

師資培育課程中教學理論與實務之研討

施 惠

國立新竹師範學院科教中心

民國八十三年師資培育法通過之後，師資培育不再是師範院校的專責，凡是設有教育學程的大學皆可培育中小學的師資。因此，教師專業素養的標準是什麼？應如何培育？其水準與品質應如何鑑定等有關師資培育的問題，成為大家關注的焦點。

教師專業素養中第一個要點便是教學專業能力，Shulman (1986)對這個問題的主張是：

教師須知如何將自己所瞭解的知識變成可以讓學生明白的知識；教師須知如何針對學習者的能力與興趣，將特定的教學主題加以組織，表徵與調適進行教學，使學生得到真正的學習；也就是必須將學科知識和一般教學知識融合為學科教學知識(Pedagogical Content Knowledge, 簡稱 P.C.K.)來教學。這是教學專業的基礎，也是教師審定與教育政策決定的依據。許多學者，都同意此說，並且更認為學科教學知識是教師專業程度的主要指標(National Research Council, 1996)。

近年來由於認知心理學、社會心理學、科學哲學等方面的研究，影響到教育革新和師資培育的方向。經過了多年的變革，目前大都以建構主義為理論觀點，以學科教學知識的表現為目標導向。

若按此精神發展，則師資培育課程應符合建構理論，並須設計學習情境，使學習者能親身體驗其精髓，日後才易將教學理論轉換為教學實務(Nancy, J. Pitner, 1987; Shulman, 1990; National Research Council, 1996)。

本文即以如何協助國小職前和在職教師統整其各種與教學有關的知識為題，進行探討，以建構主義的教學觀來設計一種師資培育課程的教學模式，冀使職前和在職教師能夠透過探究學習的過程，統整學科教學知識。

茲以一段校外教學資源的素材來設計課程內容、教學策略和助學教具，使職前或在職教師親身體驗學習歷程，再對此學習歷程加以反省分析，並且和科教理論進行比對、辨識，以瞭解問題探究和概念建構在教學與學習之間的互動效應。統整教學所需的學科知識、一般教學知識、學生學習知識、課程知識、情境知識與評量知識等。使教學專業能力能夠主動建構與成長。

學習活動的內容（以下資料依據竹師院音樂系和語文系三年級學生的實際學習過程敘述，並作現場教學錄影）：

一、校內光的研究

【問題】問：晚上遇到停電時，該怎麼辦？

- : 找手電筒或蠟燭。問：為什麼呢？
- : 因為它們會發光，能照亮東西，我們才看得見。

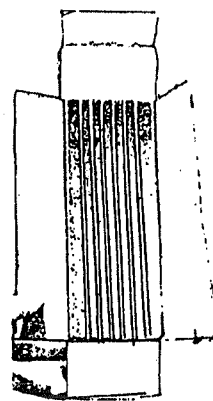
問：光線有什麼特徵？看這個實驗，發現什麼？

〔用陽光或雷射光實作，由盒側面使光進入，可見到盒內光線的前進情形。〕

- : 光線是直線前進的。（概念一）

問：有光時，一物體能被我們看到，是反光的關係，請將物體反出來的光到眼睛的路程畫出來，並且加以說明。

- : 眼睛看到一物，是因此物反出來的光射到眼睛，雙眼順此來光反向看回去有一交點，就是此物的位置，也看到它的顏色和形狀。（概念二）



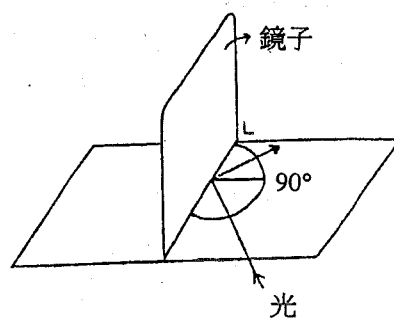
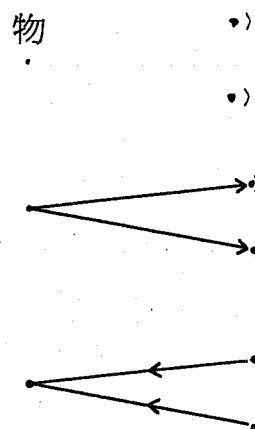
【問題】問：各組做做看這個實驗，使雷射光在白紙上前進，看到什麼現象？加上一面立鏡，又發現什麼？鏡子外面的那條光是如何形成的？

【推論】• : 直行光遇平面鏡會發生反射。（怎麼反射？）

【設計驗證】

- : 將上述實驗加入量角器，光由不同角度照射鏡面，研究它如何反射？

【解釋】• : 光由 x 度射入，反射光由另側 x 度射出，故直線前進的光遇平面鏡時，會產生反射光，且入射角等於反射角。（概念三）



【解釋】問：請看這個工作，可以發現什麼？

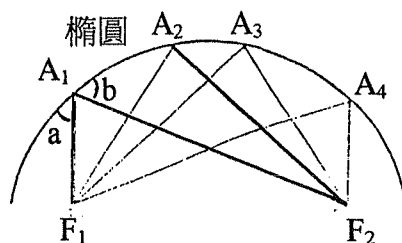
1. 器材：硬紙板（B4 大小， $75 \times 36\text{cm}$ ），棉線（直徑 1mm ， 40cm 長），圖釘和兩塊木板，圓形木條（直徑 1mm ，長 30cm ，中央切開 24cm ），剪刀，量角器。
2. 作法：(1) 棉線兩端套在圖釘上，留下繩長約 26cm 。
(2) 圖釘距硬紙板中心 10cm 處固定於木板上（兩圖釘相距約 20cm ）。

(3)以原子筆將棉線拉直畫圈。筆尖要和紙面垂直，棉線要拉至緊繃狀態。

3.結果

• 畫成了一個橢圓。

問：由圖中研究一下， $\angle a$ 和 $\angle b$ ，並且在 A_2 、 A_3 ...其他各點的情形也一樣...



【問題】問：如果有一個橢圓屋，在 F_1 處放一個點光源，想想看會發生什麼事？

• : (分組研討)

【推論】• : 在 F_2 處，應該也會發生一個亮光。

問：為什麼？

• : 因為圖中各線可以代表光線，點光源向四周直線照射的光線遇到平滑面時有一定的反射方向，每一條反射光都會在 F_2 處相交， F_2 就會產生一個亮點。

問：能夠證明你們的想法嗎？

【設計】• : 應該可以，先做一個橢圓屋...。在橢圓焦點之一放一個光點，再看...

【驗證】• : 實際工作後，發現橢圓屋不好做，最後找到一個方便又便捷的實驗器材就是用橢圓形的餅乾盒，在暗室中在橢圓形焦點之一的地方放入一個小燈泡，結果看到另一焦點處出現一個亮光聚集點。

【解釋】• : 所以在橢圓屋中，橢圓焦點之一發出的光線，會經光的反射聚集到另一焦點處。

【推廣發展】

【問題】問：如果有一個橢圓屋，在橢圓形的一個焦點上發出聲音，那麼聲音會怎麼傳開呢？

• : (分組研討)

【推論】• : 聲音會由空氣向四周傳出，遇到平滑的橢圓牆也會反射。如果聲音像光線一樣有一定的反射角，那麼就會在橢圓屋的另一焦點聽到各方向反射音聚集到該處。

問：為什麼會這樣推想呢？

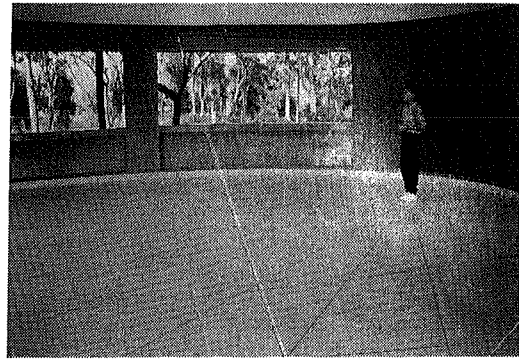
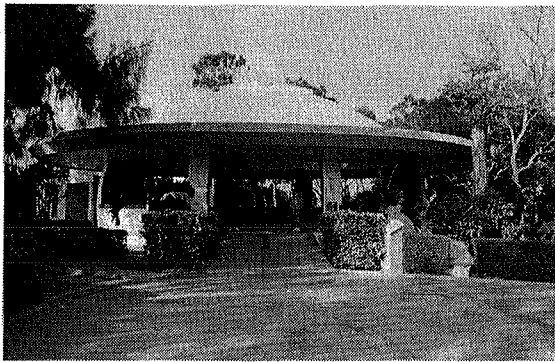
• : 因為我們聽到過回音，聲音遇到阻擋物會有回音，它和光線的前進方式十分類似。

問：這種想法怎麼證明呢？

【設計】• : 這就該先蓋一間橢圓屋... 我們沒有能力！

問：如果有一間橢圓屋就可以證明...？那麼我們到小叮噠科學遊樂區去看看。

二、校外資源利用



橢圓屋 (E.T.屋)

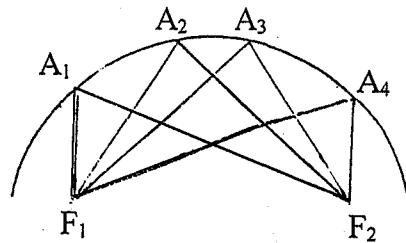
這棟建築真像外太空來的 E.T.飛碟，走進去瞧瞧！地上畫好兩個指定的位置(F_1 和 F_2)。

問：這是橢圓屋了，要如何實驗來證明兩個焦點之間聲音會互相依反射的道理傳到對方？分組討論，再輪流發表！

【設計驗證和解釋】

第一組：

- 在橢圓形的屋內，人分站 F_1 和 F_2 兩點，聲音由 F_1 發出遇到牆壁即反射，和光的入射反射現象相同，入射角必等於反射角，以致在 F_1 向各方向發出的聲音至 A_1 ， A_2 ， A_3 ， A_4 ... 都會反射達到 F_2 ，並且經過的距離相等，都能同時到達，以致各音波發生了集合作用，音量加大，所以可以傳音！
- 反之由 F_2 小聲發音， F_1 同理也可聽到清晰的傳音。
- 現在我們示範一次。其他的人聽得到嗎？你們都聽不到，只有在焦點上的雙方可以傳音，說些秘密！



第二組：

- 我們的組員分成兩組，分別站在橢圓屋的兩個焦點上，其中一組小聲發令，另一組就可以依令做出動作。
- 現在，我們表演一次。

第三組：(實作與說明同時進行)

- 我們組員散開，有二人分別在橢圓的兩個焦點上，其他各人則隨意找位置站立。
- 在焦點之一的××同學當小老師，發號施令，各組依令行事。
口令：立正！稍息、蹲下，左手摸頭...。
聲音：每次口令由大漸小。
結果：最後只有一人能依令行事，就是在另一個焦點上的同學。

- 表演完畢，我們用這個方法證明了聲音和光一樣，由橢圓焦點上的發音點向四周直線射出，遇橢圓面會反射聚集到另一焦點處。

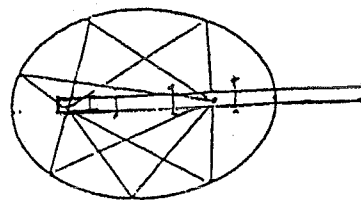
第四組：

- 我們的組員分兩組，分別站在橢圓屋的兩個焦點上，輪流當發音員和收音員。
- 我們發現面對面時傳密語的效果較差，背對背時傳密語的效果較好。研討結果認為原因是：
 1. 面對面傳音可以看對方的口語，干擾了我們原來的研究目的。同時：面對面發音，聲音經過的直線距離和其他方向遇障礙物反射的路徑距離不同，會使各方向的声音聚集到對方的時間先後不同，造成干擾。
 2. 這間屋子有許多窗戶，無法關閉，使聲音漏失，若背對背傳音時，各人前方沒有窗戶，聲音不會漏失，反而有好的傳音效果。

第五組：

- 我們的做法和發現都和第一組、第四組的報告相似。
- 不同的發現是：

這間屋子在平地的地面上畫了許多線，起先我們以為一定要在這些線上傳音，所以我們蹲在地上...



- 後來我們研究出來不是這樣的。請看：

在硬紙板上畫一個橢圓，將橢圓自硬紙板上剪下，再安置圓形木條(如圖)形成橢圓形扇子，木條一定要通過兩焦點。旋轉扇子就形成橢圓形球體。

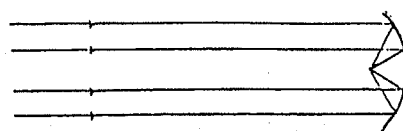
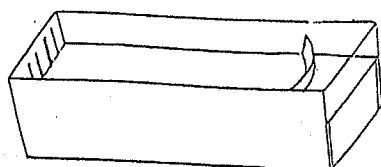
我們製作的橢圓面或橢圓形球體和這間橢圓屋相似，所以在橢圓焦點發音，它的傳音效果是立體的。因此，我們可以站著在兩個焦點上說話，考究一點時，站立的雙方高度盡量相同，因為反正這是半個橢圓體...。當然若能重新改造，將地板挖掉，窗子關上，做一個真正的橢圓屋...

第三組有人說：那要架兩支跳板，不然發音和收音的人怎麼能走到焦點去對談！

另一站：馬克斯威爾通話器（千里傳音）

【情境】我們再做一個工具（如圖）使用時：

- (1) 使陽光由紙盒側面進入盒內，陽光須和凹面鏡（用投影片襯一張白紙做成）垂直。
- (2) 由盒頂觀察，可見進入盒內之平行光經凹面鏡的反射，聚於一點。



問：手電筒或汽車的遠燈，燈泡後置一凹形拋物面其作用為何？

- 我們學過光有可逆性，即燈泡處為凹形拋物面之焦點，點光源發射之光到凹形拋物面時有一定之反射方向，使各反射光呈平行線向外發出可以照得很遠。

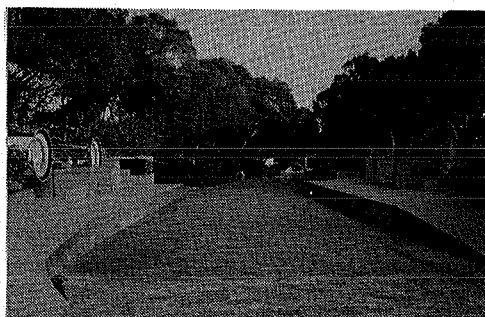
【問題】聲音是否也像光線一樣和拋物面相遇會產生如前列圖形之反應？

【推論】由生活中回音的例子和橢圓屋中"密談"的例子來推想：聲音和凹形拋物面相遇會相同於光的反應。

1. 由焦點發音，會經凹形拋物面後反射成平行音發出，使音傳得很遠。
2. 各平行聲音遇凹形拋物面會反射至焦點集音。

【設計驗證】

到小叮噹科學遊樂區去研究馬克斯威爾通話器：隔著馬路，兩邊的人對著拋物面的中央可以低聲密談。



【解釋】用我們凹面鏡聚光器和拋物面的分析實驗來解釋這個馬克斯威爾通話器！

我們來做一個實驗：拋物線及雙拋物面的製作，並且加以探討：

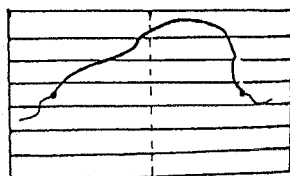
1. 材料：a. 白紙 b. 40cm c. 圖釘 2 個 d. 剪刀 e. 原子筆

2. 雙拋物線作圖

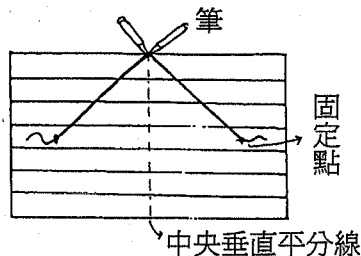
(1) A3 大小的白紙，加繪平行底線（如下左圖示）。

(2) 繩長 32cm 兩端以圈套於圖釘上，兩圖釘相距 23cm 釘在白紙上，畫一條垂直平分線，如圖上虛線所示。

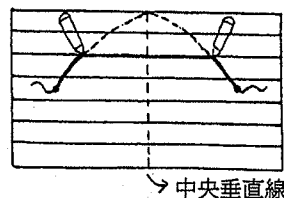
(3) a. 取兩支筆，同時將筆端放在中



央垂直平分線的最上端。（如上右圖）



- b. 兩支筆同時分別向兩端畫線。注意，兩支筆移動的距離需相等，即繩子的中點需隨時對準中央垂直平分線。或兩支筆同時繪至某一條底線。（如右圖）

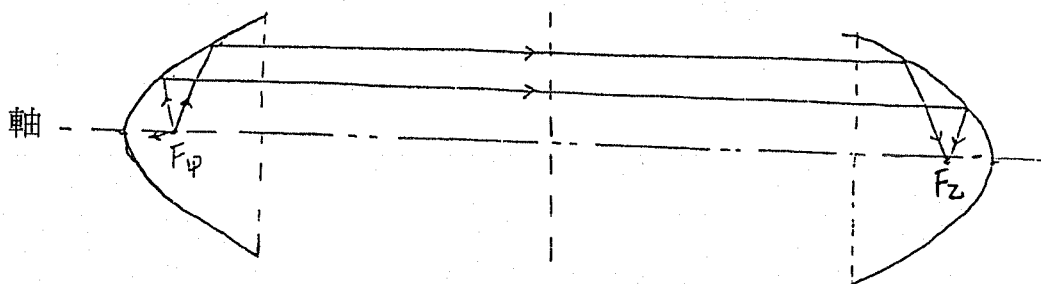
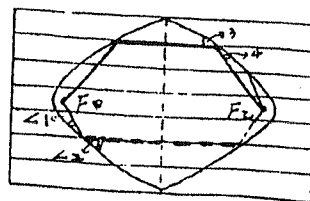


c. 依上法畫至中央垂直線最下方。(如圖)

3. 雙拋物線與焦點之關係分析：

- (1) 由 $F_甲$ 至 $F_乙$ 各路徑等長。(等於繩長)
- (2) 各路徑與拋物線之夾角相等。

將雙拋物線分開(或將繩子放長)則路程距離也會相等。依軸心通過 $F_甲$ 、 $F_乙$ 二點旋轉 180° 即得雙拋物面。

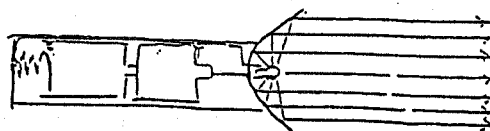
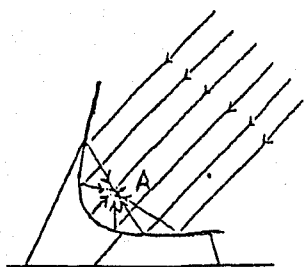


所以：自 $F_甲$ 發出聲音分散以後，經過拋物面的反射，必定同時到達另一個焦點 $F_乙$ 上。

【應用】問：在光波和無線電波的應用上，有那些例子：

1. 中耳朵無線電波接收天線系統

中耳多是單一拋物面，用以接收來自人造衛星的無線電波。天線裝置在焦點上，接收加強的電波。



2. 手電筒的小燈泡或汽車的遠燈裝在拋物面的焦點上，產生平行的反射光。使光照得很遠。

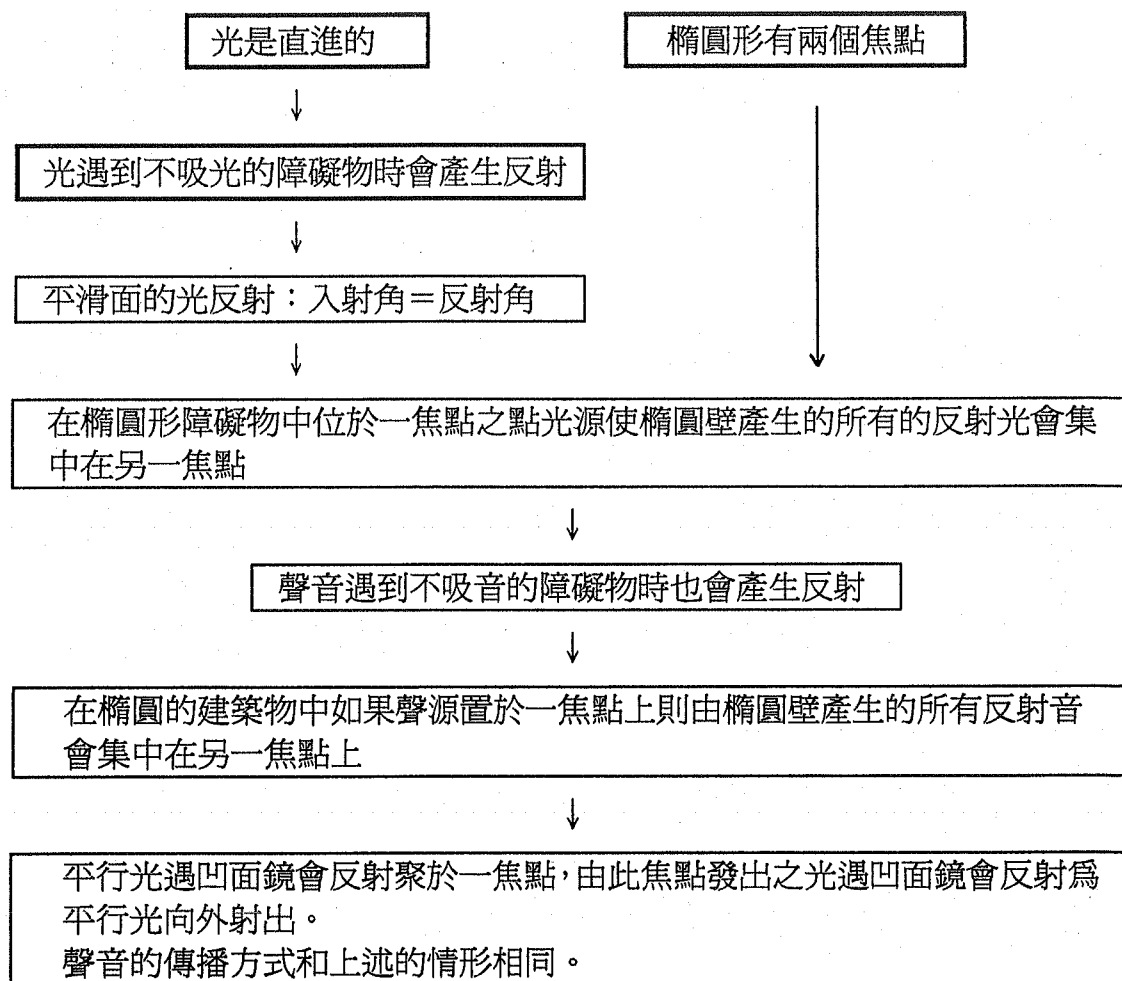
3. 太陽爐也是利用拋物面鏡以收集太陽熱能。

4. 育樂廳可以利用凹形拋物球面的反射以容納更多的聽眾，演奏者集中在一焦點附近，而聽眾則集中在另一焦點附近。

以上的學習活動，希望職前國小教師由實例中體會思考的學習方法，及創造思考的研究機會，冀能協助科學教育的推廣，及提昇教學品質。更使校外教學資源充分利用，同時發揮寓教於樂的效果。

經歷校外的學習後，要求師院生將學習過程中的概念加以分析，列出概念結構表，使他們認識知識是由許多相關概念連結而成的。

他們共同研討出來的學習概念結構表如下：



接著，要求學生指出這些相關概念中，什麼是這次活動的主要概念？他們在研討中能指出主要概念是橢圓屋中二焦點上光和聲音的反射現象。

再問，怎樣分析這個活動中解決問題的教學策略。（註：解決問題教學策略在這班上事先已經介紹過了。）

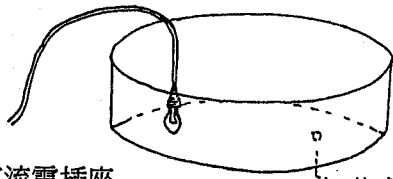

大家一起分析研討的結果如下表(見下頁)：

活動中，喜見師院生能表現創造思考的能力去設計實驗方法驗證他們自己的推論

。所以當教學者向他們介紹教學中敏覺性、獨創性、流暢性、變通性和精密性時，大家都能會心一笑，感覺學習的喜悅，也更能明白教育課程中學過的理論了。

由這些功課師院生可以認識到學科知識的實質結構知識 (Substantive structure)與章法結構知識 (Syntactic structure)。前者會影響教師對特定課程內容的選擇與教材的批判；後者，在科學的領域中則強調探究過程與實驗方法，以獲得新知。

同時，師院生在這種學習活動中對外在訊息會用原有的知識來思考、來解釋，也就是每個人都會建構出他自己對周遭環境適用的心智模型，建構的結果要和大家溝通、妥協和分享。並且深入體會在探究問題時將學習的概念加以關連、建構新知的歷程。

思考階段	教 學 過 程	探究者	科學過程技能
情境	1.觀察光的直進與反射 2.橢圓作圖	學生	觀察 傳達
問題	在橢圓屋中，若是在其中一個焦點上放一個點光源，會產生什麼現象？	老師問	
推論	點光源的光線四射後，每條光遇到平滑的橢圓牆，可能會反射到另一焦點聚集為亮點。	學生	推理 形成 假設
設計 驗證	<p>暗室中橢圓盒之一焦點處放一個燈泡，應見到另一焦點處出現亮點。</p>  <p>用交流電插座</p> <p>此處盒底出現亮光</p>	學生	設計 實驗、 觀察 傳達
解釋	(推論得證)	學生	解釋 資料
推廣 發展	聲音也像光一樣...?	老師問 學生想	推理
推論	可能，因為聲音也會向四周傳出，遇到阻礙物也有回音。 所以：橢圓屋內聲音由橢圓焦點之一處向四周發出再經反射可能會聚集到另一焦點處。	學生	推理 形成 假設
設 計 驗 證	<p>在一橢圓屋中實際實驗：</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1.在 F_1 及 F_2 二點互相小聲密談。 2.由 F_1 處發號施令，F_2 處聽令行動。 3.F_1 處發號施令，各次號令聲音由大漸小。分散各地的人，最後只剩站於 F_2 者能收到號令。 4.以"背對背"的方式驗證推論。 5.除了和他組相似的驗證方法之外，評鑑此橢圓屋之設計... 	學生	設計 驗證 觀察 傳達 推理
解釋	(推論得證)	學生	解釋 資料
推廣 應用	<p>光和聲音在拋物面上的應用</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.手電筒、車燈... 2.音樂臺、中耳朵、雷達 	學生	推理

學習活動中，教師引導學生運思的操作，由討論方式使學生爲了發表去統整思考，藉由他人的意見，得以對事物間的關係更清楚地認識。

"光與聲音"在師院生的知識背景和國小教材的需求均須加以考量，因爲課程的縱向發展、相關課程的橫向關連等知識也會影響我們的教學內涵。

教師充分瞭解課程的設計，才能掌握教材教法，在教學過程中協助學生獲得有效的學習。

而當今師範教育的課程設計（或在職研習課程）強調學科知識與教學知識的分野，忽略教師在師資培育的學程中應如何協助教師統整其學科教學知識（段曉林，民 84）。這正是本文關切的核心問題。

"這種學習很愉快！老師你是怎麼想到用這種方法來教我們的？這種教法需要那些知識？"於是展開學科教學知識的介紹，並要求師院生以自己的學習實例，逐一分析教學中的學科知識、教學知識、課程知識、學生知識和情境知識等等，並且明顯地展示了各種知識的融合呈現。

當然，同樣的主題，如何設計一個教學活動來教導國小學生，是師院生的作業，那就需要靠他們自己去建構了。