

教育部 104 學年度 中小學科學教育專案計畫 成果報告書



計畫編號：25

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：台中市立居仁國民中學

目 錄

壹、 計畫目的與內容.....	2
貳、 研究方法與步驟.....	7
參、 研究發現與討論.....	8
肆、 結論與建議	22

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)

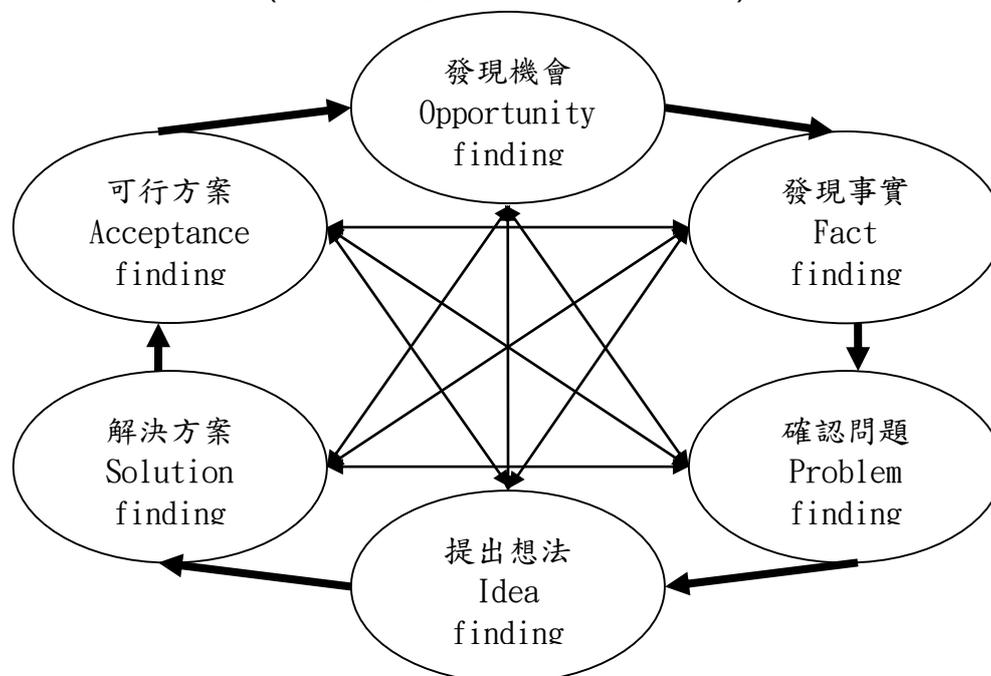


圖1、CPS model

(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。

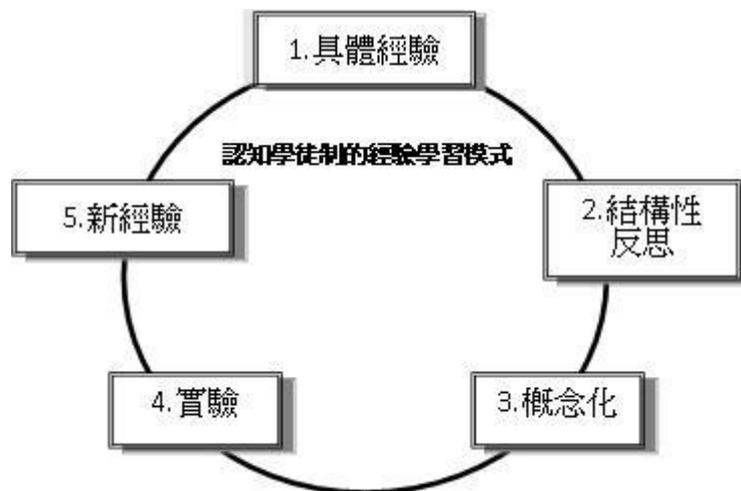


圖 2. 認知學徒制的經驗學習模式建構圖 (陳木金，2009)

(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：

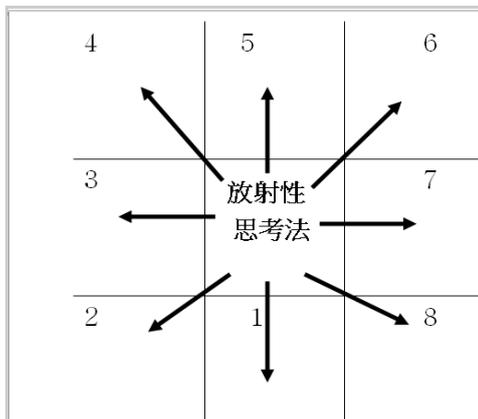


圖 3. 放射性思考的曼陀羅九宮格

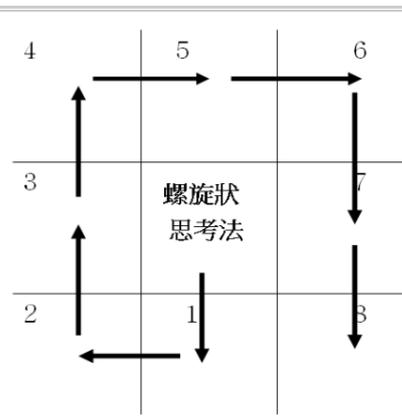


圖 4. 螺旋狀思考的曼陀羅九宮格

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 PBL 專題研究模式對學生的問題解決能力影響如何？

(二) 以心智工具協助學生進行 PBL 對科學學習成效影響如何？

貳、 研究方法及步驟：

一、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：

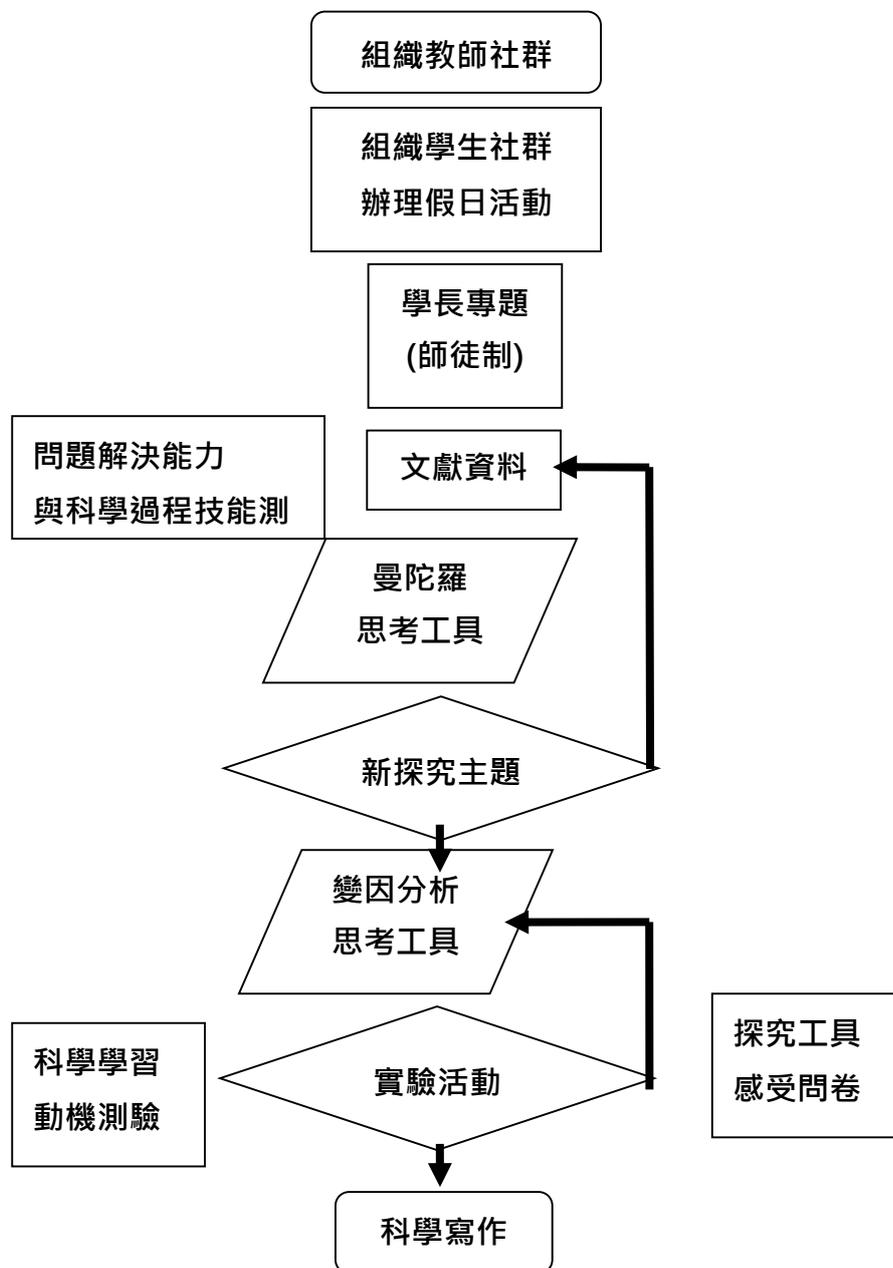


圖 5. 研究設計流程圖

三、學習成果評估方式：

(一)評估「PBL專題研究模式」對學生「科學學習動機」的影響情形：以段曉林等(2005)「科學學習動機問卷」評估學生「科學學習動機」，分析「PBL專題研究模式」對探究學習動機的影響情形。

(二)評估學生對「心智工具」在探究歷程的「工具性」感受：以問卷評估學生對「心智工具」在科學探究歷程的「工具性」感受。

參、 研究發現與討論：

一、 學生感受問卷調查結果：

(一)以「PBL 專題研究模式」對學生科學學習動機的影響：

1.以段曉林等(2005)「科學學習動機問卷」評估學生「科學學習動機」，分析「科學營隊活動」對探究學習動機的影響情形。

2. 預試以一般班級學生的施測結果進行 Cronbach' s Alpha 信度分析，Cronbach' s Alpha>0.5 刪除 “Alpha if item deleted ”>Alpha 的項目，完成正式問卷。

3.科展組與一般科學探究學生的施測結果進行獨立樣本 t 檢定，分析科學學習動機的差異

(1)自我效能 (SE) 獨立樣本 T 檢定分析

問題
1.不論內容簡單或困難，我都有把握能學會。
2.我對較難的觀念沒有把握學會 (負向題)。
4.不管我多努力也沒有把握學好 (負向題)。
5.在科展活動中所進行的活動有點難時，我不是放棄就是只做簡單的部分 (負向題)。
6.在進行科學活動時，我喜歡直接問別人而不是自己想出答案 (負向題)。
7.對於較難的內容，我會跳過不碰它 (負向題)。

組別	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
效能1 科展	27	3.81	1.04	.20
效能1 一般	33	3.79	.89	.16
效能2 科展	27	3.41	1.12	.22
效能2 一般	33	3.48	1.23	.21
效能3 科展	27	3.74	1.10	.21
效能3 一般	33	3.85	.94	.16
效能4 科展	27	4.26	.86	.17
效能4 一般	33	4.00	.94	.16
效能5 科展	27	4.19	.83	.16
效能5 一般	33	4.00	1.03	.18
效能6 科展	27	3.59	1.05	.20
效能6 一般	33	3.88	.86	.15
效能7 科展	27	3.74	1.06	.20
效能7 一般	33	4.12	.93	.16

	獨立樣本檢定								
	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定						
	F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性(雙尾)	平均差異	標準誤差異	差異的 95% 信賴區間	
								下界	上界
效能1 假設變異數相等	.231	.633	.108	58	.914	2.69E-02	.25	-.47	.53
效能1 不假設變異數相等			.106	51603	.916	2.69E-02	.25	-.48	.54
效能2 假設變異數相等	.736	.394	-.253	58	.801	-7.74E-02	.31	-.69	.54
效能2 不假設變異數相等			-.255	57294	.799	-7.74E-02	.30	-.68	.53
效能3 假設變異數相等	.563	.456	-.410	58	.683	-.11	.26	-.63	.42
效能3 不假設變異數相等			-.404	51549	.688	-.11	.27	-.64	.43
效能4 假設變異數相等	.100	.753	1.308	58	.273	.26	.23	-.21	.73
效能4 不假設變異數相等			1.117	57187	.260	.26	.23	-.21	.72
效能5 假設變異數相等	.152	.698	.753	58	.454	.19	.25	-.31	.68
效能5 不假設變異數相等			.769	57996	.445	.19	.24	-.30	.67
效能6 假設變異數相等	3.058	.086	-1.164	58	.249	-.29	.25	-.78	.21
效能6 不假設變異數相等			-1.141	50088	.259	-.29	.25	-.79	.22
效能7 假設變異數相等	1.525	.222	-1.483	58	.144	-.38	.26	-.89	.13
效能7 不假設變異數相等			-1.463	52157	.149	-.38	.26	-.90	.14

由獨立樣本 T 檢定的結果未達顯著差異可知：學生的探究學習效能，不受探究活動的困難成度的影響。

單一樣本統計量

	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
效能1	60	3.80	.95	.12
效能2	60	3.45	1.17	.15
效能3	60	3.80	1.01	.13
效能4	60	4.12	.90	.12
效能5	60	4.08	.94	.12
效能6	60	3.75	.95	.12
效能7	60	3.95	1.00	.13

單一樣本檢定

	檢定值 = 4					
	t	自由度	顯著性(雙尾)	平均差異	差異的 95% 信賴區間	
					下界	上界
效能1	-1.625	59	.109	-.20	-.45	4.62E-02
效能2	-3.639	59	.001	-.55	-.85	.25
效能3	-1.541	59	.129	-.20	-.46	5.96E-02
效能4	1.000	59	.321	.12	-.12	.35
效能5	.684	59	.497	8.33E-02	-.16	.33
效能6	-2.038	59	.046	-.25	-.50	4.58E-03
效能7	-.388	59	.700	-5.00E-02	-.31	.21

由單一樣本 T 檢定發現學生對於效能 2.及效能 6.兩項的感受顯著低於檢定值(4，同意)，

顯示學生們對較難的觀念以及在進行科學活動遭遇困難時會希望獲得較多的協助。

(2) 主動學習策略 (ALS) 獨立樣本 T 檢定分析

組別	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定						
					F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異	差異的 95% 信賴區間	
											下界	上界	
主動1 科展	27	4.41	.50	9.64E-02	1.720	.195	1.912	58	.061	.38	.20	-1.76E-02	.77
主動2 科展	27	4.48	.51	9.80E-02	4.399	.040	2.101	58	.090	.45	.21	2.14E-02	.88
主動3 科展	27	4.30	.54	.10	2.002	.162	1.273	58	.208	.24	.19	-.13	.61
主動4 科展	27	4.48	.51	9.80E-02	.264	.610	2.271	58	.027	.39	.17	4.64E-02	.73
主動5 科展	27	4.30	.72	.14	.019	.890	1.381	58	.172	.30	.21	-.13	.79
主動6 科展	27	4.41	.57	.11	.180	.673	2.491	58	.016	.47	.19	9.20E-02	.84
主動7 科展	27	4.41	.50	9.64E-02	.578	.450	2.507	58	.015	.38	.15	7.60E-02	.68
主動8 科展	27	4.26	.71	.14	1.464	.281	1.741	58	.087	.32	.18	-4.78E-02	.69

由獨立樣本 T 檢定發現科展探究活動的主動學習策略 2.4.6.7.四項，相較於學生對一般科學探究活動的感受上達顯著差異。也就是參與科展活動的學生在學習策略(經驗聯結及討論幫助理解)及學習動機上(了解錯的原因及試著弄懂觀念)都比較積極。

(3) 科學學習價值 (SLV) 獨立樣本 T 檢定分析

組別	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定						
					F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異	差異的 95% 信賴區間	
											下界	上界	
價值1 科展	27	4.22	.97	.19	.361	.550	1.671	58	.100	.43	.26	-8.59E-02	.95
價值2 科展	27	4.41	.64	.12	2.548	.116	2.452	58	.017	.53	.22	9.71E-02	.96
價值3 科展	27	4.59	.50	9.64E-02	2.474	.121	3.039	58	.004	.53	.18	.18	.88
價值4 科展	27	4.48	.85	.16	.413	.523	1.592	58	.117	.33	.21	-8.48E-02	.74
價值5 科展	27	4.26	.94	.18	.247	.621	.989	58	.327	.23	.23	-.23	.69
導向1 科展	27	3.07	1.14	.22	.185	.668	-1.677	58	.099	-.47	.28	-1.03	9.12E-02
導向2 科展	27	3.37	1.33	.26	1.247	.269	-.260	58	.796	-8.42E-02	.32	-.73	.56
導向3 科展	27	3.74	.98	.19	1.240	.270	-.059	58	.953	-1.68E-02	.28	-.58	.55
導向4 科展	27	3.19	1.33	.26	3.830	.055	-1.502	58	.139	-.45	.30	-1.05	.15

由獨立樣本 T 檢定發現科展探究活動的科學學習價值 2.3.兩項，相較於學生對一般科學探究活動的感受上達顯著差異。參與科展的學生認為科學的價值在於促進思考及學習解決問題的方法。

(4)成就目標 (AG) 獨立樣本 T 檢定分析

組別	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
成就1 科展	27	3.56	1.05	.20
一般	33	3.45	1.00	.17
成就2 科展	27	4.52	.58	.11
一般	33	3.82	.85	.15
成就3 科展	27	4.41	.64	.12
一般	33	4.09	.84	.15
成就4 科展	27	4.15	.66	.13
一般	33	3.91	.91	.16
成就5 科展	27	3.96	.81	.16
一般	33	3.97	.81	.14

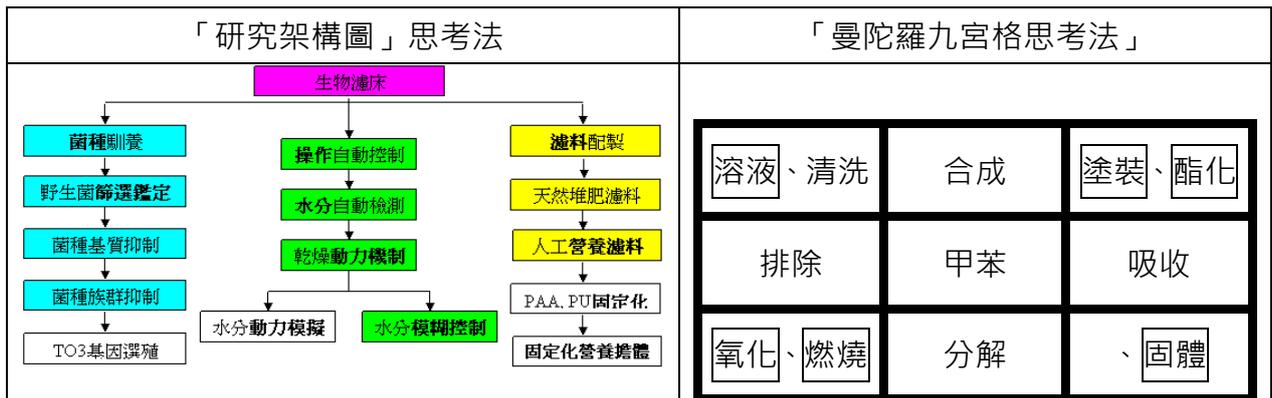
獨立樣本檢定

	異數相等的 Levene 定		平均數相等的 t 檢定							
	F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異	下界	上界	異的 95% 信賴區間
成就1 假設變異數相等	.027	.869	.380	58	.705	.10	.27	-.43	.63	
不假設變異數相等			.378	54.586	.707	.10	.27	-.43	.64	
成就2 假設變異數相等	.511	.477	3.653	58	.001	.70	.19	.32	1.08	
不假設變異數相等			3.790	56.405	.000	.70	.18	.33	1.07	
成就3 假設變異數相等	2.427	.125	1.611	58	.115	.32	.20	1.68E-02	.71	
不假設變異數相等			1.656	57.666	.103	.32	.19	1.60E-02	.70	
成就4 假設變異數相等	5.622	.021	1.136	58	.261	.24	.21	-.18	.66	
不假設變異數相等			1.173	57.241	.246	.24	.20	-.17	.65	
成就5 假設變異數相等	.301	.585	-.032	58	.975	5.73E-03	.21	-.43	.41	
不假設變異數相等			-.032	55.719	.975	5.73E-03	.21	-.43	.41	

由獨立樣本 T 檢定顯示：科展探究活動的成就目標 2.(在學習科學時，我覺得最有成就感的時候是，當我對主題越做越有自信時)，相較於學生對一般科學探究活動的感受上達顯著差異。

(二)以心智工具協助學生進行 PBL 科學學習的成效：

1.學生對「心智工具」的引導程度。



問題
第1 題：「研究架構圖」可以協助我學會我想探討的主題內容。
第2 題：「研究架構圖」可以協助我學會較難的科展主題觀念。
第3 題：我沒有信心「研究架構圖」可以協助我學會我想探討的主題內容。
第4 題：我沒有信心「研究架構圖」可以協助我學會較難的探究主題內容。
第5 題：在所進行的科展活動有困難時，我會藉「研究架構圖」重新思考問題解決方式。
第6 題：在進行活動時，我喜歡直接問別人而不是自己畫「研究架構圖」想答案。
第7 題：閱讀研究報告時對於「研究架構圖」，我會跳過不碰它。

單一樣本統計量					單一樣本檢定						
	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤	檢定值=3						
					t	自由度	顯著性(雙尾)	平均差異	差異的95%信賴區間		
									下界	上界	
理解S1	30	4.67	.48	8.75E-02	19.039	29	.000	1.67	1.49	1.85	
理解S2	30	4.27	.58	.11	11.894	29	.000	1.27	1.05	1.48	
理解S3	30	1.77	.73	.13	-9.280	29	.000	-1.23	-1.51	-.96	
理解S4	30	1.77	.63	.11	-10.790	29	.000	-1.23	-1.47	-1.00	
理解S5	30	3.83	1.02	.19	4.475	29	.000	.83	.45	1.21	
理解S6	30	2.50	.94	.17	-2.921	29	.007	-.50	-.85	-.15	
理解S7	30	1.73	.78	.14	-8.839	29	.000	-1.27	-1.56	-.97	

由統計檢定結果可知：「研究架構圖」對於學生探究歷程的認知、理解及發展方向上是有幫助的。

問題
第1 題：「曼陀羅九宮格」可以協助我想出探究問題發展方向。
第2 題：「曼陀羅九宮格」可以協助我找出較難的探究問題發展方向。
第3 題：我沒有信心「曼陀羅九宮格」可以協助我學會我想探討的探究問題發展方向。
第4 題：我沒有信心「曼陀羅九宮格」可以協助我找出較難的探究問題發展方向。
第5 題：在所進行的科展活動有困難時，我會藉「曼陀羅九宮格」重新思考問題解決探究問題的發展方向。
第6 題：在進行科展活動時，我喜歡直接問別人發展方向，而不是自己畫「曼陀羅九宮格」想探究問題的發展方向。
第7 題：閱讀研究報告進行問題發展方向分析時，我比較喜歡以「研究架構圖」進行分析。
第8 題：閱讀研究報告進行問題發展方向分析時，我比較喜歡以「曼陀羅九宮格法」進行分析。

單一樣本統計量					單一樣本檢定						
	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤	檢定值=3						
					t	自由度	顯著性(雙尾)	平均差異	差異的95%信賴區間		
									下界	上界	
理解M1	30	4.13	.57	.10	10.865	29	.000	1.13	.92	1.35	
理解M2	30	4.13	.73	.13	8.500	29	.000	1.13	.86	1.41	
理解M3	30	2.13	.97	.18	-4.878	29	.000	-.87	-1.23	-.50	
理解M4	30	2.00	.95	.17	-5.785	29	.000	-1.00	-1.35	-.65	
理解M5	30	3.67	.96	.18	3.808	29	.001	.67	.31	1.02	
理解M6	30	2.53	1.01	.18	-2.536	29	.017	-.47	-.84	-.903E-02	
理解M7	30	4.13	.82	.15	7.577	29	.000	1.13	.83	1.44	
理解M8	30	3.13	.82	.15	.891	29	.380	.13	-.17	.44	

由統計檢定結果可知：「曼陀羅九宮格法」對於學生探究歷程的認知、理解及發展方向上是有幫助的。不過在分析問題發展方向時，學生顯著偏好以「研究架構圖」進行分析。因此，再以成對樣本檢定學生對這兩種心智工具的感受差異，結果顯示：學生對於「曼陀羅九宮格法」的使用在協助「探究問題發展方向」上的幫助比較沒有信心。

成對樣本統計量

		平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
成對1	理解S1	4.67	30	.48	8.75E-02
	理解M1	4.13	30	.57	.10
成對2	理解S2	4.27	30	.58	.11
	理解M2	4.13	30	.73	.13
成對3	理解S3	1.77	30	.73	.13
	理解M3	2.13	30	.97	.18
成對4	理解S4	1.77	30	.63	.11
	理解M4	2.00	30	.95	.17
成對5	理解S5	3.83	30	1.02	.19
	理解M5	3.67	30	.96	.18
成對6	理解S6	2.50	30	.94	.17
	理解M6	2.53	30	1.01	.18

成對樣本相關

		個數	相關	顯著性
成對1	理解S1 和理解M1	30	.168	.375
成對2	理解S2 和理解M2	30	-.005	.977
成對3	理解S3 和理解M3	30	.435	.016
成對4	理解S4 和理解M4	30	.582	.001
成對5	理解S5 和理解M5	30	.576	.001
成對6	理解S6 和理解M6	30	.511	.004

成對樣本檢定

		成對變數差異					t	自由度	顯著性(雙尾)
		平均數	標準差	平均數的標準誤	差異的95% 信賴區間				
					下界	上界			
成對1	理解S1 - 理解M1	.53	.68	.12	.28	.79	4.287	29	.000
成對2	理解S2 - 理解M2	.13	.94	.17	-.22	.48	.779	29	.442
成對3	理解S3 - 理解M3	-.37	.93	.17	-.71	-2.02E-02	-2.164	29	.039
成對4	理解S4 - 理解M4	-.23	.77	.14	-.52	5.56E-02	-1.651	29	.109
成對5	理解S5 - 理解M5	.17	.91	.17	-.17	.51	1.000	29	.326
成對6	理解S6 - 理解M6	-3.33E-02	.96	.18	-.39	.33	-.189	29	.851

2. 學生對「心智工具」的引導感受：

問題
1. 我認為「研究架構圖」可以刺激我的思考。
2. 我認為「研究架構圖」可以協助我思考科展主題對於在日常生活中的應用價值。
3. 我認為「研究架構圖」可以協助我思考科展主題的解決方法。
4. 我認為畫「研究架構圖」可以協助我跟他說明科展主題在日常生活中的應用價值。
5. 我認為自己畫「研究架構圖」可以協助我協助我跟他說明在科展主題的解決方法。
6. 我認為畫「曼陀羅九宮格」可以刺激我的思考。
7. 我認為畫「曼陀羅九宮格」可以協助我思考科展主題在日常生活中的應用價值。
8. 我認為自己畫「曼陀羅九宮格」可以協助我思考在科展主題的解決方法。
9. 我認為畫「曼陀羅九宮格」可協助我跟他說明科展主題在日常生活中的應用價值。
10. 我認為自己畫「曼陀羅九宮格」可協助我協助我跟他說明在科展主題的解決方法。

單一樣本統計量

	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
思考S	30	4.50	.63	.11
應用S	30	4.53	.57	.10
方法S	30	4.43	.50	9.20E-02
思考M	30	3.73	.83	.15
應用M	30	3.77	.90	.16
方法M	30	3.77	.94	.17
應用SM	30	3.97	.93	.17
方法SM	30	3.77	1.01	.18
價值SS	30	4.53	.51	9.26E-02
方法SS	30	4.50	.63	.11
價值MS	30	3.60	.86	.16
方法MS	30	3.57	.94	.17
價值SMS	30	4.37	.76	.14
方法SMS	30	4.07	.87	.16

單一樣本檢定

	檢定值 = 3					
	t	自由度	顯著性(雙尾)	平均差異	差異的95% 信賴區間	
					下界	上界
思考S	13.047	29	.000	1.50	1.26	1.74
應用S	14.699	29	.000	1.53	1.32	1.75
方法S	15.577	29	.000	1.43	1.25	1.62
思考M	4.853	29	.000	.73	.42	1.04
應用M	4.678	29	.000	.77	.43	1.10
方法M	4.490	29	.000	.77	.42	1.12
應用SM	5.706	29	.000	.97	.62	1.31
方法SM	4.173	29	.000	.77	.39	1.14
價值SS	16.551	29	.000	1.53	1.34	1.72
方法SS	13.047	29	.000	1.50	1.26	1.74
價值MS	3.844	29	.001	.60	.28	.92
方法MS	3.319	29	.002	.57	.22	.92
價值SMS	9.786	29	.000	1.37	1.08	1.65
方法SMS	6.728	29	.000	1.07	.74	1.39

由統計檢定結果可知：不論「研究架構圖」及「曼陀羅九宮格」對於學生探究歷程，在刺激思考的認知、理解、解決方法及應用發展方向上都是有幫助的。

二、2015年全國青少年創意發明競賽：

編號	作品	獎項
1.	吸水彩色立可帶	創意獎
2.	螺旋狀黑板擦	創意獎
3.	車窗內刷	潛力獎
4.	組合式彩色雨傘架	潛力獎
5.	搖桿蓮澎	潛力獎
6.	自動灑水施肥機	潛力獎
7.	安全帽防雨收納袋	潛力獎
8.	延長線皮帶	潛力獎
9.	皮帶方向燈	潛力獎
10.	轉換式便	潛力獎

三、科學探究主題：

	主題	獎項
1.	暗「潮」洶湧-以 3D 列印技術，探討洋流發電之研究	台中市科展第一名
2.	分進合擊-分解勾股數	台中市科展第一名
3.	尋「因」就「果」 - 有關咖啡因與果糖對斑馬魚突進次數與游動次數影響之實驗	台中市科展第二名
4.	補網高手 - 人面蜘蛛結網結構對訊號阻隔的影響	台中市科展第三名
5.	帝王相爭之兩蟻的邂逅 - 臺灣家白蟻與格斯特家白蟻相遇後的行為分析	台中市科展第三名
6.	稻草各節的枯草桿菌含量與特性	台中市科展佳作
7.	台灣欒樹萃取液抑制果蠅生長週期之研究	台中市科展佳作
8.	魔笛吸管 - 風管噪音影響因素的分析	台中市科展佳作 青少年科學人才培育計畫
9.	奈米磁性幾丁聚糖複合材料處理重金屬廢水之研究	台中市科展佳作 青少年科學人才培育計畫
10.	以運動生物力學分析公車上最佳站姿之研究	青少年科學人才培育計畫

四、辦理假日學生科學營隊、成立學生科學探究社群平台、夥伴學校研習：



The collage consists of two photographs on the left and a Facebook page screenshot on the right. The top photo shows students working at tables in a science lab. The bottom photo shows a student presenting at a science fair. The Facebook page is for 'Face科學2014' and features a post about the 2014 Science Olympiad (小論文5W曼陀羅思考圖) with a detailed explanation of the 5W1H method.

- 參與夥伴學校研習：國立中科實驗高中、台中市立大墩國中、台中市立東光國小

40.128.56.5



The screenshot shows the website for Taichung Municipal Chu Jen Junior High School. The header features the school's name in Chinese and English, along with a navigation menu. A large banner celebrates the school's success in the 103rd National Science Olympiad, highlighting its first-place win in the design category. The main content area includes a 'Latest News' section with several announcements from June 2015, and a 'School Honors' section listing achievements from 2015. The right sidebar contains a search bar and links to external resources.

肆、 結論與建議

一、 結論：

1. 系統性的圖像工具有助於學生理解與分析探究主題，其中學生們較常使用的是概念圖，因為在繪製過程其階層結構比較方便擴充。
2. 階段性的培訓活動可提升學生的探究學習動機，並培養小組合作學習的氣氛。

二、 建議：

1. 科學探究活動需長期經營，尤其是師資的經驗累積與學生的經驗傳承，因此，區域性的資源整合，將有助於探究活動的永續推展。
2. 系統性的教學模式可協助師生在真實科學複雜情境的探究當中，培訓相關之探究技能，以利發展可行的探究方案。

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

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