人數維持不變，後測得分數有提升，在得分低分組分數範圍變廣，得分在高分組人數變集中，且得分數高的人，比前測人數多。

### (三) 創造性問題解決活動之前測、後測對學生之概念理解之各向度的表現

學生經過研究者所設計創造性問題解決活動實驗教學之後，在以「牛頓力學概念問卷」之各向度的成績在教學活動之前、後測表現有無顯著差異，經 t 檢定，結果如表 1。

學生在「牛頓力學概念問卷」之向度，實驗組前後測平均值之間，由 37.68 進步到 57.68，表示總量表在前、後測分數上達顯著的差異 ( $t=-6.977$ ,  $p=.000 < .05$ )。第一、在知識分向度方面，實驗組前後測平均值之間，由 7.50 進步到 12.53，表示知識向度在前、後測分數上達顯著的差異 ( $t=-4.940$ ,  $p=.000 < .05$ )。第二、在理解分向度方面，實驗組前後測平均值之間，由 11.29 進步到 12.94，表示理解向度在前、後測分數上未達顯著的差異 ( $t=-1.962$ ,  $p=.055 > .05$ )。第三、在應用分向度方面，實驗組前後測平均值之間，由 7.79 進步到 14.29，表示應用向度在前、後測分數上達顯著的差異 ( $t=-6.419$ ,  $p=.000 < .05$ )。第四、在分析分向度方面，實驗組前後測平均值之間，由 11.88 進步到 18.59，表示分析向度在前、後測分數上達顯著的差異 ( $t=-5.547$ ,  $p=.000 < .05$ )。學生在「牛頓力學概念問卷」之向度分析，實驗組後測平均值高於前測，有明顯的進步。從表 2 得知，CPS 教學能夠提升學生認知層面中知識、應用、分析向度與張俊彥、程上修 (2002) 地球科學融入 CPS 教學中提昇學生學習成就類似，顯示 CPS 教學使學生成績有顯著的進步。

表 1：前、後測成績 t 考驗摘要表

向度	依變項	N	M	SD	t 值	P
總量表	前測	34	37.68	11.146	-6.977	.000*
	後測	34	57.68	12.455		
知識向度	前測	34	7.50	4.412	-4.940	.000*
	後測	34	12.53	3.971		
理解向度	前測	34	11.29	4.027	-1.962	.055
	後測	34	12.94	2.785		
應用向度	前測	34	7.79	3.566	-6.419	.000*
	後測	34	14.29	4.707		
分析向度	前測	34	11.88	4.443	-5.547	.000*
	後測	34	18.59	5.472		

\*  $< .05$

### (四) 學生對於 CPS 活動設計之表現

學生透過 CPS 的活動課程，在發現挑戰的過程，學生透過自己的生活經驗舉例騎腳踏車，上、下坡時所費的力氣，上坡所作用力較大，下坡時所花的作用力較省，

從這個觀點去發現困難階段；在發現困難之後，是尋找資料和發現問題階段學生自己發現問題，例如學生不知道空氣有形還是無形透過自己的經驗得到空氣是有形的。在想出想法階段，學生透過自己的生活中觀察所見事物或將自己想到其作為想出想法來進行自己的作品的改造，發現自己所創作的點子比之前的快，因為船減少前面對水的阻力。在尋求解答及尋求接納階段，學生透過自己的作品與同學的作品進行競賽，相互比較的結果，發現學生每個人的作品都有特色，要能夠在比賽中角逐名次，需要多做一些思考及改變，如扭力船在材料選擇要輕，船的造型可圓形或三角形等，學生透過動手操作時，說明及認識「作用力與反作用力」概念，顯示七年級的學生達到此效果，與學者洪木利（民88）研究發現，三、四年級兒童過半數的人能體認反作用力的存在類似。且透過 CPS 活動課程讓學生更能提高概念的學習，並且也加強學生對於發散性思考和聚斂性思考有幫助。

T：妳怎麼去解決這些問題呢？舉剛剛妳的氣球問題。

S02：應該就是再想想看。因為空氣雖然摸不到、看不到、但是吸得到。還是有這個物體存在，就當它（空氣）是有形的好了。（由訪談 S02 學生資料）

與學生在訪談中，發現學生在問與答的部份，學生從舊有的知識去搜尋形成新的概念或知識，學生去進行探究部份是屬於聚斂性思考。再看學生的思考模式：

S03：扭力船的部分，把它尖端用圓一點，我有看過船的最尖端是圓的。

T：它就減少阻力嗎？

S03：會比之前的更快。（由訪談 S03 學生資料）

S02：另外一個就叫，你叫轉力船（扭力船）...，就扭力船的那個板子的話，那也是一種作用力與反作用力，我覺得我轉它（扭力船的槳）的時候，它就給一小部份的力量，雖然那力量很小，但是還是有。（由訪談 S02 學生資料）

學生自己在思考時，能夠透過自己動手操作的體認作用力與反作用力存在，進一步思考和學習作用力與反作用力的概念。

學生在提出想法中，要在短時間內讓學生有不同的想法研究者嘗試許多讓學生去做回憶或思考。

T：有什麼新的點子？

S03：像扭力船的部分，兩的邊都用橡皮筋。

S03：就像...就像獨木船一樣。兩個槳。（由訪談 S03 學生資料）

研究者透過學生短時間思考去激盪出學生自己想的點子，別於他人，並且利用此方法去製作，是屬於發散性的思考。

經 CPS 活動課程讓學生理解「作用力與反作用力」概念，後測成績均高於前測成績並在知識、應用、分析向度達顯著差異 ( $p < .05$ )，由此結果可得在 CPS 課程活動能增進學生知識概念與張俊彥和程上修 (2002) 的研究地球科學課融入 CPS 教學的研究類型相關，能提昇學生的學習成就。在學生的問題解決能力主要來自於先備知識做為基礎(張俊彥、翁玉華，2000)，在學生經過活動課程後，對於「牛頓力學概念」學習成效有提升，主要透過學習者自己擁有的經驗（先備知識），學習者使用先備知識思考問題，在思考中具有發散性和聚斂性思考將概念原理應用於生活中，以解決生活問題，同時強調思考是透過學生推理過程才能達到發散性思考和聚斂性思考，本研究結果與問題解決研究類型相關(張俊彥、翁玉華，2000；洪文東，

2000)。

## 五、結論與建議

本研究結論如下：1.課程融入 CPS 教學模式，學生在學習成效有進步且前、後測的成績達顯著差異，在分向中知識、應用、分析向度中達顯著差異 ( $p < .05$ )。2.透過 CPS 活動讓學生學習發散性思考及收斂性思考的運用以解決問題。研究建議部分在施行 CPS 課程活動，學生在做創造及思考時間上，因活動課程時間不足，而無法讓學生嘗試不同的材料製作，需增加時間。在 Bloom 認知層次中的評鑑與綜合向度，可以設計於學習單中引導式回答，才能使學生對問題能深入探究。

## 六、參考文獻：

- Treffinger, D. J., & Isaksen, S. G. (2005). Creative problem solving: The History, Development, and Implications for Gifted Education and Talent Development. *The Gifted Child Quarterly*, 49(4), 342-357.
- 洪文東(2000)：從問題解決的過程培養學生的科學創造力。屏師科學教育，11，52-62。
- 吳佳玲、張俊彥(2002)：高一學生地球科學問題解決能力與其先備知識及推理能力關係的初探研究。科學教育學刊，10(2)，135-156。
- 張俊彥、程上修(2000)：在地球科學課融入創造性問題解決及合作學習策略之初探研究。科學教育學刊，8(3)，251-272。
- 湯偉君、邱美虹(1999)：創造性問題解決模式的沿革與應用。科學教育月刊，223，2-20。