地球運行之探討與應用

國中組　第三名

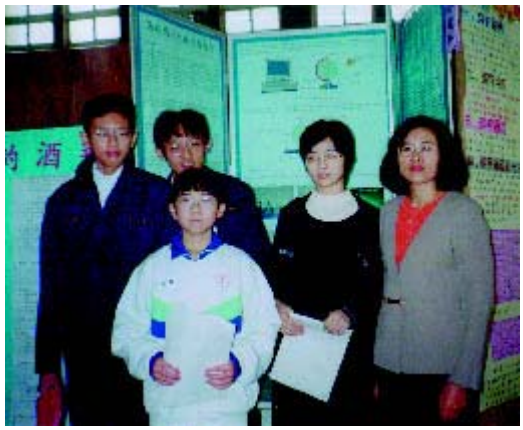
縣　市：苗栗縣

校　名：照南國中

作　　者：陳敬軒、沈志隆

　　李浩鵬、黃靖翔

指導教師：鍾秀茹、劉碧雲



陳敬軒，個性喜歡探索和冒險，具有「存疑創新、即物窮理」的科學精神。凡事「實事求是、精益求精」面對困難，擅於應變及解決問題。平時熱愛藝術創作、曾蟬連苗栗縣鋼琴及大提琴七年冠軍，且個性樂觀隨和，人緣極佳。

沈志隆，國中三年級學生，休閒時喜歡閱讀及打籃球；從小便經常接觸大自然、旅遊經驗豐驗；對自然學科如生物、理化、地科都有濃厚興趣。曾獲得國中作文縣級比賽優等及鄉寫作縣級第2名。待人真誠、純真快樂。

李浩鵬，就讀照南國中一年級。從小喜歡信筆塗鴉與廢物利用。他是家中的收藏家，東西找不到，找他就搞定了。雖然平常有些迷糊，不過也常有好點子，像這次科展作品中，把燈泡放置在地球儀中的構想，就是他的傑作。

黃靖翔，就讀照南國中二年級學生。對電腦有蠻好領悟力，曾代表學校參加網路查資料比賽；對於自然學科充滿好奇、興趣，總有問不完的問題。也曾經參加多次的童軍活動，獲得殊榮。

關鍵詞：

地球運行、平行光模擬、方位偵測

一、研究動機

在全世界都期待公元2000年第一道曙光到來的時候，我們卻對地球的運轉產生了好奇。在人類生活的地球上，日復一日、年又一年，晨昏晝夜、春夏秋冬的演出，週而復始，從不間斷。從參考資料中，我們了解到這些現象乃是地球的自轉，同時又繞著太陽公轉所造成的；而且由於地球自轉的赤道面與公轉的黃道面有一固定夾角，使得地球在公轉軌道運行時，太陽輻射的能量直射在地球的緯度，將隨著軌道位置改變。在這種特殊的幾何關係下，地球有了四季、晝長夜短的變化，也有熱帶、亞熱帶、溫帶與寒帶的地理區分。我們不禁佩服幾百年前科學家的智慧，能透過天體與自然變化的觀察、思考，進而洞察出地球運行的奧秘。然而在佩服之餘，也引發我們的興趣，想去挖掘此種運行法則的背後所隱藏的一些物理。在本研究中，我們除了探討地球運行所引發的現象外，也從這些現象，反向思考，構思一些可能的應用。

二、研究目的

在實驗室中，模擬地球所接收到不同角度入射的太陽輻射特性，並由不同緯度的氣象數據，與所接收到的輻射強度變化進行比較，以了解不同緯度與氣溫高低的關係。最後利用上述結果，構思一球型偵測系統，用來測量目標的方位。

三、研究設備

地球儀兩個(直徑各爲10cm、20cm)、油漆、砂紙、燈泡式檯燈、墊圈、放大鏡(孔徑15cm、焦距33cm)、量角器、自製壓克力夾治具、捲尺、方格紙、AC馬達、碼錶、PC攝影機、可取消自動增益控制(AGC)的攝影機、個人電腦、影像處理軟體。

四、研究過程

(一)實驗原理與應用構思

在地球繞太陽運行的過程中，其公轉軌道並不爲正圓，而是一橢圓，太陽位於橢圓雙焦點的其中一焦點上。在太陽直射北回歸線時，地球洽於遠日點處，是爲夏至；直射南回歸線時，則位於近日點處，是爲冬至；而直射赤道時，則爲春分或秋分，如圖1所示。

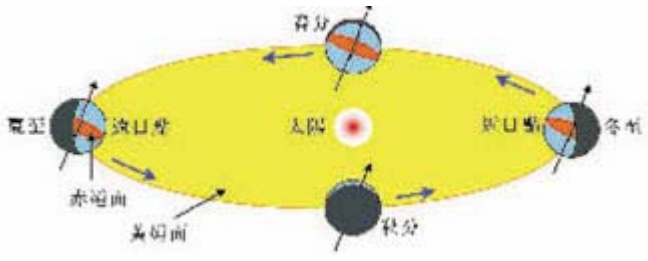


圖1.　地球公轉與四季的形成

在公轉過程中，其自轉軌道(赤道面)與公轉軌道(黃道面)兩平面恆有一夾角約23.45 ，如圖2所示，就是因爲這個角度的存在，使得地球有四季之分。此外，由圖2可知，北半球夏至時，由於自轉軸對著太陽往下傾斜了23.45 ，不僅造成太陽直射位置落在北回歸線

上，亦使得北半球較南半球的日照時間長，這種晝長夜短的現象，緯度愈高愈顯著。

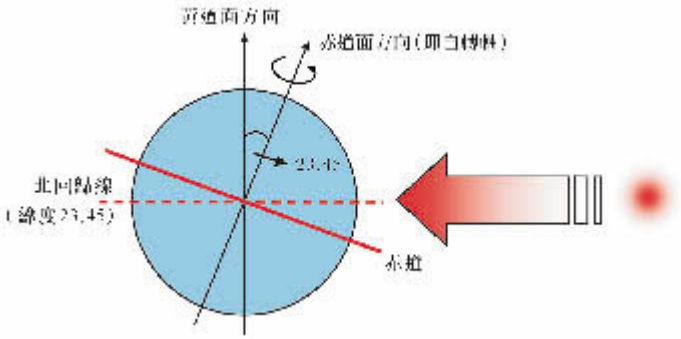


圖2.　北半球夏至時，地球與太陽的幾何關係

了解這種春夏秋冬與晝夜長短不一的原因後，我們可得到兩個結論，第一：地球上某位置所接收到的太陽輻射強度與緯度有關。由於太陽距地球遙遠，因此可將其輻射視爲一平行光源，而對於一固定輻射強度的平行光源而言，被照物體與入射光線的夾角愈大，分散能量的面積則愈大，單位面積所接收到的輻射功率(即照度)就愈少，如圖3.a所示。很明顯的，當此物體的形狀爲球形時，其不同區域所接收的照度分佈若以灰度表示，則應如圖3.b。

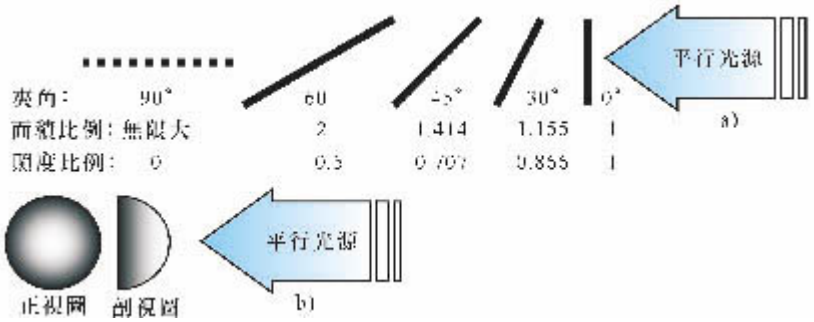


圖3.　平行光源入射時，物體的照度分佈：(a)不同角度之平板；(b)球形

第二：地球上某位置所接收到太陽輻射的時間長短與緯度也有關，因爲緯度愈高，地球自轉時，能看到太陽的時間也愈久(對夏至時的北半球而言)。不過能永遠看到太陽的最低緯度(此處特稱爲臨界緯度)，則與地球自轉軸的傾斜度(或入射角度)有關。傾斜度愈大，臨界緯度愈小，如圖4所示。

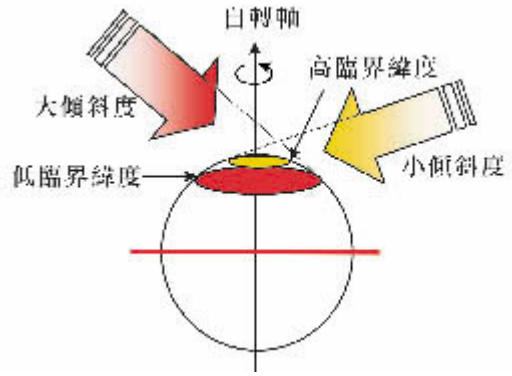


圖4.　不同自轉軸傾斜度（或入射光角度）之臨界緯度變化

由上述兩個結論，可讓我們構思出一個量測目標方位角的模擬系統，如圖5所示。在球體的中心放置光源，於某一經線挖一系列的小洞，以對應於用來偵測目標方位的檢知器，並用一固定標示做爲起始的參考座標；攝影機則用來模擬目標的所在方位，檢知器的信號輸出變化即可對應於攝影機所拍攝的小洞影像強度，由其強度與出現時間的變

化，即可獲得目標的方位角。

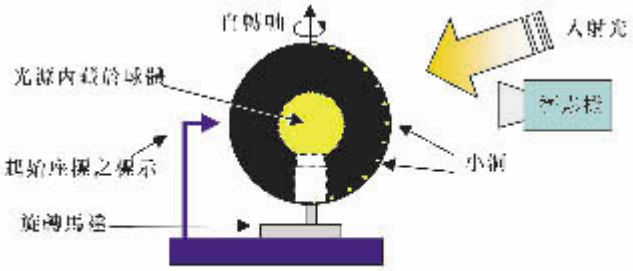


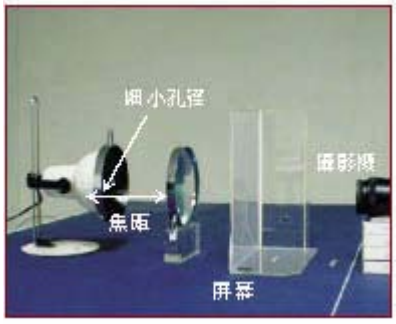
圖 5　球形方位偵測模擬系統示意圖

圖5　球形方位偵測模凝系統示意圖

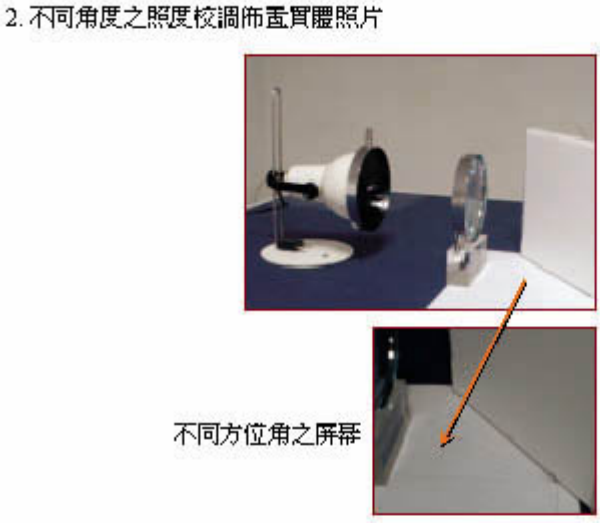
(二)實驗佈置圖

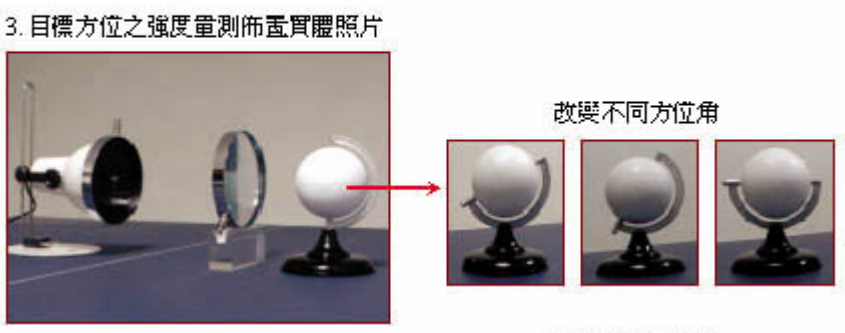
實驗共分爲四部分：1) 平行光源模擬，2)不同角度之照度校調，3)球形體目標方位之強度量測，4)球形體目標方位之時間量測。

1.平行光源模擬佈置實體照片



2.不同角度之照度校調佈置實體照片





4. 目標方位之時間量測佈置實體照片

AC馬達(涼風扇控制方向之馬達)

三)實驗步驟

實驗一

模擬太陽輻射入射至地球之平行光源

1.製作燈泡式檯燈之外罩，在中央挖一約小於墊圈的孔徑，做爲產生平行光源的點光源。

2.調整放大鏡之光軸位置，使得5m左右的平行光柱直徑仍能維持放大鏡孔徑的大小。

3.使用攝影機(取消AGC功能)，與屏幕固定維持40cm的距離，調整屏幕距放大鏡10cm，拍攝屏幕上之光柱影像，並存入PC的影像檔中。

4.依次移動屏幕至20cm、30cm...、120cm，重複步驟4.

5. 以影像處理軟體檢查影像檔中央區域的灰度分布狀況，訂定平行光之可用距離。

實驗二

量度平行光源以不同角度入射之照度與分析不同緯度的氣溫所對應的關係

1.調整屏幕的方向與平行光的光軸一致。拍攝屏幕上之光柱影像，存入PC。

2.依次移動屏幕、攝影機與光軸的相對角度至10°、20°……、80°、85°，重複步驟2。

3.獲得影像檔中光柱的平均灰度值。製作不同相對角度下之灰度變化曲線。

4.由氣象資料，繪製不同緯度之城市相對於晴天下氣溫的曲線。

5.比較步驟5與6之曲線，分析其特性。

實驗三

量度球形體於不同角度入射光下之強度分布

1.選擇直徑小於放大鏡孔徑的地球儀，將其外殼紙張去除，塗上白色油漆後磨成粗糙面。

2.設置如實驗一之平行光源，將地球儀置於平行光源的可用距離與光柱內。

3.調整地球儀之自轉軸，使得緯度0(與平行光的光軸平行。將攝影機盡量靠近光軸， 鏡頭中央對準球心，拍攝地球儀上之光影，存入PC。

4.改變攝影機之角度，依次拍攝地球儀緯度爲20°、40°……、80°的影像，重複步驟3。

5.以影像處理軟體獲得影像檔中光影中央的平均灰度值。

6.製作不同相對角度下之灰度變化曲線。

實驗四

量度球形體於不同攝影角度下，小洞出現的時間分布

1.選擇直徑較大的地球儀，將其外殼地圖去除。外殼鋸開，於中心放置一燈泡座與5W 燈泡。於某經線位置，用電鑽鑽出一排小洞，各分佈在0˚、10˚……、90˚的緯度位置。將地球儀的自轉軸與AC馬達相連，帶動其旋轉。接上燈泡電源。

2.調整攝影機角度，對準球心與緯度20˚，紀錄每個小洞之出現時間。

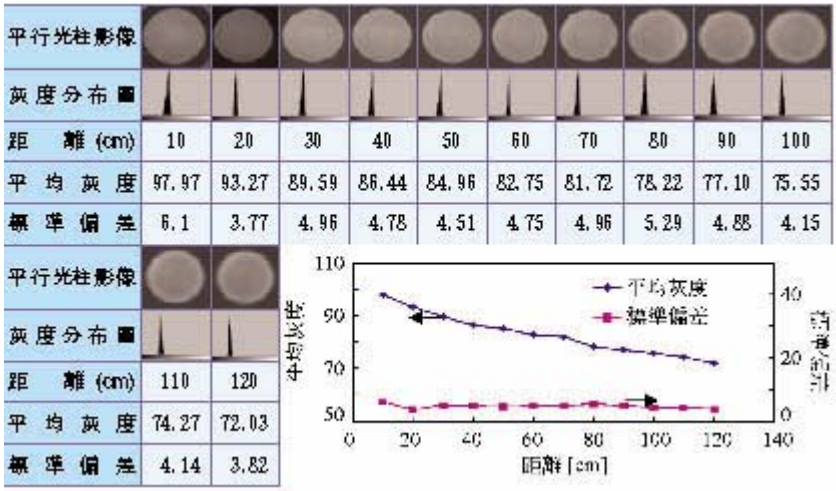
3.改變攝影機之角度，依次拍攝角度對準緯度40˚、60˚、80˚的影像，重複步驟2。

4.製作不同攝影角度下，小洞出現時間的變化曲線。

五、研究結果

實驗一

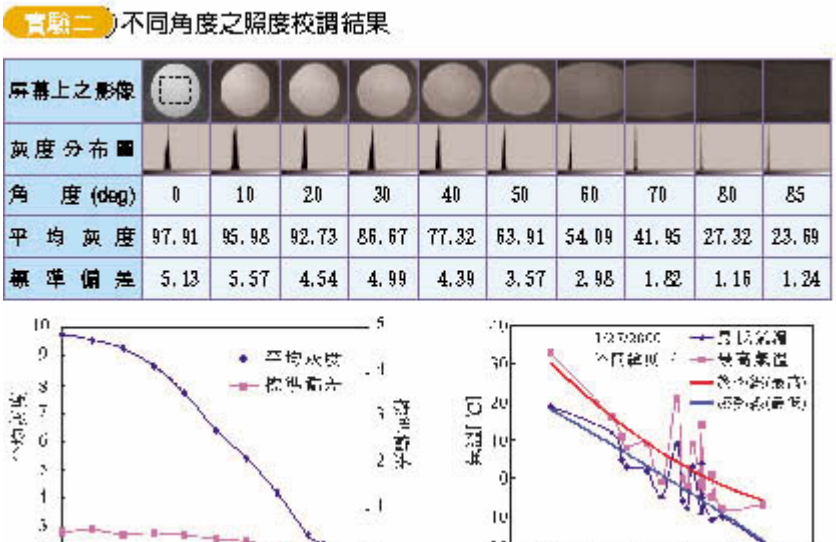
平行光源模擬結果



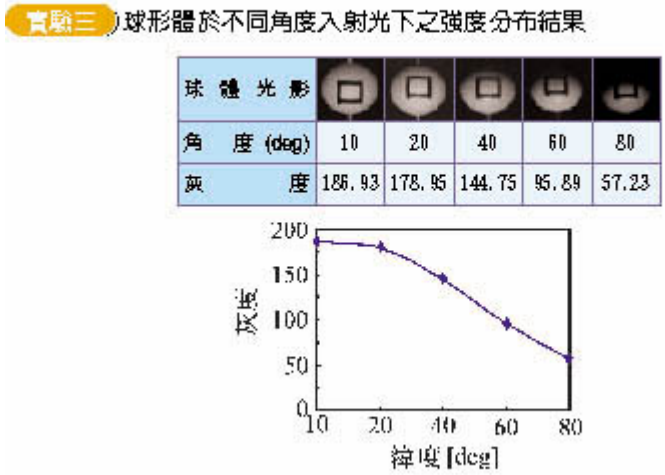
平行光柱影像										
灰度分布圖										
距　離 (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
平 均 灰 度	97.97	93.27	89.59	86.44	84.96	82.75	81.72	78.22	77.10	75.55
標 準 偏 差	6.1	3.77	4.96	4.78	4.51	4.75	4.96	5.29	4.88	4.15
平行光柱影像										
灰度分布圖										
距　離 (cm)	110	120								
平 均 灰 度	74.27	72.03								
標 準 偏 差	4.14	3.82								

實驗二

不同角度之照度校調結果

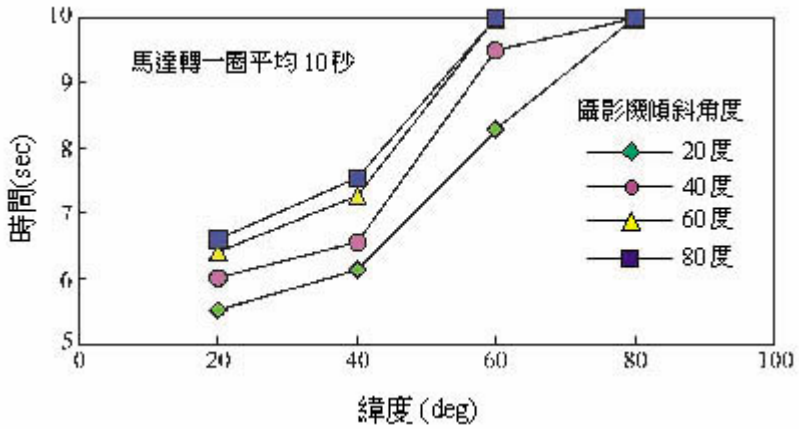


實驗二 不同角度之照度校調結果										
屏幕上之影像										
灰度分布圖										
角　度 (deg)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	85
平 均 灰 度	97.91	95.98	92.73	86.67	77.32	63.91	54.09	41.95	27.32	23.69
標 準 偏 差	5.13	5.57	4.54	4.99	4.39	3.57	2.98	1.82	1.16	1.24



實驗三

球形體於不同攝影角度下，小洞出現的時間分布結果



六、討論

1.在一些自然現象中，地球運行所扮演的角色可歸納如下：

a)晨昏晝夜-自轉

b)氣候帶別-地球形狀

c)春夏秋冬-地球形狀+公轉+自轉軸傾斜

d)晝夜長短-自轉+地球形狀+公轉+自轉軸傾斜

上述b)-d)三項，皆與地球的形狀有關，尤其是氣候帶的區分，主要是球面在接收太 陽輻射時，緯度愈高，與太陽夾角則愈大，單位面積所接收的輻射功率變小，使得氣溫降低；c)、d)兩項中則更加上公轉與自轉軸傾斜的因素。我們即由此構思出一個能偵測目標近720度全方位的球形檢知系統。

2.太陽由於距地球極爲遙遠，因此到達地球的輻射近似平行光。實驗一中的平行光模擬，焦點處的光源必須愈小愈好，才能使得經放大鏡後的光束接近平行光，否則若爲擴展光源，不在焦點處的部分將產生不平行光，引起擴散。不過，必須注意的是，光源也不能過小，使得平行光的輻射強度太弱，影響實驗的準確度。此外，放大鏡的焦距愈長愈好；孔徑的大小則除了須涵蓋所要實驗的球形體範圍外，亦須考慮其對於平行光品質的影響，原則上，愈大愈佳。實驗結果墊圈的直徑以4～5mm較適當，放大鏡的規格爲，

焦距330mm，孔徑15cm。

3.由實驗一的結果知，模擬出的平行光柱，其空間灰度分布的標準偏差在不同距離皆差不多，惟強度隨距離增加仍有些微變弱，而且光柱邊緣愈來愈模糊。因此，若空間允許，待測物愈接近放大鏡愈好，原則上，在20cm～40cm之間較恰當。

4.實驗二的照度校調中，在固定的光源光束截面上，由於縱深保持不變，因此，當屏幕角度改變時，其面積變化只要考慮橫軸一度空間即可。理論上，面積的變化爲角度的餘弦，亦即照度會隨著角度的餘弦變小。

5.爲避免天空雲層的阻隔影響，實驗二中不同緯度城市的氣溫僅選取晴天的地區。不過，於洛杉磯、舊金山與東京等大城市的氣溫似乎偏高，可能是洋流的影響與溫室效應的原因。

6.實驗三的結果歸一化後相當接近校調結果，當未來實際以量測系統進行方位角量測時，目標的垂直方位可由經線上的一系列檢知器讀出，經校調後可得最佳的數值，水平方位則以此時經線所在位置距初始位置的差量獲得。

7.由實驗四結果可知，當目標垂直方向的角度愈大時，愈高緯度的檢知器具有信號輸出的時間愈長。我們亦可由經線上各個檢知器輸出信號的時間長短，來推算目標的最佳垂直方位。水平方位仍用此時經線所在位置距初始位置的差量來獲得即可。

七、結論

地球的運行與人類的生活息息相關，現象的背後其實隱藏著許多物理意義，深入探討不但使我們了解大自然的奧秘，更能啓發新的思維而加以活用。在研究中，我們探討了太陽輻射落在地球上時間與強度的特性，並且同時提出一旋轉球形全方位目標偵測系統的構想。目前僅以模擬的方式，利用攝影機來取代經線上的檢知器，初步驗證可行，未來將尋找適當的檢知器，進行製作以實現此應用構想。

八、參考資料

1.時代生活知識文庫-太空與行星，時代—生活叢書出版社

2.國語週刊叢書-科學寶庫(下)自然篇，國語週刊雜誌社

3.陳詩勤譯，"工業光學"，徐氏基金會出版

評語

作者借助PC攝影機與AGC攝影機拍得自製的平行光以不同的角度入射球儀，將取得的資料輸入電腦來探討地球自轉對太陽公轉造成地球的四季予以說明，構思很好。

回到目錄頁../Index.htm