

# 教育部 103 年度中小學科學教育計畫專案 期中報告大綱

計畫編號：025

計畫名稱：

以問題導向學習模式(PBL)進行學生假日科學營隊活動之設計

主持人：蔡明致

執行單位：臺中市立居仁國民中學

## 壹、計畫目的及內容：

### 一、背景：

許多有關 Science-Technology-Society(STS)的研究,都重視培養學生處理及解決問題的能力(如 Yager & Tamir, 1994)。多數科學教育學者和科學教師皆強調教學應培育學生成為一個獨立思考及問題解決者;但是,我們對目前學生的問題解決能力的養成課程卻相當有限,因此發展問題解決的教學課程,並針對學生的問題解決能力與特質,使問題解決的教學設計符合學生的特性,才能有效提昇其能力。

問題導向學習(Problem-based learning)係指教師在教學過程中,以實務問題為核心,鼓勵學生進行小組討論,以培養學生主動學習、批判思考和問題解決能力。問題導向學習,植基於建構主義的觀點(constructivist view),認為學習是在社會環境中建構知識的過程,而不是獲取知識。Barrows(1996)曾將問題導向學習的方法應用在醫學院的學生訓練方面,對於培養學生實際問題解決能力,效果相當顯著。問題導向學習是一種挑戰學生「學會學習」(learning to learn)的教學活動。學生在小組中共同找尋真實世界問題的解決方案,更重要的是發展學生成為自我引導學習者的能力。因此,問題導向學習的目標是能力的學習,優點可以歸納如下:(張俊彥及翁玉華, 2000)

(一)激起學生學習動機:學生從活動中有參與感和成就感

(二)培養高層次思考能力:從缺乏結構的問題中,透過討論可激發學生批判和創造思考能力

(三)強化學生後設認知能力:學生從界定問題、蒐集資訊、分析資料、建立假設、比較不同解決策略過程中,可以訓練學生不斷反思學習能力;

(四)真實情境運用:學生從學習活動中所習得能力,有助於其未來實際情境的應用。

本次研究擬藉由教師團隊的指導經驗,在學校正式課程之外,安排課餘時間之專題研究活動,藉由真實的開放性科學探究課程,提供學生體驗問題導向學習歷程的機會。教師團隊亦可藉此機會設計適合國中生的學習鷹架與教學模組,以期培養學生主動探索與研究、表達溝通與分享、獨立思考與解決問題、提升規劃組織與實踐等能力。

### 二、研究內容

(一)以創造性問題解決模式規劃學生探究學習的階段活動：

針對專題研究教學課程的規劃,本研究以 Parnes (1977)所提出的「創造性問題解決模式」(Creative Problem Solving, CPS)的解題歷程「發現事實→發現問題→提出想法→尋求解答→尋求接受」規劃下列六項問題解決歷程的共同步驟,藉以發展教學模組,教學步驟包括:

1. 「尋找目標」階段:先進行各方面的探索,進而接受各方面的挑戰以確認變因。
2. 「發現事實」階段:先測試各種因素及蒐集數據,進而確認及分析最重要的數據。
3. 「發現問題」階段:先確認可能的因與果,進而確認可從事研究的問題。
4. 「尋求點子」階段:先列出所有因果關係,進而選擇待進一步檢驗的想法。

5. 「尋求解決方案」階段：先尋求各項的評估規準，進而選定最終的評估規準。
6. 「尋求可行的方案」階段：先確認可行的步驟，進而以及計畫、分工及時程的確認等。以此模式協助教師輔導學生發展研究專題。如下表一：

表1. CPS的問題解決模式

探索時期 (divergent phase)	CPS 階段性任務	評估時期 (evaluative phase)
各方面的探索	尋找目標 (Object finding)	接受挑戰、確認變因
測試各種因素及蒐集數據	發現事實 (fact finding)	確認及分析最重要的數據
確認可能的因與果	發現問題 (problem finding)	確認可從事研究的問題
列出所有因果關係	尋求點子 (idea finding)	選擇待進一步檢驗的想法
尋求各項的評估規準	尋求解決方案 (solution finding)	選定最終的評估規準
確認可行的步驟	尋求可行的方案 (acceptance finding)	計畫、分工及時程的確認

(節錄自：湯偉君、邱美虹，1999)

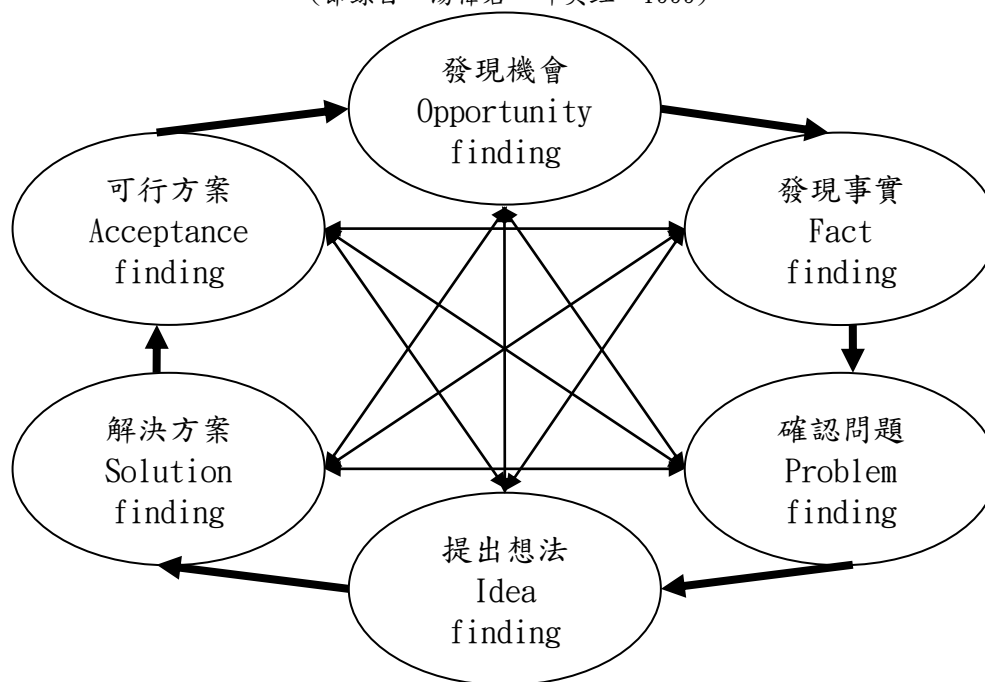


圖1、CPS model

(改繪自 Roger von Oech 繪製的 CPS 模式)

(二)以認知學徒制協助 PBL 的實施：

蔡易芷(2005)指出，認知學徒制乃指在真實的社會情境下，經由專家的示範、教導、講解、支持，以引領新手學習，而新手則藉由觀察、模仿、反思，主動建構其知識，終而學得複雜的技能。「認知學徒制」的學習策略循環，乃是在真實的社會情境下，藉由傳統學徒制：示範、鷹架、撤除、指導的學習策略，專家透過思維展現的方式進行示範、講解，而後給予新手支持、引領，幫助新手學習所需的能力，再經由「闡明」、「觀察與反思」、「探究與解決問題」的認知學徒制的建構，使得新手在學習的過程中，透過觀察、闡明、省思、探究的過

程建構學習其認知與技能，並習得解決問題的能力。

因此本研究依據 Kolb(1976)發展的經驗學習模式，規劃訓練的重點包括：具體經驗、結構性反思、概念化、實驗以及新經驗提供持續的發展與積累，建構師傅徒弟傳承的經驗學習模式。訓練的五個重點如圖 1. 所示，說明如下：

1. **具體經驗**：運用長期進行探究活動的學長群所蒐集的大量可用、有用的材料，成為主題式的知識資料庫。並由學弟依照個人興趣選擇主題，參與學長的探究活動。
2. **結構性反思**：在探研究生手學弟開始學習的階段，以學長的探究活動為任務去引起動機，藉以引導學習者瞭解探究活動的知識規則，從而建立鷹架結構的認知系統—陳述性知識、程序性知識、策略性知識、後設認知知識，協助學習者發展新的探究主題活動。由此階段開始循序進入 CPS 問題解決模式的各個階段鷹架活動，進行結構性的反思。
3. **概念化**：根據學生蒐集到的相關文獻資料，教導學生運用心智工具(九宮格的曼陀羅圖)分析主題的組成成分，進行探究方法的分析與評鑑。
4. **實驗**：藉由探究方法獲得結果，並針對評鑑結果加以修正，幫助學習者有意識地創造問題解決方法。
5. **新經驗**：經由探究活動的參與，使學習者獲得學習科學的認知工具，統整知識，形成通則，建立有效學習與使用知識的程序。

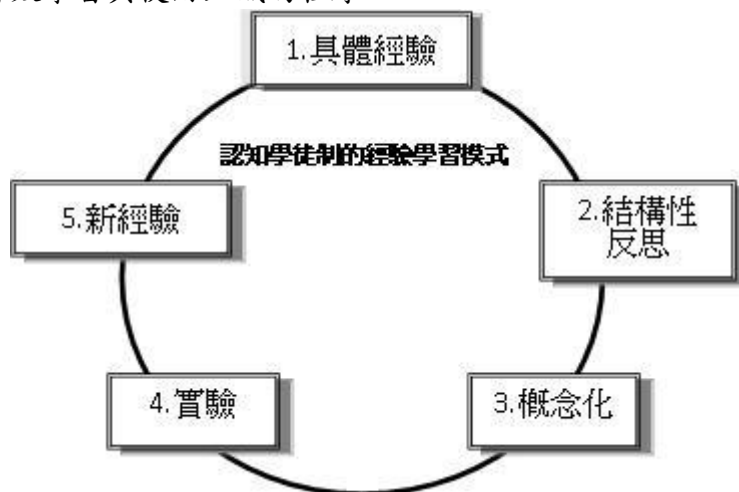


圖 2. 認知學徒制的經驗學習模式建構圖 (陳木金, 2009)

(三)以心智工具--九宮格曼陀羅圖協助探究活動的實施：

心智工具是學生的智能夥伴(Intellectual partner)學生利用心智工具來獲得知識、組織知識和建構個人的知識體系(Jonassen, 1996)。心智工具是一種概念，可培養學生高層次的批判思考、創造思考與問題解決的能力，亦可促進學後保留與學習遷移。其中「曼陀羅思考法」是日本學者今泉浩晃博士發現張曼陀羅圖裡潛藏九宮格圖形，進而有系統地發展出「曼陀羅思考法」，並指出曼陀羅是個以網狀組織(Network)所造就的世界，脫離以往直線思考的束縛，而涵蓋一切空間，自然形成一個「視覺世界」(黎珈伶, 2009)。曼陀羅圖潛藏的智慧圖形就是「九宮格」，不過，在應用上卻有兩種不同的思考模式，一是向外放射的「放射性思考」(如圖 3.)，另一種是像陀螺般旋轉的「螺旋狀思考」(如圖 4.)，兩種模式的用法並不相同(今泉浩晃, 1999；黎珈伶, 2009)。以下分別以說明：

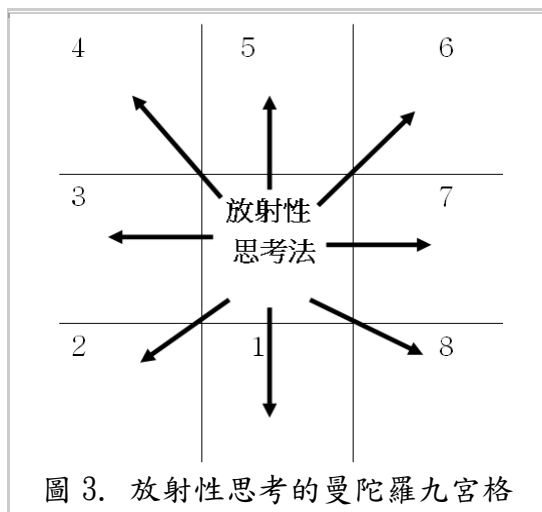


圖 3. 放射性思考的曼陀羅九宮格

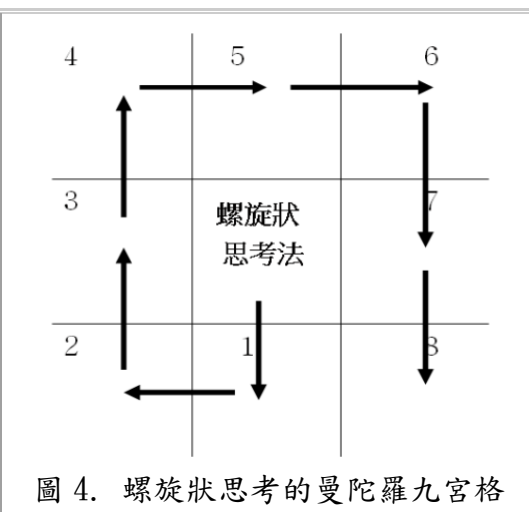


圖 4. 螺旋狀思考的曼陀羅九宮格

### 1. 「放射性思考」的曼陀羅思考法

「放射性思考法」所轉化出的思考方式（詳如圖 3），其潛藏的九宮格智慧圖形與由一而八，由八而六十四放射思考，可激盪出無限創意，是一種可以活用在多功能用途的擴散性思考策略。陳秀娟(2007)指出：教學設計是以九宮格為主線，意在運用強迫思考法，讓學生擴大思維，深化思維。其經由曼陀羅思考法的訓練，學生的思考力由「點」至「線」，由「線」至「面」，獲得擴展提升。可使學生對研究問題的變因掌握不但越來越精確，因果關係的漸次提升，作品正確度也逐步提高。

### 2. 「螺旋狀思考」的曼陀羅思考法

「螺旋狀思考曼陀羅思考法」所轉化出的思考方式（詳如圖 4），大多用在有前因與後果的發展關係上（由格子 1 發展到格子 8 的過程），或者是有關做事的方法步驟、事情的發生順序，以順時鐘方向推進思考，在獲得結論前需經過七個步驟。例如，今泉浩晃(1999)利用螺旋狀思考曼陀羅思考法介紹如何訂定一週計畫行程表，先過濾該週必須完成的事情、工作、乃至約會找出最重要者作為曼陀羅中心，接著仍然以順時鐘方向將七天行程逐一填入。記錄時，應注意文句需儘量簡捷。八個格子對一週七天，最後一定會剩下一格，可做附註使用。如此一來，設計行程表就像企業界擬定戰略一般，將自己的一週的行動計畫記在曼陀羅備忘錄，即可大致看出能完成和無法完成的各別是些什麼，而一週的節奏可以掌握。將一週的行程管理好，則一週的成功就能在自己的掌握之中。這種螺旋狀曼陀羅思考法則，有助於思考的擴展與歸納，因此若想在開會場所舉手發言表示個人意見，事前亦可以利用作為自己的發言內容做整理歸納的工作。

## 三、研究目的：

- (一)以心智工具協助學生進行 PBL 對科學寫作的學習成效如何？
- (二)以社群發展研究專題模式對學生的問題解決能力影響如何？

## 貳、研究方法及步驟：

- 一、組織教師團隊，以發明展主題進行 pilot study，練習「曼陀羅九宮格」概念分析法。
- 二、研究流程：

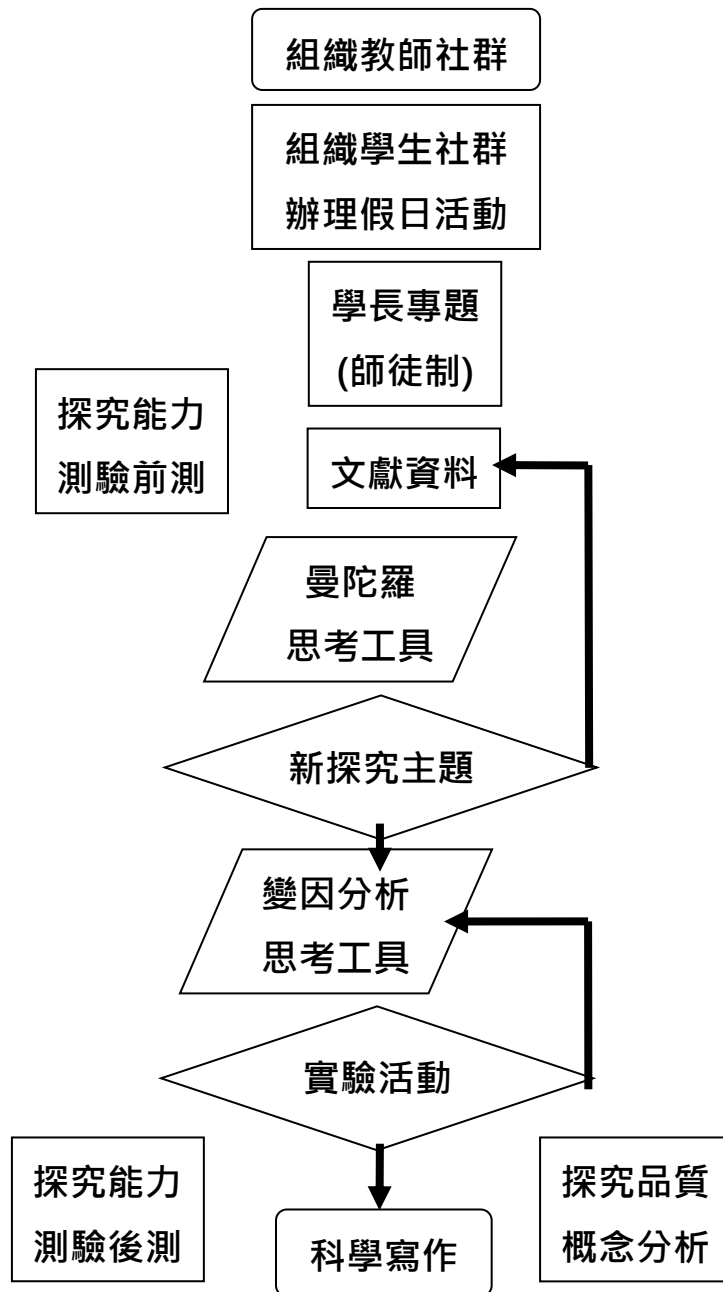


圖 5. 研究設計流程圖

### 三、學習成果評量方式：

- (一) 評估學生「科學探究品質」的表現情形：以「曼陀羅九宮格」概念分析，評估學生概念構圖的複雜程度，進行探究品質的評估。
- (二) 評估學生「問題解決能力」的提升情形：以張俊彥及翁玉華(2000)「科學過程技能測驗－觀察、解釋資料及形成假設測驗」進行前後測，評估專題研究過程，學生問題解決能力的提升情形。

## 參、目前研究成果：

### 一、發明展主題：

編號	頭巾飲料袋	吸塵拖把	折疊式暖暖帽	扶手梯
1.	自動馬桶刷	密閉老鼠籠	電扇桌燈	膠帶尺
2.	摺疊鎖匙	捲衣架	吸塵器芳香噴霧器	噴霧帽
3.	電玩安全帽	捲軸黑板	遙控水族箱清理車	兒童手鍊湯匙
4.	轉換式便池	雨傘曬衣架	吸附式磁力刀架	簡便型絞肉機
5.	卡式筆	手套方向燈	汽車頂噴霧降溫器	磁性料理罐
6.	眼罩帽、充水式車罩	抽屜便當盒	沐浴乳泡泡蓮蓬頭	電動助行器
7.	環保衛生紙捲盒	抽取衛生紙止出筒	鍋鏟勺	兩用油瓶蓋
8.	軌道燈	皮帶碗帳	螢光馬桶座	背包燈
9.	噴霧陽傘	環保肥皂回收盒	多功能遙控車架	折疊式果汁機
10.	軌道櫃	水箱水壺	L 型書架櫃	環保萬用杯蓋
11.	螺旋刀架	抹布擰乾器	跑酷音響鞋	牙膏擠壓瓶
12.	牙縫刷 燈	發音尋物扣	三合一滑鼠墊	馬桶兒童坐墊
13.	磁鐵式洋傘	防水安全帽套雨衣	穿鞋輔助椅	溫度顯示蓮蓬頭
14.	鍋鏟刀鞘	皮帶方向燈	掌背型手機套	菜瓜布砂輪洗碗機
15.	擠油瓶	皮帶延長線	吸塵垃圾桶	伸縮筆盒
16.	捲軸型眼鏡布	環保陽傘包、口罩扇	兒童腳踏車吸塵器	不倒翁湯匙筷子架
17.	噴霧拖把	口紅牙膏管	搖桿式蓮蓬頭	折疊式數字鐘
18.	水族生命吸管	寶特瓶灑水器	滾筒式垃圾桶	伸縮畚斗
19.	拼圖式鍋內鍋	磁鐵封口夾	洗襪板	窗簾衣架
20.	透明長袖泳衣	抹布擰水刷	推拉式垃圾桶	浮標溫度計
21.	觸控鏡架筆	抽風鏡櫥	鍵盤書套	伸縮式雨罩書包
22.	固定式鏡面除水器	變心	牙刷杯	洗頭不求人
23.	轉學	陽傘吊衣架	每日收衣袋	手套洗衣刷
24.	摺疊鍵盤	摺疊柄廚餘桶	紙鞋櫃	衛生頭罩
25.	空氣淨化機	兩用燙衣板凳	自來也沐浴乳	電動刷
26.	螢幕椅	蛙鏡帽	噴霧梳、護髮梳	關門盒
27.	茶機	吸水水壺袋	窗簾軌道夾	磁性手機夾鏈袋
28.	花架翹翹板	排水孔防蟲網	錄影答錄門鈴	灑水施肥器
29.	夾鏈袋資料夾	磁鐵蚊帳	扁平式吸塵捲管	伸縮掃把

### 二、科學探究主題：

編號 組員

主題

一、 王宥翔李軒騰高遠哲

稻草各節的枯草桿菌含量與特性

二、 彭顥頤葉上優陳映汝

環保甲醛吸附膜的研究

三、 王至誠吳佑禎陳炯

昆蟲吃下枯草桿菌的反應

- 四、蕭亦呈林晉毅陳俊曜 咖啡因對斑馬魚活動力影響
- 五、許捷宜柯品卉 人面蜘蛛結網結構對訊號阻隔的影響
- 六、賴以芸羅子芩 苯蒸氣的吸附與清除
- 七、劉芷辰林芸張絲喻 鼻涕蟲對水中重金屬的吸附
- 八、黃千宸吳亦萱蔣祖兒 菇類抗氧化力的探討

九、	郭芸彤	奈米磁性幾丁聚醣複合材料處理重金屬廢水之研究
十、	邵毓仁	金屬離子對發光蛋白之影響
十一、	陳冠臻	電漿球印刷技術
十二、	張煒婷	以運動生物力學分析公車上最佳站姿之研究
十三、	陳信宏	AIE 於細胞中衰變與代謝之研究
十四、	劉庭軒	AIE 於細胞立體影像攝影之研究
十五、	張巧欣	台灣欒樹萃取物對抑制癌症細胞機轉之研究
十六、	王晨祐	肌電訊號協助殘障者功能性增強輔具之設計
十七、	梁家愷	颱風外圍條件對侵台路徑的影響
十八、	楊晏承	木黴菌對稻草廢棄物生質酒精之研究
十九、	陳則叡發	泡性材料應用非彈性碰撞消音技術之研究
二十、	趙宇翔	飛彈攻擊機場跑道損壞評估

三、辦理假日學生科學營隊與成立學生科學探究社群平台：






肆、目前及預定完成進度

月份	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
組織教師社群進行文獻研討	◆	◆	◆	◆	◆	◎	◎	◎				
辦理教師研習		◆					◎					

「問題解決能力」測驗			◆						◎			
辦理假日科學營隊教學活動		◆	◆	◆	◆	◎	◎	◎	◎			◎
「曼陀羅九宮格」寫作成效評估		◆		◆		◎		◎		◎		
撰寫研究報告		◆		◆	◆					◎	◎	◎

◆已辦理(50%) ◎計畫辦理(50%)

## 伍、參考資料

陳木金(1995)。教與學的另一種原理—認知學徒制。教育研究，v. 45，p. 45-52。

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。v223，p. 2-22。

張俊彥、翁玉華(2000)。我國高一學生的問題解決能力與其科學過程技能之相關性研究。科學教育學刊，第八卷第一期，p. 35-55。

陳木金(2001)。學校本位的課程統整與主題教學。台北市：揚智文化。

吳耀明(2005)。問題本位學習在國小自然科之應用，新竹教育大學學報，21期:p. 35~73。

蔡易芷(2005)。國民中小學師傅校長教導課程對校長專業能力之影響研究：以認知學徒制理論為觀點。台北：國立政治大學教育學系碩士論文。2014年11月12日擷自

<http://nccur.lib.nccu.edu.tw/handle/140.119/33063>

林建睿(2006)。曼荼羅思考法個案創意聯想學習成效之研究以『資策會數位教育研究所之曼荼羅思考法應用課程』為例。元智大學資訊管理學系碩士論文。2014年11月12日擷自

<http://ctld.nccu.edu.tw/ctld/?p=4797>

陳秀娟(2007)。曼陀羅思考法在國小六年級國語文修辭教學之應用。國立臺北教育大學語文與創作學系語文教學碩士班碩士論文。

陳木金(2009)。認知學徒制理論對精進教師教學傳習的啟示。國立政治大學教學發展中心電子報第26期。2014年11月12日擷自

<http://nccuir.lib.nccu.edu.tw/handle/140.119/38144>

陳木金、黎珈伶(2014)。曼陀羅思考法對精進學習策略的啟示。國立政治大學教學發展中心電子報。2014年11月12日擷自 <http://ctld.nccu.edu.tw/ctld/?p=4797>。

科學教育學刊，第八卷，第一期，P. 35-55。

<http://nccur.lib.nccu.edu.tw/handle/140.119/33063>

Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Direction for Teaching and Learning*, 68, 3-12.

Baer, J. (1997) *Creative teachers, creative students*. Boston: Allyn and Bacon.

Parnes, S. J. (1977). CPS I: The general system. *The Journal of Creative Behavior*, v. 11, p. 1-11.

Yager, R. E., & Tamir, P. (1994). STS approach: Reason, intentions, accomplishments, and outcomes. *Science Education*, 77, 637-658.

Roger von Oech, CPS, 2014年11月12日擷自

[http://www.1000ventures.com/business\\_guide/crosscuttings/cps\\_6steps\\_rvo.html](http://www.1000ventures.com/business_guide/crosscuttings/cps_6steps_rvo.html)