
以認知師徒制為基礎之 太陽能教學模組設計與實踐

陳建民¹ 樊琳² 邱美虹³ 李賢哲^{2*}

¹ 國立屏東教育大學 數理教育研究所

² 國立屏東教育大學 化學生物系

³ 國立臺灣師範大學 科學教育研究所

壹、緒論

依九年一貫課程綱要的闡述，自然與生活科技學習領域的教學目的在於提昇學生的科學與科技素養。所謂「素養」在內為知識、見解及概念；在外為能力、技術和態度(教育部，2003)。故自然與生活科技學習領域的教學不能僅限於知識及技能的教學，還要兼顧科學應用的能力及科學態度的學習。邱炳勳(2009)認為目前學校的教學及教科書缺乏真實情境的體驗，使學生僅習得僵化的知識和技能，而無法積極應用所學來解決生活中實際問題。認知師徒制(Cognitive Apprenticeships)是結合情境認知(Situated Cognition)及合理的邊際參與(Legitimate Peripheral Participation)等理念所發展出來的(陳明溥、顏榮泉和林怡君，2002；邱美虹和林秀蓁，2004；Collins, Brown & Newman, 1989；Driscoll, 2005)。

Rogoff(1990)認為認知師徒制是在生活情境中，由教師提供示範及鷹架協助下，學生藉著觀察、練習及省思來主動建構知識和技能的歷程。這種重視專家過程

及情境學習的教學理念，可延伸學習情境，產生學習遷移的效果，正合適解決目前教育上技能上與呆滯知識的問題(邱美虹、劉嘉茹、周金城和梁家祺，1999)。Collins等人(1989)認為認知師徒制的架構如下：

一、教學內容 (Content)：

- (一) 領域的知識(domain knowledge)：特定領域的知識、概念，類似於「陳述性知識」。
- (二) 啟發式策略(heuristic strategies)：解決問題的策略、方法及技巧，類似於「程序性知識」。
- (三) 控制策略(control strategies)：評估及控制問題解決過程的能力類似於Martinez(2006)提出的「後設認知」中問題解決(Problem solving)及批判性思維(Critical thinking)概念。
- (四) 學習策略(learning strategies)：學習各項知識時的策略，類似於 Martinez(2006)提出的「後設認知」中後設記憶及後設理解(Metamemory and metacomprehension) 概念。

* 為本文通訊作者

二、教學方法(Methods)：

- (一) 示範(modeling)：教師藉由示範、說明來闡述概念、技巧，讓學生可透過觀察來學習。
- (二) 訓練(coaching)：教師監控學生學習行為並適時提供協助。
- (三) 鷹架(scaffolding)：教師在學生學習過程中適時提供的協助。
- (四) 闡明(articulation)：教師引導學生發表想法，從中釐清概念。
- (五) 省思(reflection)：教師引導學生回想自己解決問題歷程並和他人作比較，藉此了解缺點，以求改進。
- (六) 探索(exploration)：讓學生有自己解決問題的機會，以習得解決名題的能力。

三、教材安排(Sequence)：

- (一) 由易而難(increasing complexity)。
- (二) 由簡而繁(increasing diversity)。
- (三) 先從整體切入再進展到局部技能(global before local skills)。

四、社會學(Sociology)：

- (一) 情境學習(situated learning)：學習情境的安排上，儘量讓學生處理生活上實際問題。
- (二) 實踐社群(community of practice)：讓學生在實際的解決問題歷程中習得特定的知識、技能。
- (三) 內在動機(intrinsic motivation)：學習活動要引動學生自動學習的動機。

- (四) 合作學習(exploiting cooperation)：同儕間彼此分享經驗。

為配合認知師徒制的架構，對應的教學設計須以生活中能接觸到的問題為中心，學習內容要具有多層次，並要能配合多元的教學方式。

多位學者(姚如芬，2001；陳文典，2001；黃鴻博，2000；劉祥通和黃國勳，2003；Warwick,1987)認為教學模組是一種主題式的教學設計。以一個主題為中心，發展若干個子題，再以子題發展教學活動。子題的組合可以隨著教學目的來做分解、重組、新增、刪減等動作，故學習內容極為彈性。教學模組因內容多樣化，所配合的教學亦較多元，例如：實驗、比賽、展覽等等皆可(陳文典，2001；Yager, 1988)。故只要以生活中能接觸到的問題為中心，研究者認為「教學模組」能符合認知師徒制的架構的要求。

吳宛真(2008)認為台灣太陽能資源充足，但國小課程中相關知識卻很少，使國人對太陽能知識的建立造成不良的影響。研究者亦發現九年一貫課程綱要中關於「太陽能」的部分僅在教材內容要項中有提及(如表 1)。在教科書中也只提及太陽能的熱能、發電、殺菌的功能，並無深入的探討光熱、光電轉換及不可見光的作用。因此研究者擬以太陽能為主題，用認知師徒制的理念來發展一教學模組，以補學校課程中的不足。

表一、自然與生活科技學習領域之教材內容細目

細目編碼	內容
2171a	➤ 察覺日曬使身體溫暖，知道太陽可提供「熱能」。
2173a	➤ 知道太陽能可使水溫上升(成為熱能)，也可用來發電(產生電能)。
5133a	➤ 知道煤、天然氣、石油、核能、水力與太陽能為重要能源。
5133c	➤ 察覺陽光是最大的能源，並收集有關利用太陽能的例子，同時收各種在家庭中節約能源的方法並進行創造思考，提出嘗試解決能源問題的方案(例如假設現在地球所有燃料都用光了)。
5134a	➤ 體會可利用的能有多種形式(水力、風能、木材、核能...等)，並能區分非再生性的能源(例如化石燃料與核能)與再生性的能源(例如水力與太陽能)。並認識瓦斯、煤礦與汽油(如 95、92 無鉛汽油、高級汽油等)的性質，並透過小組活動討論油價對民生的影響。
5134c	➤ 收集有關各種發電(火力、核能、水力、太陽能、汽油)的優點、缺點及其用途的資料，以了解其對社會、環境與生態的影響。

引自國民中小學九年一貫課程綱要(2003)

本研究的目的是在於發展以認知師徒制理念為本的太陽能教學模組。並將教學後的成效進行分析，歸納出優缺點。再從中提出修正方向，使太陽能教學模組能更加完善，為太陽能概念的推廣盡一份心力。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究樣本選取自屏東縣某國小五年級的一個班級作為研究對象，該班有 16 位學生，教學時分成三組。該班學生已學習過「太陽觀測」的單元，具備以下先備知識：(一)太陽能提供光和熱。(二)太陽光照射環境我們才能看到東西。(三)太陽光能殺菌。(四)太陽能使溼的東西快點乾。(五)太陽可晒乾食物以延長保存期限。(六)

太陽能可以用來發電。(七)太陽能可幫助植物生長。(八)太陽能可促進水和空氣的循環。

二、教學模組設計

本教學模組(如附錄一)以太陽能為主題，分成光能、熱能、光熱轉換及光電轉換四個子題。以認知師徒制理念發展四個對應四個子題的模組。這四個模組皆是能具體操作的，可讓學生從中學習各子題的知識(領域知識)、實驗的規畫及技巧(啟發式策略)。每個模組皆設計一份學習單，以作為學習過程的鷹架之一，幫助學生監控實驗操作的流程(控制策略)以及從中習得分析問題、進行實驗的一般流程(學習策略)。模組教學進行中教師會先示範、講

解，並提供適切的協助讓學生能獲得較佳的學習成果。每個實作活動結束後皆會進行討論活動，讓學生能澄清想法並改正其概念。學生活動皆以小組活動方式進行，讓學生能分工合作，並透過交流以獲得更多學習經驗。模組設計架構如圖 1。例如「看不見的光」模組由教師引導學生進入尋找紫外光的情境，並示範觀察工具的製作及使用。符合認知師徒制所重視的在「情境中學習」及教師的要提供「示範」的理念。學生動手製作工具及實際觀察後將結果記錄在學習單上，並於討論時發表其看法。過程中由學習單提供觀察及省思的方向。符合認知師徒制所重視的學生在鷹架協助下藉著「觀察」、「練習」及「省思」來主動建構知識的理念。

本教學模組針對光能這個子題設計「看不見的光」模組以探討除可見光以外的不可見光。針對熱能這個子題設計「非光不可」模組探討熱能來源。針對光電轉換這個子題設計「太陽能電池」模組來探

討太陽能發電的應用及缺點。另外針對光熱轉換設計「聚光生熱」模組來和「看不見的光」活動作對比。以下為各個模組的說明：

- (一) 看不見的光：太陽光除了可見光外還有許多不可見光如紅外光、紫外光、X 光等。本模組是以多層紫色玻璃紙隔絕大部分可見光後的陽光來照射螢光劑，使螢光劑吸收紫外光而發亮。藉此觀察陽光中的紫外光。
- (二) 非光不可：太陽能中的熱能大多以可見光的形式傳送到地球，本模組是藉比較有無可見光的兩個杯子中的溫度來了解太陽能中熱能來源。
- (三) 太陽能電池：學生都知道太陽能板能化光能為電能，但卻不清楚是什麼光轉換成電的。本模組想藉由讓學生操弄玻璃紙和太陽能板的經驗中體會到太陽能發電所需要的光及太陽能電池的運用及缺點。

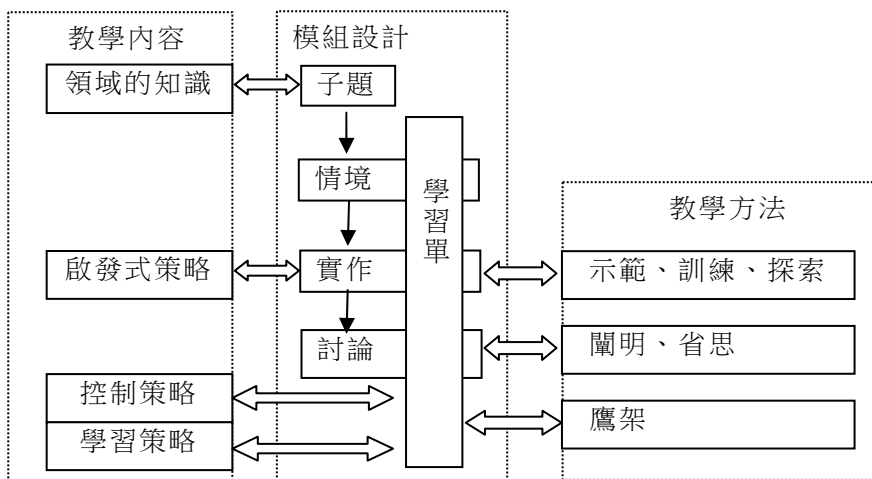


圖 1、模組設計架構圖

(四) 聚光生熱：本模組是以放大鏡聚集太陽光以產生熱來升高溫度計的溫度。藉此來對比「非光不可」活動以證實太陽能中的熱能大多來自於可見光。

三、研究工具

本研究採用吳宛真(2008)所研發的「太陽能概念閱讀理解測驗」作為研究工具。此測驗以(一)太陽能的來源與定義。(二)太陽能的影響因素。(三)太陽能的分類。(四)太陽能的能量轉換。(五)太陽能的應用。這五點為主要內容來編製的。預試題數共 20 題，每題 1 分，以高雄市某國小五、六年級各兩班，共 105 個樣本進行預試。預試結果信度系數為 0.96。以鑑別度及難度分析後保留 15 題為正式問卷(見附錄六)。正式問卷之雙項細目表如表 2。此測驗內容請三位屏東教育大學教授及五位國小老師就其正確性予以斧正，取得專家效度。

四、資料收集與分析

本研究收集「太陽能概念閱讀理解測

驗」及「晤談」兩種資料，茲將資料收集與分析整理成表 3。收集方法及分析方法說明如下：

(一) 太陽能概念閱讀理解測驗：

此測驗共進行兩次，每次 30 分鐘。前測於教學前實施，後測於教學後實施。分析方式有兩種：

1. 以統計軟體分析前後測的數據以得描述性統計資料，並進行前後測平均分數之 T 考驗，以確定教學後測驗成績是否有進步。
2. 分析學生的答案，以了解學生已掌握及尚未掌握的概念。

(二) 晤談：

於「太陽能概念閱讀理解測驗」後測後進行。將後測成績排序後平均分成三組，從每一組中隨機抽一人進行晤談。分析方式為將晤談錄音轉錄成文字稿，反覆閱讀文字稿，從中抽取學生已掌握及尚未掌握的概念。例如從晤談中可發現學生知道紫外光的存在，但對紫外光的功能則尚未完全了解。

表 2、太陽能概念閱讀理解測驗之雙向細目表

	記憶	了解	分析	總計
太陽能的來源與定義	0	1	0	1
太陽能的影響因素	0	2	0	2
太陽能的分類	3	6	0	9
太陽能的能量轉換	0	1	0	1
太陽能的應用	0	1	1	2
總計	3	11	1	15

表 3、資料收集與分析

項目	收集方式	分析方式
太陽能概念閱讀理解測驗	1.前測：於教學前施測 2.後測：於教學後施測	1.以統計軟體分析前後測描述性統計資料。 2.以統計軟體對前後測數據進行 T 考驗以了解教學前後成績是否有進步。 3.分析前後測學生答案，以了解學生已掌握及尚未掌握的概念。
晤談	將後測成績排序後平均分成三組，從每一組中隨機抽一人進行晤談。	將晤談錄音轉錄成文字稿，反覆閱讀文字稿，從中了解學生已掌握及尚未掌握的概念。

參、研究結果與討論

依據上述資料收集與分析方式獲得「太陽能概念閱讀理解測驗」前後測資料、晤談資料，將之分述如下：

一、「太陽能概念閱讀理解測驗」前後測

(一) 前測分析可得「描述性統計」資料及「概念分析」資料，分述如下：

1. 描述性統計資料：結果如表 4 所示。最高分 9 分，最低分 2 分，平均數 6.56 分，標準差 2.06 分。從上述資料看到平均得分尚不足總分之一半，由此可知樣本學生在教學前對太陽能的概念十分缺乏。
2. 概念分析資料：從表 5 可以發現下述情形
 - (1) 有 9 個以上學生答對第 2、13 題 (參閱附錄六)可推估大部樣本學生已掌握太陽能多寡受天氣影

響的概念。

- (2) 有 9 個以上學生答對第 5、6、10、11 題可推估大部樣本學生已掌握可見光是肉眼可見的光，為太陽光亮的的原因的概念。
- (3) 有 9 個以上學生答錯第 1、8 題可推估大部樣本學生尚未掌握紫外光不會轉換成熱能的概念。
- (4) 有 9 個以上學生答錯第 3、4、7、9、15 題可推估大部樣本學生尚未掌握太陽能中的熱能是以可見光的形式傳送到地球的概念。
- (5) 有 9 個以上學生答錯第 12、14 題可推估大部樣本學生尚未掌握可見光不會讓皮膚變黑，紫外光才會的概念。

從上述可知，樣本學生在進行教學前僅具備可直接感受到的「太陽能多寡受天氣影響」的概念，以及四年級就學過的「可見光是肉眼可見的光，為太陽光亮的的原因」

的概念。但對於沒學過低如紫外光的觀念以及光熱轉換的觀念皆不了解。亦即樣本學生在教學前對太陽能僅具有直觀的觀念，對於「不可見光」、「光熱轉換」等觀念皆不具備。

(二) 後測分析可得「描述性統計」資料、「前後測 T 檢定」資料及「概念分析」資料，分述如下：

1. 後測描述性統計資料及前後測 T 檢定：後測描述性統計資料結果如表 4 所示。最高分 13 分，最低分 3 分，平均數 8.88 分，標準差 2.36 分。前後測 T 檢定結果如表 4，前後測平均有顯著差異。從上述結果可知後測成績高於前測成績，且以相依樣本 T 考驗結果達顯著差異。由此可支持本教學模組對樣本學生太陽能概念的建立是有效果的。

2. 概念分析資料：從表 5 可以發現下述情形

(1) 概念改變部分：

甲、有 9 個以上的人答對第 8 題，

可推估樣本學生已掌握不可見光的概念。

乙、有 9 個以上的人答對第 3、4、9 題，可推估樣本學生已掌握光可轉換成熟的概念。

丙、有 9 個以上的人答對第 3、4、9 題，可推估樣本學生已掌握太陽能中的熱能主要是可見光轉換來的的概念。

丁、有 9 個以上的人答對第 14 題，可推估樣本學生已掌握紫外光能讓皮膚變黑的概念。

(2) 概念仍未改變部分：

甲、有 9 個以上的人答錯第 7 題，答錯者大都選擇「建造核能發電場」這個選項，推估樣本學生可能是因為對核能發電不清楚才會如此。

乙、有 9 個以上的人答錯第 1、12、15 題可推估大部分樣本學生仍認為紫外光會轉換成熟。

表 4、太陽能概念閱讀理解測驗前後測統計分析表

	前測	後測	前後測 T 考驗 T 值
個數	16	16	-4.995***
最高分	9	13	
最低分	2	3	
平均數	6.56	8.88	
標準差	2.06	2.36	

*** $p < 0.001$

表 5、學生前後測答題表現

學生編號	前測答對題號	後測答對題號
1	2,5,6,11, 13	2,3,5,6,7,8,10,11,13,14
2	2,5,6,7,10,14	1,2,3,5,6,7,9,10,13
3	4,10	6,9,14
4	1,2,5,6,7,8,10,11,12	2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13,14,15
5	2,3,5,7,11,13	3,5,6,7,8,10,11,12,13,14
6	2,3,4,5,8,11,13,14,15	2,3,4,5,6,8,11,12,13,15
7	2,3,5,6,7,10,11,12,15	2,3,5,6,7,9,11,12,13,14
8	2,9,10	1,2,3,5,6,7,8,10
9	5,6,7,8,11,13	2,3,5,6,7,8,11,14
10	2,3,5,6,8,9,11,13	2,3,4,6,8,10,13
11	2,5,6,7,9,10,13	2,3,4,5,6,8,10,11,13,14,15
12	2,3,4,5,6,10,13	2,3,4,5,6,9,12,14
13	1,3,5,6,12	3,6,9,10,11,13,15
14	4,5,6,8,10,11,12,13	4,5,6,8,9,10,11,13,15
15	5,6,8,10,11,12,13	4,5,6,8,9,13,14
16	2,3,5,6,8,9,11,13	2,3,4,6,8,9,10,11,12,13,14,15

由上述資料可發現，教學後大部分樣本學生對於太陽能最大的迷思在於：仍認為紫外光可轉換成熱能。形成這種迷思可能是因為在「非光不可」教學活動(見附錄三)學生測得的實驗結果差距不大，甚至有一組無可見光的溫度比有可見光的測得的溫度還高，故讓學生誤以為紫外光亦可轉換成熱能。

二、晤談

晤談資料可補充紙筆測驗所不足之處，澄清學生的想法。研究者將晤談錄音

轉錄成文字稿後，將之資料作編碼以利區分。編碼格式為 Stnyyyymmdd，其中 St 代表學生，n 代表學生編號，yyyy 代表年、mm 代表月、dd 代表日。研究者反覆閱讀晤談文字稿資料後，從中提出以下幾點：

(一) 學生認為太陽能即各種由太陽發出的可見光和不可見光組成的。

T： 你對太陽能有什麼樣的了解，你認為太陽能包含了什麼？

St2： 光、紫外線、微波、紅外線

T： 反正就是這一些射線之類的就對了！那我們不是常說熱能也

是太陽的一種，你覺得熱能又是怎麼回事？

St2：是光集中起來的能量。

St220110119

(二) 學生知道紫外光的存在，但對其不會轉換成熱、會使皮膚變黑、造成晒傷、可殺菌及可使螢光顏料發光等特性仍不甚了解。

T：你本來以為紫外光是沒作用的，那你現在認為紫外光它怎樣！

St1：提供植物生長、提供熱

T：可以用來發電嗎？

St1：可以

T：你覺得讓我們皮膚晒黑的是什麼光的作用？

St1：紫外光

St120110119

(三) 學生認為太陽能中的熱能大部分由紫外光轉換來的。

S2：應該是紫外線

T：紫外線。所以你覺得我們覺得熱其實大部份來自於紫外線就對了！那你為什麼會認為是紫外線呢？

St2：因為會被晒傷吧！

St220110119

(四) 部分學生認為太陽能發電是太陽板吸收紫外光轉換來的。

T：關於太陽能發電是怎麼回事？你知道太陽能發電要用太陽能

板，太陽能板要吸收太陽的什麼？

St3：紫外線

St320110119

(五) 課程對學生最大的改變是讓學生知道紫外光的存在及特性。

T：你覺得我們太陽能教學對你在太陽能方面有什麼改變？讓你本來認為是怎樣的後來改變了！

St1：我本來以為紫外光是沒有作用的。

T：你本來以為紫外光是沒作用的，那你現在認為紫外光它怎樣！

St1：提供植物生長、提供熱

St120110119

(六) 學生了解天氣會影響太陽能的量。

T：下雨的時候會影響，那影響是讓太陽能變少還變多？

St3：變少

St31000119

(七) 部分學生會把核能和太陽能搞混。

T：你覺得核能發電就是怎樣利用太陽能？

St3：.....

T：是吸收光還是熱，還是兩個都吸收？

St3：吸收光

St320110119

從上述資料可支持：樣本學生已掌握
(一)不可見光的概念、(二)光可轉換成熟的概念以及(三)紫外光能讓皮膚變黑的概念。並可了解樣本學生產生以下迷思的原因：

- (一) 認為太陽能可以用來核能發電：學生對核能並不了解，會和光電轉換產生混淆，認為核能發電就是吸收光來發電。
- (二) 學生認為紫外光可轉換成熟：學生知道紫外光會造晒傷，所以認為紫外光可轉換成熟。

從以上的資料中可發現本教學模組的教學成效能使樣本學生在(一)不可見光、(二)光熱轉換以及(三)紫外光的特性等概念上產生改變。

人們會因個人基本信念、日常生活獲得的認知或是生理感觀限制等原因，而產生與科學界所認定有所不同的概念，這些概念並不容易改變 (Osborne & Frebberg, 1985 ; Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982)。而概念改變即在使學生的概念能與專家一致 (Stavy, 1991)，Posner 等人 (1982) 提出的概念改變模式 (conceptual change model, CCM) 中認為概念改變有四個條件：

- (一) 不滿意 (dissatisfaction)：原本概念不具功能性，無法進行合理的同化時，才會進行概念改變。
- (二) 可理解的 (intelligible)：要能理解新概念，而不是只有記憶而已，若不能理解則仍無法產生概念改變。

(三) 合理性 (plausibility)：要讓學習者認為新概念是合理的才能產生概念改變。

(四) 有利的 (Fruitfulness)：新概念的功能要比舊概念強，不僅要能解決舊概念能解決的問題，而且也應該能解決舊概念無法解決的問題。

Duit and Treagust (2003) 認為 Posner 等人提出的 CCM 雖有只能聚焦在獨立的科學概念，及不考慮情意學習的限制，但仍在科學教育中已知的概念改變模式中最好的。研究者認為這正適合用來檢驗本教學模組的教學成效。陳彥廷和柳賢 (2005) 曾將 Posner 等人的理論整理成「學生概念改變分析之規準」(如表 6) 用以分析學生的概念改變。研究者嘗試以其來檢視本教學模組教學成效，並將之整理成表 7。從表 7 中可看出教學成效中的三個概念改變皆符合 CCM 中概念改變四條件。

肆、結論與建議

本研究的目的是在建立太陽能教學模組。各項的資料分析是為了了解本教學模組的優缺點，以期能使本教學模組不斷完善。本研究的結論及建議分述如下：

一、結論：

比對太陽能概念閱讀理解測驗前後測的分析資料及晤談資料後，可知本教學模組對樣本學生太陽能概念的建立是有幫助的。能建立以下概念：

- | | |
|--|--|
| <p>1. 了解太陽能是由各種可見光和不可見光所組成、傳遞的：學生知道太陽能包含各種可見光和不可見光。</p> <p>2. 了解熱能主要是由可見光傳遞的。</p> <p>3. 了解紫外光的存在：學生能了解紫外光的存在及其特性、對生活的影響等</p> | <p>資料。亦能知道如何觀察其存在的方法。</p> <p>但樣本學生在教學完後卻產生了對紫外光的迷思。學生認為太陽能發電主要是利用紫外光，而且紫外光能轉換成熱，這是需要改進的地方。</p> |
|--|--|

表 6、學生概念改變分析之規準

條件	界定準則
不滿意	學生對原有概念產生懷疑。
可理解的	學習者覺得此概念是可理解的、易於領悟的。他能以一種他熟悉的方式去說明、呈現此概念而不只是單純的覆誦老師所教授的意義而已。
合理性	學習者覺得此概念是可信的、合理的，則此概念必須和學習者所接受的概念是相融合的，不能有衝突。
有利的	捨棄原始的概念。學習者覺得此概念是合理的、有利的，則此概念必須能解決學習者過去學得的概念無法解決的問題，學習者覺得此概念是有幫助的。

資料來源：陳彥廷、柳賢(2005)

表 7、概念改變分析表

概念改變	是否符合「不滿意」	是否符合「可理解的」	是否符合「合理性」	是否符合「有利的」
不可見光	是，舊概念無法解釋螢光劑發亮。	是，學生在晤談中可提出紫外光、紅外光等例子。	是，能解釋螢光劑發亮。	是，能解釋螢光劑發亮。
光熱轉換	是，舊概念無法解釋有可見光的會較熱。	是，學生在晤談中能說出熱能是光變成的。	是，能解釋聚集陽光能產生較高的熱。	是，能解釋有可見光的會較熱。
紫外光的特性	是，舊概念無法解釋螢光劑發亮。	是，學生在晤談中能說紫外光的特性。	是，學生在晤談中能說紫外光的特性。	是，能解釋螢光劑發亮。

二、建議：

樣本學生在進行教學後對紫外光產生迷思，研究者推測可能是在「非光不可」（見附錄三）及「太陽能電池」（見附錄五）這兩個模組教學活動進行中出現問題，茲提出修改建議如下：

1. 「非光不可」模組修正建議：活動中有光沒光的溫度相差很小，學生進行觀察時會因操作技巧(如觀察溫度計的方式)及器材問題(如溫度計的精確度)造成實驗數據的誤差。因此建議改用數位式溫度計來取代傳統式溫度計。如此一來便能避免上述的兩種問題。
2. 「太陽能電池」模組修正建議：雖然學生教學活動中實際操作過有可見光和無可見光的差別。在學習單上亦能寫出「太陽能板需要可見光」這樣的答案，但此概念仍未內化在學生的認知中。研究者認為可能是教學活動太緊湊的關係。在一節課中除了要實驗有無可見光的差別外，還需操作並聯、串聯的試驗，讓學生急於完成實驗以至於忽略了實驗結果的意義。因此建議該教學活動可延長為兩節會較恰當。

致謝

本論文之完成承蒙行政院國家科學委員會經費補助(NSC 98-2511-S-153 -002 -MY3)，特此致謝。

參考文獻

- 吳宛真(2008)：不同形式的科學文本對國小高年級學生閱讀理解之影響～以太陽能為例。國立屏東教育大學應用化學暨生命科學系碩士班碩士論文。
- 邱美虹、劉嘉茹、周金城和梁家祺(1999)：認知師徒制對學生化學概念改變的影響。中華民國第十五屆科學教育學術研討會(1999)。彰化：國立彰化師範大學。
- 邱美虹和林秀蕓(2004)：以CHILDES分析一對一科學教學活動中師生互動共建科學知識的行為表現。科學教育學刊，12(2)，133-158。
- 邱炳勳(2009)：不同教學法融入科學實作課程對國小學生科學態度之研究。國立屏東教育大學應用化學暨生命科學系碩士班碩士論文。
- 姚如芬(2001)：從學校本位教學模組之發展協助小學數學教師專業成長之研究。2001年海峽兩岸小學教育學術研討會(2001)。嘉義：國立嘉義大學教育學院。
- 教育部(2003)：國民中小學九年一貫課程綱要。台北市：教育部。
- 陳文典(2001)：「生活課程」的特質、功能與設計。九年一貫課程自然與生活科技領域教學示例，23-34。台北：教育部台灣省國民學校教師研習會。
- 陳明溥、顏榮泉和林怡君(2002)：認知學徒模式於網路化問題解決學習之應用探討。2002年電腦與網路科技在教育上的應用研討會(2002)。新竹：國立新竹師範學院。
- 陳彥廷和柳賢(2005)：合作學習情境中學生數學概念學習之研究---以Posner概念改變模式與Toulmin論證模式分析為例。科學教育研究與發展季刊，39，80-15。
- 黃鴻博(1999)：在國民小學實施STS教育合作行動研究之成果與限制。中華民國第15屆科學教育學術研討會(1999)。彰化市：國立彰化師範大學。

劉祥通和黃國勳(2003)：實踐小學因數教學模組之研究。科學教育學刊，11(3)，235-256。

Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick(Ed.) Knowing, learning and instruction: Essays in honor of Robert Glaser(pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Driscoll, M. P. (2005). Psychology of Learning for Instruction (3rd ed.). Boston, MA: Pearson Education, Inc.

Duit, R. & Treagust, D.F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. International Journal of Science Education, 25(6), 671-688.

Martinez, M. E. (2006). What is metacognition. Phi Delta Kappan, 87(9), 696-699.

Osborne, R. & Freyberg, P. (1985). Learning in science: The implication of children's science. Heinemann: London.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. Science Education, 66(2), 211-227.

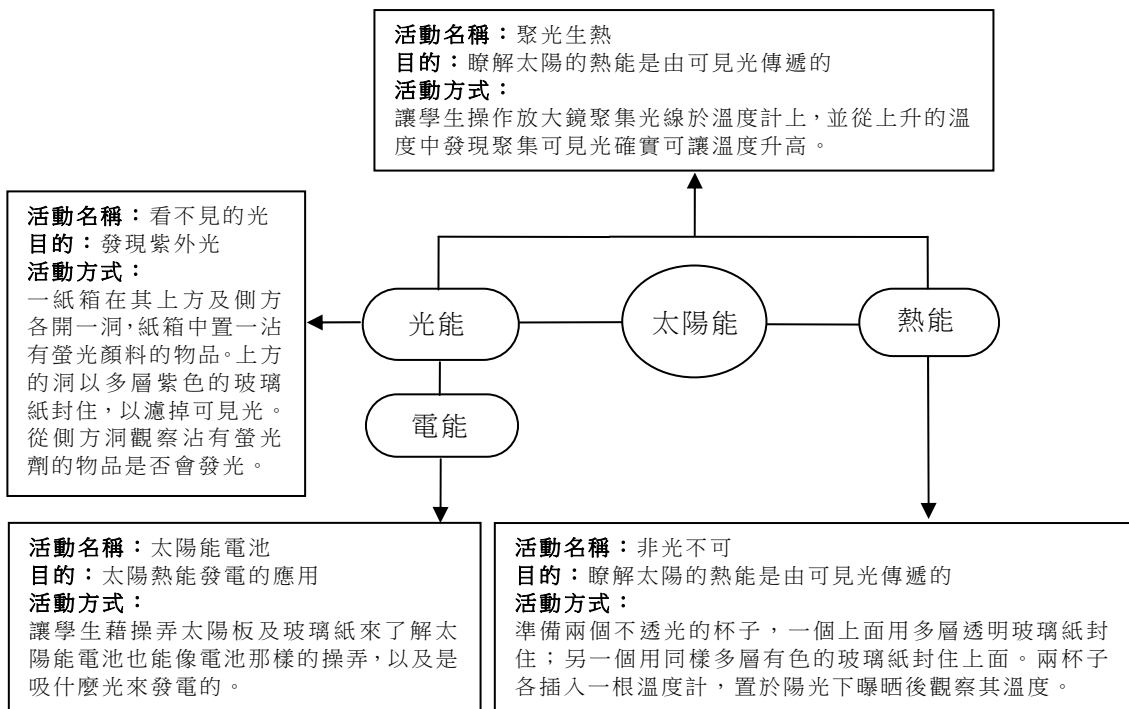
Rogoff, B. (1990). Apprenticeship in Thinking: Cognitive Development in Social Context. New York: Oxford University Press.

Stavy, R. (1991) Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. Journal of Research in Science Teaching, 28(4), 305-313.

Warwick, D. (1987). The modular curriculum. Oxford: Basil Blackwell.

Yager, R. E. (1988). A new focus for school science: S/T/S. School Science and Mathematics, 88(3), 181-189.

附錄一：太陽能教學模組



附錄二：太陽能教學活動設計

單元名稱	太陽能教學	課次名稱	看不見的光
教學時數	1 節（共 40 分）		
適用學生	國小高年級		
學習領域	自然與生活科技領域		
教學目的	使學生瞭解太陽的光能中還含有肉眼看不見的光線		
教材分析	陽光除了可見光外還含有紫外線、紅外線、X 光……等等的不可見光。		
教學用具	一、教具：(1)紙盒 (2)螢光顏料 (3)手電筒 (4)紫色玻璃紙 二、學具：(1)上邊及側邊各開一洞的紙盒 (2)螢光顏料 (3)紫色玻璃紙		
設計理念	讓學生利用螢光顏料能吸收紫外光而發亮的特性來察覺陽光中含有不可見光。		
教學活動			
階段	教學重點	教學流程	教學資源運用
引起動機	提示光除了可見光外還有不可見光	教師：我們以前學過太陽能中的光能可以讓我們看見東西。可是除了看得到的光外其實陽光中還含有看不見的光，包括了紫外光、紅外光、X 光……等等。今天我們就是要來試著觀察其中的紫外光！	
發展活動	介紹螢光顏料及利用螢光顏料來觀察陽光中的不可見光	<p>一、介紹螢光顏料</p> <p>1. 教師介紹眼睛看不到紫外光，所以必須利用「螢光顏料」來幫觀察。[動作：將螢光顏料塗在紙上，放入紙盒中並讓手電筒光束透過紫色玻璃紙射入紙盒中]</p> <p>2. 利用發亮的螢光顏料解釋其因吸收紫外光而發亮。</p> <p>二、觀察陽光中的紫外光</p> <p>1. 發下上邊及側邊各開一洞的紙盒及紫色玻璃紙讓學生用多層玻璃紙封住紙盒上面的洞，直到從側邊洞看進去時紙盒內為黑暗的。</p> <p>2. 把沾有螢光顏料的物品放入紙盒後到陽光下觀察是否會發光。</p>	<p>紙盒、螢光顏料、手電筒、紫色玻璃紙</p> <p>紙盒、螢光顏料、手電筒、紫色玻璃紙</p>
綜合活動	教師總結並介紹紫外光的特性	教師：大家都看到有沾螢光顏料的地方發光，而沒沾的地方都還是暗暗的了吧！暗暗的代表沒有可見光。照道理沾螢光顏料的地方沒有可見光時也應該要暗暗的像在教室裡看的一樣，可是到陽光下卻變得比其它地方亮。這就代表陽光中除了可見外還有我們看不見的光。這些看不見的光包括我們今天用螢光顏料觀察到的紫外光，還有紅外光、X 光……等等。	
			學習單第一題
			學習單第二、三、四題
			學習單第五、六題

	紫外光雖然看不見但對我們的影響很大，它對我們的生活有以下的一些影響： 1.刺激皮膚的黑色素讓我們晒黑。 2.不會產生熱但會傷害我們的細胞造成晒傷甚至是皮膚癌。 3.可以用來殺菌。		
--	--	--	--

看不見的光學習單

座號： 姓名：

- 一、我們今天要觀察的是陽光中的（ ）光。
- 二、我們要利用（ ）來觀察紫外光。
- 三、老師的紫光照進紙盒後有螢光顏料的地方會（ ）
沒有螢光顏料的地方會（ ）。
- 四、將紙盒拿到陽光下後有螢光顏料的地方會（ ）
沒有螢光顏料的地方會（ ）。
- 五、承上題，會這樣是因為： _____
- 六、紫外光對我們的生活有什麼影響： _____

附錄三：太陽能教學活動設計

單元名稱	太陽能教學	課次名稱	非光不可
教學時數	1 節（共 40 分）		
適用學生	國小五年級		
學習領域	自然與生活科技領域		
教學目的	使學生瞭解太陽的熱能是由可見光傳遞的		
教材分析	陽光中的熱能大部分是由可見光傳播之後再轉換而成的。		
教學用具	教具：1.不透光的杯子 2.透明玻璃紙 3. 有色玻璃紙 4.溫度計 5.橡皮筋 學具：1.不透光的杯子 2.透明玻璃紙 3. 有色玻璃紙 4.溫度計 5.橡皮筋		
設計理念	讓學生實測透光及不透光杯子中的溫度來了解太陽能中熱能是由可見光轉換而來。		
教學活動			
階段	教學重點	教學流程	教學資源運用 評量方式

引起動機	提示太陽能可能由光能轉換而來的	教師： 下什時坐在窗的同學常抱怨很熱，可是其他同學卻不會，這是為什麼呢？ (引導學生答照到太陽) 所以太陽能中熱能是不是有可能是由光能轉換而來的呢！讓我們來試試看吧！		
發展活動	實測透光及不透光杯子中的溫度來了解太陽能中熱能是由可見光轉換而來	一、觀測器材製作 1.教師示範把四張透明玻璃紙用橡皮筋套在一個杯子上，再用四張有色玻璃紙用橡皮筋套在另一個杯子上。 [學生接著操作] 2.教師示範在兩杯的玻璃紙上割一橫豎皆 1 公分的十字，並插上溫度計。 [學生接著操作](也可以由老師協助操作) 二、實測溫度 將觀測器材置於陽光下隔固定時間觀測溫度，並記錄於學習單中。(調整杯子角度，讓陽光能照進杯中)	不透光的杯子、透明玻璃紙、有色玻璃紙、溫度計、橡皮筋	學習單一到三題
綜合活動	討論實測數據的意義	一、各組發表數據 二、討論實測數據的意義(透明玻璃紙的杯子溫度比較高，是因為有光到裡面可轉換成熱。)		學習單四、五題

非光不可學習單

座號： 姓名：

一、透明玻璃紙套起來的杯子 () (填可以或不可以) 看到杯子底，代表光可以透進去。

二、有色玻璃紙套起來的杯子 () (填可以或不可以) 看到杯子底，代表光不能透進去。

三、實驗記錄

幾分鐘後				
透明玻璃紙套起來的杯子的溫度				
有色玻璃紙套起來的杯子的溫度				

四、哪個杯子的溫度較高？ ()

五、承上題，這個結果的原因是： _____

附錄四：太陽能教學活動設計

單元名稱	太陽能教學		課次名稱	聚光生熱
教學時數	1 節 (共 40 分)			
適用學生	國小五年級			
學習領域	自然與生活科技領域			
教學目的	使學生瞭解太陽能中熱能是由光轉換而來			
教材分析	放大鏡能聚集陽光。若聚集陽光後能產生較高溫度，即能證明熱是由光轉換而來。			
教學用具	教具：1.放大鏡 2.溫度計 學具：1.放大鏡 2.溫度計			
設計理念	讓學生操作放大鏡聚集光線並產生熱能來了解太陽能中熱能是由可見光轉換而來。			
教學活動				
階段	教學重點	教學流程	教學資源運用	評量方式
引起動機	提示太陽能中熱能可能是由光能轉換而來的	教師： 下午時坐在窗邊的同學常抱怨很熱，可是其他同學卻不會，這是為什麼呢？（引導學生答照到太陽）。所以我們可以猜測太陽的熱有可能是由光轉換過來的，若是這樣我們能把陽光聚集應該能產生很大的熱量才對，讓我們來做做看！		
發展活動	操作放大鏡聚集光線來產生熱能	一、操作說明 1.教師說明調整放大鏡的高度可以把陽光聚集成一小點。 2.請學生等一下用放大鏡把陽光聚集成一小點於溫度計上的小紅點，再觀察溫度是否會上升；然後再移開放大鏡，看溫度是否會降下。 二、實際操作 帶學生到室外進行操作。	放大鏡、溫度計	學習單一到三題
綜合活動	討論操作結果的意義及應用	1.討論操作結果是否能證明太陽能中的熱能是否由可見光轉換成的。 2.可應用於太陽能鍋。		學習單四題

聚光生熱

座號： 姓名：

一、調整放大鏡的高度會發現透過放大鏡的陽光會有什麼變化？

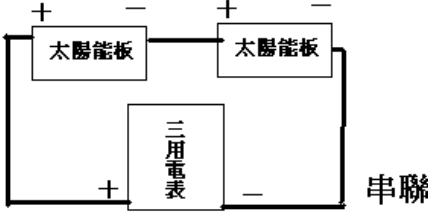
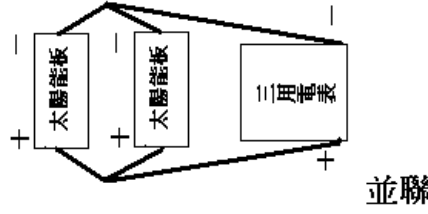
二、用放大鏡把陽光聚集成一小點於溫度計上的小紅點，再會發現溫度計測到的溫度會（ ）。若移開放大鏡會發現溫度計測到的溫度會（ ）。

三、以上這些實驗能說明什麼？_____

四、這個原理可以應用在什麼地方？_____

附錄五：太陽能教學活動設計

單元名稱	太陽能教學		課次名稱	太陽能電池
教學時數	1 節（共 40 分）			
適用學生	國小五年級			
學習領域	自然與生活科技領域			
教學目的	使學生瞭解太陽能板能轉換可見光成電能，而且還能像一般電池那樣的操作			
教材分析	太陽能板能轉換可見光成電能，並且能進行並聯、串聯的操作。			
教學用具	教具：計算機 學具：1.太陽能板 2 片 2.三用電表 3.紫色玻璃紙			
設計理念	讓學生藉操作太陽能板來了解太陽能電池也能像電池那樣的操弄。			
教學活動				
階段	教學重點	教學流程	教學資源運用	評量方式
引起動機	太陽能板有像乾電池一樣的功用	教師： 教師展示計算機給學生看，並問：若裡面電池沒電了還能不能用？為什麼？（引導學生回答「有太陽能板」）那也就是說太陽能板也像電池一樣嘍！它有沒有什麼限制？它也可以像電池一樣串聯並聯嗎？讓我們動手來試試看	計算機	
發展活動	1.太陽能板需要可見光 2.太陽能板也可以像電池一樣串聯並聯	一、太陽能板的限制 大家都知道太陽能板需要光。我們已經知道太陽光中有可見光和不可見光，那到底太陽能板需要什麼光？ 操作： 1.請學生把三用電表的正負極接到太陽能板的正負極上並拿到陽光下。將三用電表上數據計錄於學習單上。（三用電表請調到測電壓的區域） 2.將 6 張以上的紫色玻璃紙蓋於太陽能板上，再	太陽能板 2 片、三用電表、紫色玻璃紙	學習單一、二題

		<p>將三用電表上數據計錄於學習單上。</p> <p>3.討論實驗數據的意義。 (蓋上玻璃紙電壓會大幅下降，故太陽能板是把可見光轉換成電能)</p> <p>二、太陽能板的串聯與並聯</p> <p>1.教師將下面兩圖先畫於黑板上。</p> <div style="text-align: center;">  <p>串聯</p>  <p>並聯</p> </div> <p>2.請學生照著黑板上二圖方式連接太陽能板及三用電表，並將測得的電壓計錄於學習單。</p> <p>3.討論實驗數據的意義。 (比較只有一塊太陽能板時的數據，串聯數據約為 2 倍，並聯數據差不多，故太陽能板也和電池一樣的性質。)</p>		<p>學習單 三、四題</p>
<p>綜合活動</p>	<p>討論實用意義</p>	<p>1.太陽能需要可見光，所以天氣對太陽能影響很大。</p> <p>2.太陽能板功率偏低，實用意義不大，但可用串聯多塊方式解決些問題(如太陽能熱水器、太陽能電場...)</p>		<p>學習單五題</p>

太陽能電池

座號：

姓名：

一、把三用電表的正負極接到太陽能板的正負極上並拿到陽光下測得的電壓為 () 伏特。將 6 張以上的紫色玻璃紙蓋於太陽能板上後測得的電壓為 () 伏特。

二、以上這些實驗數據能說明什麼？ _____

三、將太陽能板串聯後測得的電壓為 () 伏特。將太陽能板並聯後測得的電壓為 () 伏特。

四、以上這些實驗數據能說明什麼？ _____

五、今天學到的東西有什麼實用意義？ _____

附錄六：太陽能概念閱讀理解測驗

_____國小 _____年 _____班 姓名：_____

►各位小朋友你們好，請依據剛才閱讀的科學文章回答下列的問題，以下的問題皆為四選一的選擇題，一共有 15 題。時間很充裕，請各位同學慢慢作答，選出最正確的答案：

- () 1. 以下哪一種「太陽能」到達地面後不會產生熱能？
 ①紫外線 ②可見光 ③微波 ④X 射線。
- () 2. 每一天的「太陽能」都一樣多嗎？為什麼？
 ①一樣多，因為太陽的形狀不會變。
 ②一樣多，因為每天曬太陽都會熱。
 ③不一樣多，因為陽光普照時氣溫比較高，「太陽能」比較多。
 ④不一樣多，因為風很大的地方比較涼爽，「太陽能」比較少。
- () 3. 為什麼「太陽能熱水器」可以得到熱水？
 ①集熱器本身會發熱 ②集熱器吸收了紫外線
 ③使用瓦斯 ④集熱器吸收了可見光。
- () 4. 烏龜可以藉著曬太陽而得到溫暖，是因為陽光中有什麼？
 ①紫外線 ②可見光 ③空氣 ④水蒸氣。
- () 5. 太陽能不會造成下面哪一種現象？
 ①讓我們看得見星星 ②讓我們看得見大樹
 ③讓我們的皮膚變黑 ④讓石頭變熱。
- () 6. 哪一種太陽能可以被我們看見？①可見光 ②紫外線 ③紅外線 ④微波。
- () 7. 可以如何利用「太陽能」？
 ①海水潮汐發電 ②將柿子曬乾變成柿餅
 ③建造核能發電廠 ④製造電腦。
- () 8. 以下關於「紫外線」的敘述，哪一個是正確的？
 ①會發出光芒 ②是彩虹中的紫色光 ③它是隱形的 ④會使物體變熱。
- () 9. 「可見光」會造成什麼現象？
 ①讓土地變冷 ②讓海水變熱 ③讓皮膚變黑 ④讓燈泡發亮。
- () 10. 下面哪一種不是「太陽能」？①陽光②黃昏的彩霞 ③紫外線 ④雷射光。
- () 11. 太陽出來後大地一片明亮，那是因為有以下哪一種能量？
 ①可見光 ②紫外線 ③紅外線 ④X 光。
- () 12. 如果沒有「紫外線」，會有下列哪種情形出現？
 ①大地一片漆黑 ②太陽能熱水器不能得到熱水
 ③曬太陽不會覺得熱 ④去海邊玩不會被曬黑。
- () 13. 在什麼氣候太陽能熱水器能夠得到溫度最高的熱水？
 ①梅雨季節 ②萬里無雲 ③颱風天 ④多雲時晴。
- () 14. 「紫外線」不會造成什麼影響？
 ①皮膚變黑 ②皮膚癌 ③殺死某些細菌 ④讓大地變熱
- () 15. 小瑛在操場上曬太陽，她發現頭髮越來越燙，是因為頭髮吸收了什麼？
 ①紫外線 ②X 光 ③可見光 ④無線電波。

感謝各位同學的協助，請再檢查一遍有沒有漏寫的題目！