

高中物理之重心與平衡的教學活動暨教具設計

陳美玲¹ 白菁汝² 黃映慈³ 洪惠君⁴

¹國立彰化師範大學 物理系

²彰化縣立陽明國中

³國立清華大學 電子所

⁴國立清華大學 動力機械所

(投稿日期：民國 97 年 10 月 20 日，修訂日期：97 年 12 月 08 日，接受日期：97 年 12 月 18 日)

摘要：本文作者針對高二物理中有關「重心的意義」、「重心的位置」、「重心高低對平衡的影響」與「平衡的種類」等教學主題，設計了七個教學活動與一些簡易教具、教學媒體。希望使學生在學習此單元時能覺得有趣和實用，並進而領略和欣賞重心概念的「物理之美」。所有教學活動的設計以「建構主義」的教學理念為基礎，運用例如 POE(預測-觀察-解釋)、小組討論、探究實驗等教學方法或策略，設計可讓學生動手與討論的活動。

所設計的所有老師演示用教具或學生各自操作和小組活動與實驗的用品，都是利用生活中容易取得的材料簡易製作而成。例如，在進行「不倒翁的秘密」教學活動，以探討重心位置高低與物體維持平衡的關係時，教師首先是利用泡沫紅茶杯蓋、黏土、膠帶、和貼紙自製可愛不倒翁進行演示和提問，以引起學生學習的動機，然後再配合其他也是自製的簡易教具(學生可每人一份)進行後續的 POE 活動的探究。考慮部份教材的特性，有兩個教學活動中也利用編輯過的動畫與自行拍攝的短片來進行教學，除能符合近年倡導的「資訊融入教學」的精神，也更有助於引導學生思考和學習。由於設計強調採取以「學生為本位」的教學，教具的成本低廉且容易製作，因此值得教師參考和採用。其中部份教學活動只要稍做調整，也可作為高中以下學生的學習材料或科學小活動。

關鍵詞：重心、穩定平衡、隨遇平衡、不穩定平衡、POE

壹、前言

一、研究動機

在學習高二物理的「重心」單元(南一

版,民 96)時,學生可能把重心放在記憶求重心位置的公式和相關問題的解題上。如果有老師和教學活動的引導,以協助學生真正理解重心的意義,以及對重心位置的複雜公

式產生感覺，學生才能體會和欣賞這個概念的「物理之美」。因此，我們針對此單元，設計出一份「以學生為本位」(Bullard and Felder, 2007)，強調協助學生建構知識的教學活動、學習單、教具與媒體等，希望使學生在學習此單元時能覺得這些知識是有趣和實用的。

二、教學理念與方法

延續九年一貫課程的目標，以培養學生「帶得走的能力」為主，高中的物理教學也應有所因應。所以本文作者以「建構主義」的教學理念為基礎，朝「以學生為中心」取向的教學或「主動學習」的精神(Bullard and Felder, 2007; Felder and R. Brent, 2003)設計活動。運用例如POE (White and Gunstone, 1992)、小組討論、探究實驗(Schwab, 1962)等的教學策略，發展出可讓學生個人和小組實作的活動和多樣教具。此外也將University of Wisconsin的The Why Files網頁所提供的動畫加以簡單編輯後應用於相關活動，並自行拍攝的短片來引導學生思考和學習，符合「資訊融入教學」精神。

三、POE 教學策略簡介

「預測-觀察-解釋」策略(簡稱POE)最初是一種作為幫助學生概念改變的教學策略(Searle and Gunstone, 1990)，以及探究學習者的迷思概念之研究工具(White and Gunstone, 1992)。POE除了被認為是符合建構主義的理念，可提昇學習者的概念學習(White and Gunstone, 1992; Wu and Tsai, 2005)，另有研究顯示POE也是一種能幫助教師了解學生概念的一種方法或策略，一種配合教師示範或學生實作的教學活動設計模式(許良榮和劉政華, 2004; Liew and Treagust,

1995; Palmer, 1995)。因此POE除了當成探究學習者概念發展的研究工具，也常被研究者或科學教師運用在其科學教學活動設計與教學實務當中(周建和, 2007; 林士峰、黃萬居, 2006、邱彥文和黃世傑等, 2001)。常見的POE實施程序(許良榮和劉政華, 2004)包含如下三個階段：

(一) 預測(Prediction)

提出一個可實際操作或觀察的問題情境，讓學生預測會有何現象或結果發生。一般也會要求學生寫下預測理由。

(二) 觀察(Observation)

讓學生實際進行觀察有何結果或現象發生，一般也會要求學生敘述或寫下觀察的結果。

(三) 解釋(Explanation)

如果觀察結果與學生原來的預測不一樣時，再請學生思考和提出新的解釋。

總之，透過使用POE教學策略的活動，一方面促使學生應用自己原有的概念與知識去進行預測及提出解釋，因此讓學生有機會建構、檢視甚至修正自己的想法;另一方面也使教學者有機會了解學生的認知結構和應用科學知識的能力，必要時得以引導學生解決其概念的衝突，以提昇其概念的理解。此外，有研究顯示教師因使用POE而有進行教學的反省與改進，可以提昇教師的專業成長(邱彥文和黃世傑等, 2001)。即使有學生在活動中所作預測是正確的，但透過活動提供師生對談與互動的機會，使得POE較一般講述式教學更易於激發學生進行思考和提昇學習的動機與專注力，營造出更活潑與正向的課室學習氣氛 (Fekete and Walker, 1997)，所以通常學生也會喜歡透過POE這種活動進行學習(邱彥文和黃世傑等, 2001)。

四、單元教學目標

單元主要教學目標包含以下七大項：

- (一) 了解重心的意義
- (二) 利用不同方法求物體的重心位置
- (三) 了解重心與平衡的關係
- (四) 區別平衡的種類
- (五) 解決重心有關的計算問題
- (六) 規劃實驗解決問題
- (七) 能與同儕討論與合作以進行實驗和活動

貳、教學活動與教具

本單元共包含七個教學活動，教學節數

業，然後讓學生在課堂上做簡單分享與教師引導做重點歸納，則所需教學時間將可再縮短以符合學校的教學進度。活動教學流程架構如圖1所示。以下將分別敘述所設計的各教學活動內容與教具。

一、特殊的點

(一) 活動目的

讓同學看一段短片，觀察物體(自製教具，如圖2a)在拋出過程中，物體上紅、綠兩點運動軌跡的差別，藉此引出「重心」一詞。

(二) 教學主要過程

1. 教師播放圓盤狀物體作拋體運動的影片(半速播放) 如圖2b和2d，讓同學觀察物體其中紅、綠兩點的軌跡。請一位同學發表觀察和發現結果。

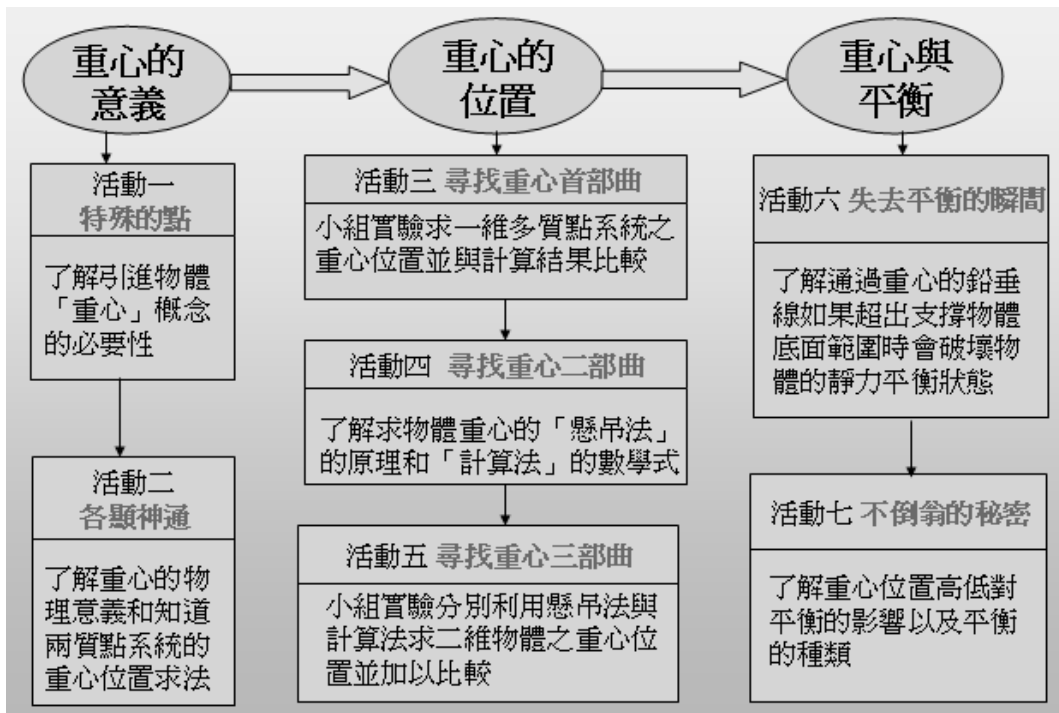


圖1：單元的教學流程架構示意圖

預估需三至四節。如果教師再將部份小活動改為由學生課外進行小組探究與討論的作

2. 教師再次慢速播放該影片，同時其中選擇幾個時間點暫停播放，讓學生畫下各點的

位置，使學生發現影片中兩點運動軌跡不同，以及其中一點軌跡恰好為拋體運動的軌跡。

3. 教師引入「重心」一詞，說明無法視為質點的物體，雖然物體的運動可能是複雜的，但我們可以設法找到一個稱為「重心」的特殊點，使得如果物體只受有重力的外力時，該點運動軌跡如同一質點的拋體運動。
4. 教師問：「物體的重心是否一定是在物體內？」，然後請學生發表想法。
5. 教師播放經過編輯的網頁動畫(圖2c)，引導學生發現重心不一定要在物體內。

(三) 教具或教學媒體

1. 自拍教具1(如圖2a)之斜拋出空中的運動短片(如圖2b、2d)。
2. 經過編輯的網頁動畫⁷(如圖2c)。只擷取原動畫溜冰者在空中那段時間的運動，以簡化問題情境和符合教學欲聚焦的重點。

二、各顯神通

(一) 活動目的

引導學生利用靜力平衡概念了解(1)物體各部份所受重力的合力，可視為集中在一點稱為「重心」(2)靜力平衡時物體各部份所受重力對重心的力矩和為零(3)如何計算兩質點系統的重心位置。

(二) 教學主要過程

1. 老師提出「重心還有哪些意義？還有哪些方法可以找到物體的重心位置？我們可以從比較簡單的物體開始研究。」以引進活動二。
2. 學生每個人自己動手操作，使物體支撐在竹筷上，然後記下位置。有方法找到物體支點的學生互相分享他的方法。
3. 老師以棒球棍(或生活中其他長條物)示範找重心的方法⁸。然後學生用老師所說方法找到物品的重心後跟找到的支點位置比較，學生會發現此物體的支點恰好是重心位置。

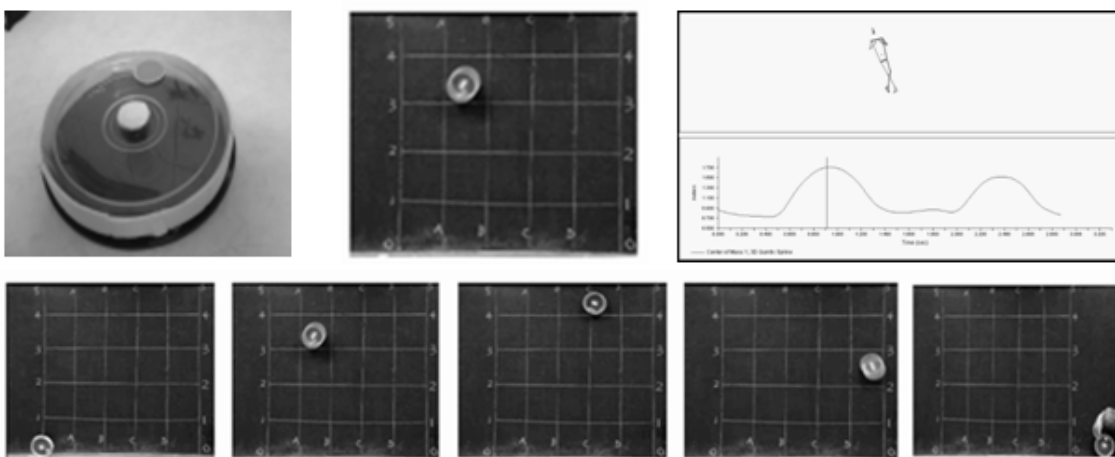


圖 2a(上左)、材料：薄 CD 存放盒、彩色貼紙、雙面膠帶或有緩衝作用的軟墊條。2b(上中)、短片中物體運動的某一瞬間，背景為事先畫好方格的教室黑板。2c(上右)、編輯過的卡通動畫。2d(下)、物體運動中的五個時刻。

4. 學生分組討論如欲將所操作的物體簡化為一個特殊的點，使物體所受重力可視為集中在點，則該點在哪裡？如何表示此點的位置？(可提示學生利用靜力平衡和槓桿等觀念思考)
5. 老師就支點與重心是否一定在同一點的問題引導學生進行討論和分享。
6. 老師總結時提出：「此活動所學求重心的方法是不是可以推廣到更多質點所組成的系統？」以銜接以下的活動三。

(三) 教具或教學媒體

1. 自製活動物品和竹筷 (學生每人一套)，如圖3。

三、尋找重心的首部曲(實驗一)

(一) 活動目的

讓學生應用前面所學概念導出三個質點組成的系統的重心位置，並透過設計和進行簡單實驗找重心位置，比較實驗結果和利用重心公式計算結果，使學生對重心公式的了解和印象更為深刻，另一方面也培養小組合作與學生實驗技能。

(二) 教學主要過程

1. 老師指出：「接下來我們要進行一個小組實驗，請組員合作想辦法針對三個在一直線上的質點組成的系統，求它的重心。」。然後老師說明各組實驗器材和實驗的任務、實驗

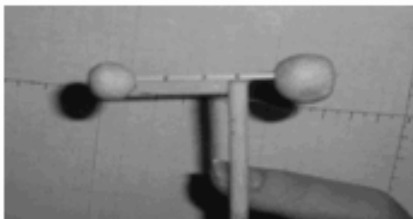


圖 3：一根兩端各插有一質量不同黏土球的牙籤

時間(15 分鐘)後發下實驗器材。學生個人先證明重心位置的數學式，然後小組進行實驗、討論並完成實驗紀錄。實驗結束時各組將小組實驗紀錄交給老師並歸還器材。

2. 實驗後，老師可以先請一組報告他們的公式推導，其它組和老師則提出訂正或補充。再請一組報告他們的實驗過程和所得實驗結果。如果時間許可時，可請各組報告。老師可設計同儕互評表，讓小組對各組及自己的表現進行評量。然後老師就實驗誤差來源提出請各組提出想法，最後老師補充。
3. 老師補充一直線上多質點組成系統的重心位置一般式和此式的意義。
4. 老師課後批改小組的實驗紀錄發還學生後，可讓小組彼此互相觀摩實驗報告。

(三) 教具或教學媒體

1. 自製長條狀實驗器具和螺帽數個。(每組一套)，如圖 4。

四、尋找重心的二部曲

(一) 活動目的

利用各種不同簡單幾何形狀的厚紙板，引導學生了解(1)密度均勻且形狀規則的物體的重心為其幾何中心(2)二維物體的懸吊法求重心的原理。



圖 4：自製長條棒可放入螺帽改變重心位置

(二) 教學主要過程

1. 讓學生根據所學的一維重心之概念，先猜測和畫出各厚紙板的重心位置。再預測和畫下以線綁在不同位置後懸吊物體的情形。
2. 請一組學生到黑板畫出他們的預測和說明他們的想法。其他組再補充不同的想法。
3. 各組實際操作比較結果是否與預測相同。
4. 老師以梯形板為例講解如何以懸吊法找重心，特別應針對之前學生有錯的地方引導學生改變想法。
5. 老師利用一維物體的重心公式和本活動引導學生得出三維的任意形狀物體的重心位置公式。然後老師引導和講解基本例題與變化題。再請學生作練習題。

(三) 教具或教學媒體

五種不同幾何形狀的厚紙板、螺帽數個、懸掛線數條(每組一套)，如圖5a、5b。

五、尋找重心的三部曲(實驗二)

(一) 活動目的

透過實驗的實作，讓學生熟悉求二維物體重心位置的懸吊法與計算法，另一方面培養小組合作精神與加強學生的實驗技能。

(二) 教學主要過程

1. 老師說明接下來各組實驗器材和實驗的任務、實驗時間(15分鐘)後發下實驗器材。



圖 5a：5 種不同幾何形狀的厚紙板

2. 小組進行實驗、討論並完成實驗紀錄。老師應一邊進行相關評量，並特別注意各組的實驗操作與紀錄、分析等相關實驗技能表現是否較活動三(小組實驗一)進步。
3. 其餘參考活動三(實驗一)視教學時間和學生的表現，老師彈性調整實驗後的活動進行方式。如教學時間不足，老師也可將此活動當成小組課後的活動作業。
4. 老師補充多質點組成系統的物體之重心位置計算公式和此數學式的意義。

(三) 教具或教學媒體

1. 自製實驗器具、螺帽數個、線兩條，(每組一套)，如圖 6。

六、重心與平衡

(一) 活動目的

配合 POE 教學策略引導學生發現通過重心的鉛垂線如果超出支撐物體底面的範圍時，會破壞物體的靜力平衡狀態。

(二) 教學主要過程

1. P(預測)：老師請學生先預測一竹筷自桌上慢慢被推向桌邊時，使竹筷不會掉落的條件並寫下理由。此時教師可了解學生是否能應用靜力平衡與重心等概念進行推論。
2. O(觀察)：學生先找出竹筷重心位置後，實際操作看看，然後寫下發現以及是否與自己的預測一致？



圖 5b：梯形紙板

3. E(解釋)：學生重新寫下自己的想法與解釋。
4. P(預測)：老師再請學生與同學討論，預測一長方體立於斜面上，物體傾倒的條件和理由。然後請小組發表想法。
5. O(觀察)：老師慢速播放預先拍攝的短片，請學生觀察後寫下或畫出當斜角增加時，通過物體重心的鉛垂線的變化。
6. E(解釋)：學生修改他們的解釋。
7. 老師作補充和引導學生作總結。然後舉一些問題讓學生熟悉和應用所學。

(三) 教具或教學媒體

1. 標有刻度的竹筷(學生每人一根)，如圖 7a。
2. 老師預先拍攝的實驗短片--置於斜面上的一長方形木塊，當慢慢增加斜角時，最後木塊傾倒，如圖 7b。

七、不倒翁的秘密

(一) 活動目的

利用不倒翁等教具進行示範和小組活動，以引導學生發現重心位置高低對平衡的影響，以及三種平衡：穩定平衡、不穩定平衡、隨遇平衡。

(二) 教學主要過程

1. 老師拿出示範用的大不倒翁(如圖 8a)引起學生注意，一邊輕推不倒翁，一邊說：「同學以前有玩過不倒翁嗎？不管我們怎麼推不倒翁，它最後都會回復原來平衡狀態，為甚麼呢？請把你的想法寫下來」。學生寫完後，請幾位學生發表想法。
2. 老師接著拿出器材示範(牙籤一端有一塊黏土，黏土兩端再各插著一根叉子)並問學生：「整個放在杯緣上只靠牙籤上的某一點當支點可以平衡嗎？」。然後老師示範(如圖 8b)給全班看。
3. 老師再拿出一組小組活動和器材，問學生

換成這個物體，如將它的牙籤尖端放到竹筷頂端可以保持平衡嗎？然後老師示範(如圖 8d)，並輕輕碰一下牙籤頂端，顯示物體仍會恢復平衡狀態。

4. P(預測)：老師請學生分別預測(1) 升高鐵絲繞在牙籤上的位置時(2)改變兩根鐵絲的夾角，與物體是否容易恢復平衡狀態有何關係(圖 8d)。
 5. O(觀察)和 E(解釋)：老師發下個人器材，學生一邊進行實驗操作和觀察和解釋。接著老師請幾位學生發表想法後，老師請學生修改自己的解釋並填入學習單。必要時，老師可補充解釋。
 6. P(預測)：老師請同學思考不倒翁問題：改變不倒翁的重心位置，使其具有較高的重心位置後，擺放使其靜止。此時若推一下不倒翁，請學生預測：什麼情形下不倒翁會回復原來的狀態，什麼情形下不倒翁不會回復原來的狀態。此時教師可評量學生是否能將前面鐵絲與牙籤的活動觀察所學到的經驗應用在此新的情境上。
 7. O(觀察) 和 E(解釋)：老師發給小組不倒翁(如圖 8c)。學生操作後，如結果與預測不符時，重新修改解釋。最後老師作補充。
 8. 老師配合錐形示範教具(如圖 8e)講解(1) 穩定平衡的原理(2)平衡的種類，並補充「穩度」和增加穩度的方法。和引導學生作總結。然後舉一些問題讓學生熟悉和應用所學。
- ### (三) 教具或教學媒體
1. 自製示範用大不倒翁一個(圓形飲料杯蓋、彩色膠帶、立體貼紙)，如圖(8a)。
 2. 自製小不倒翁(扭蛋、黏土、立體貼紙)每組一個，如圖(8c)。
 3. 空杯、黏土塊、牙籤各一、叉子兩根，如圖(8b)。
 4. 繞有鐵絲的牙籤且鐵絲兩端各有一小黏

土球，可分別改變升高鐵絲繞在牙籤上的位置和兩根鐵絲的夾角加以探討。如圖(8c)。

5. 自製錐形示範用教具一個(材料有：投影片、黏土、線)，說明穩定平衡的原理與平衡的種類：穩定平衡、隨遇平衡、不穩定平衡。如圖8e。

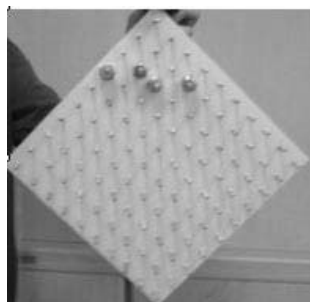


圖6：一平板上，懸有螺帽並綁上2條細線。螺帽數量與位置可讓學生自訂

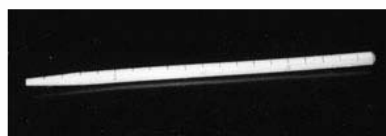


圖 7a：標有刻度的竹筷



圖 7b：拍攝之實驗短片



圖 8a：自製大不倒翁



圖 8b：示範平衡圖



圖 8c：自製小不倒翁



圖8d：牙籤上繞有二端有黏土球的鐵絲(左);改變鐵絲纏繞的位置高低(中);
改變鐵絲張開的角度。

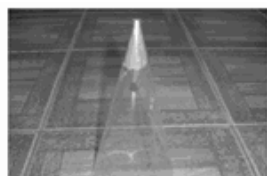


圖 8e：自製錐形教具說明穩定平衡的原理與平衡的種類:穩定平衡(左)、隨遇平衡(中)、
不穩定平衡(右)。

參、結論

本文提供七個有關「重心的意義」、「重心的位置」、「重心高低對平衡的影響」與「平衡的種類」等教學主題的一系列以學生為本位的教學活動。設計方向著重在如何跳脫傳統講述式教學，而將符合建構主義教學理念的一些教學策略配合一些教具和活動，使學生在學習此單元時能覺得有趣和實用，並進而能感受和欣賞重心概念的「物理之美」。教學內容完整涵蓋南一版最新版本的高二第三章第6節「重心」單元的內容。至於學生學習這些教材之前或學習時可能有哪些迷思概念，以及如何進一步針對這些另有概念設計活動來改變學生的想法等，雖然很值得探討，但並非本文的主旨，因此省略。

教學所需所有老師演示的教具或學生活動與實驗的器材，都是利用生活中容易取得的材料簡易製作而成，不但容易推廣使用，且結合所設計的教學活動和學習單，使簡易的教具也能發揮良好的教學功能。兩個非「食譜式」小組實驗，除了能引導學生思考，也同時培養學生的合作精神與相關實驗技能。其他小組討論、運用媒體和搭配POE的探究活動來引導學習，除了應能提昇學習成效外，也有助於提高學生學習此單元的興趣。

參考文獻

1. 林士峰、黃萬居(2006)：POE 教學策略對國小六年級學生鐵生鏽的物質性質概念改變之研究，中華民國第 22 屆科學教育學術研討會論文彙編，頁 866-872。
2. 林明瑞主編 (2007)：普通高級中學物理，高二上，南一。
3. 周建和(2007)，街頭物理：動手做讓物理動起來，物理雙月刊，廿九卷四期，頁 845-855。
4. 許良榮和劉政華(2004)：中小學生之溶解概念的形與發展 科學教育學刊第十二卷第三期, 265-287。
5. 邱彥文、黃世傑、王國華(2001)：國中理化課試行 POE 教學之個案研究，科學教育，12 期，頁 53-69。
6. 後藤道夫原著、施雯黛譯(2000)：77 個簡易好玩的科學魔術，方智。
7. Bullard, L.G. and Felder, R.M. (2007). "A Student-Centered Approach to Teaching Material and Energy Balances: 2.Course Delivery and Assessment". Chem. Engr. Education, 41(3), 167-176.
8. Felder, R.M. and Brent, R (2003). "Learning by Doing." Chem. Engr. Education, 37(4), 282-283.
9. Fekete, P. and Walker, P.(1997).Interactive Teaching Resources for thermal physics, UniServe Science News, Vol.8. <http://science.uniserve.edu.au/newsletter/vol8/fekete.html>
10. Hewitt, Paul G. (1999),Conceptual Physics, Ch.4, Addison-Wesley.
11. Liew, C. W., & Treagust, D. F. (1995). A predict-observe-explain teaching sequence for learning about understanding of heat and expansion of liquids. Australian Science Teachers' Journal, 41(1), 68-71.
12. Palmer, D. (1995). The POE in the primary school: an evaluation. Journal of Research in Science Education, 25(3), 323-332.
13. Schwab, J. J. (1962). "The Teaching of Science as Inquiry". In Schwab, J. J. & Brandwein, P. F., The Teaching of Science. Cambridge, MA: Harvard University Pres.
14. Searle, P., & Gunstone, R. F.

- (1990). Conceptual change and physics instruction: A longitudinal study. (ERIC Document Reproduction Service No. ED320767).
15. The Physics Teacher (American Association of Physics Teachers).
<http://scitation.aip.org/tpt/>
 16. The Why Files (University of Wisconsin).
<http://whyfiles.org/019olympic/index.php?g=2.txt>
 17. Wu, Y. and Tsai, C. (2005) Effects of constructivist oriented instruction on elementary school students' cognitive structures · Journal of Biological Education (2005) 39(3) p113-119.
 18. White, R. & Gunstone, R. F. (1992). Prediction – observation - explanation. In White, R. & Gunstone, R. (Eds), Probing Understanding (pp.44-64). London : The Falmer Press.