

雷射溫度計

國中組物理科第二名

苗栗縣立照南國民中學

作者：李富峰、陳敬睿

指導教師：陳信聰、邱永金

一、研究動機

好幾年前的夏天，我們全家駕車出去遊玩，豔陽高照，我在車內往外欣賞風景，忽然看見車子的前方路面上，好像有一灘水，但車子開過去後，水卻不見蹤影。回家後，我由學習文庫中，知道那是因為高密度的冷空氣和低密度的熱空氣在貼近地面處相接，由於不停的變化，光線折射的結果，使得地面看起來就像水面一樣，前方車子的影像有時也會折射到我的眼睛來。在沙漠或海面上，它常常造成海市蜃樓的產生。上了國中，我於書店的書架上，無意中翻閱到理化第三冊第十六章，裡面詳細描述了有關光的特性，在高中物理第三冊中，也有深入的原理說明，讓我更加深對光折射的了解。為了驗證這些書本上的理論，因此便構思如何在日常生活中，觀察到海市蜃樓的現象，並加以應用。於是在老師的協助下，進行這次研究。

二、研究目的

設計一個實驗，模擬大自然產生海市蜃樓的狀況。觀察雷射光束通過熱空氣上方與下方時，屏幕上雷射光點的變化，並且測量不同溫度的熱空氣對偏移量的影響程度。

三、研究設備

雷射指位筆、熱風機、熱偶溫度計、反射鏡六面、雙面膠帶、積木與小紙片若干、方格紙、攝影機、個人電腦、影像擷取卡。

四、研究過程

a. 實驗原理

光線在介質中傳播時，本為直線進行，但是碰到另一介質時，由於速度產生改變，因此產生了偏折。如圖 1 所示。若介質 2 的折射率 n_2 大於介質 1 的折射率

n_1 ，那麼折射角 a_2 將小於入射角 a_1 。

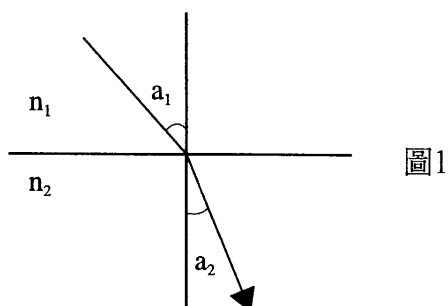


圖1

相反的，如果光線由介質2入射到介質1，如圖2所示，此時入射角為 a_2 ，折射角為 a_1 將變大。而且當入射角增加到某個角度C時，折射角將會達到 90° ，大於C的入射光線則會產生全反射。

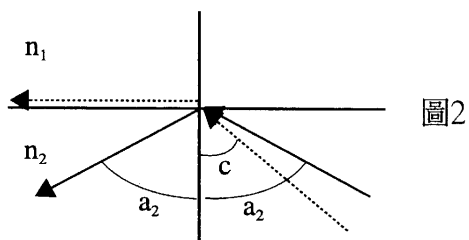


圖2

由上述光線折射的原理描述，我們不難理解海市蜃樓現象產生的原因，如圖3所示。

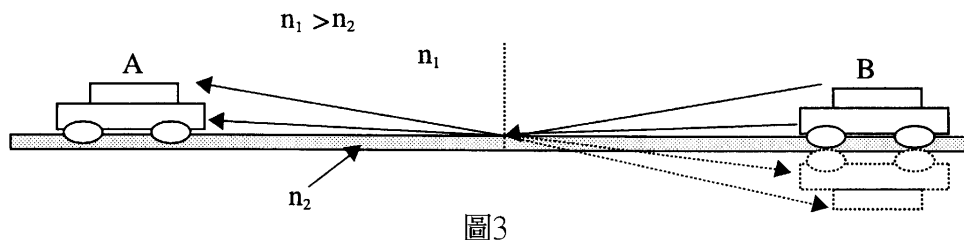
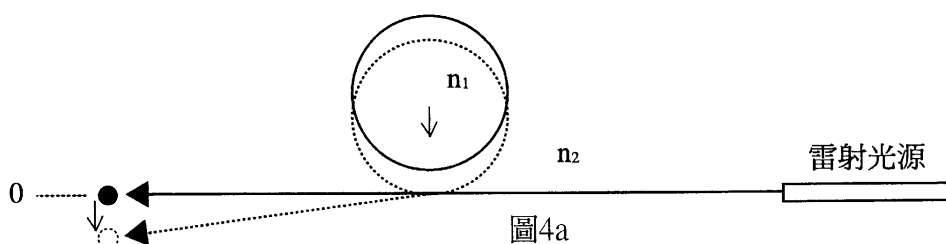


圖3

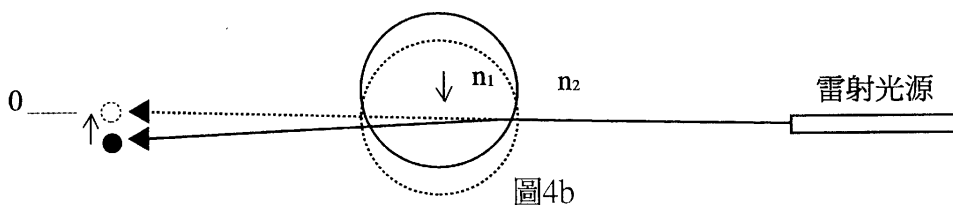
在炎熱的天氣裡，道路表面因太陽曝曬的結果，在其上方的空氣因變熱而密度降低，即折射率 n_2 小於 n_1 。觀察者坐在A車中，遠處的B車由於入射角相當大，造成全反射，因此可看到車子的倒影。也就是說，此時路面如同一面鏡子，將遠處的物體與天空景像全部反射到A車中的觀察者，而由於熱空氣不斷上升造成空氣密度的變化，因此，這個鏡面會如同水面般的飄動。在近處的物體則因入射角較小，全反射的現象較不易發生，只有因空氣密度變化時，折射角改變所造成的物體浮動現象。

了解海市蜃樓產生的原因後，我們可設計一個實驗，用雷射光束模擬物體產生的光源，將熱空氣通過雷射光，然後觀察雷射光來的偏折現象。如圖4a，我們把熱風機所產生的熱空氣柱與雷射光束垂直，熱空氣的折射率為 n_1 ，冷空氣為 n_2 ，剛開始時，雷射光因沒有通過熱空氣，所以並未偏折，如圖4a中的實心圓，我們將此時的偏移量訂為0。

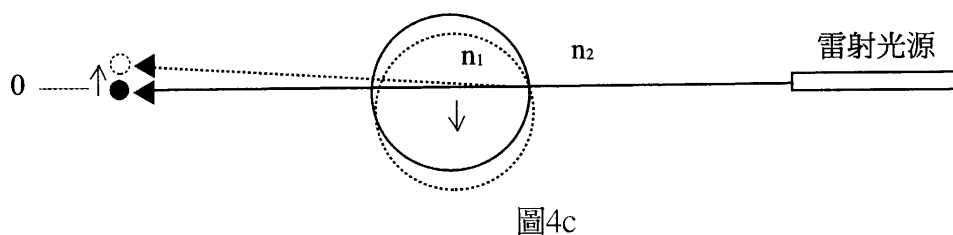
若熱空氣柱往下移，當接觸到雷射光時，入射角 a_2 接近 90° ，因 $n_2 > n_1$ ，所以會產生全反射，雷射光點會往下偏移，如圖4a中的虛線圓。由於全反射角愈小（即入射角愈小），下偏移量愈大，因此最大的下偏移量會發生在入射角 a_1 稍大於圖2中的C時。



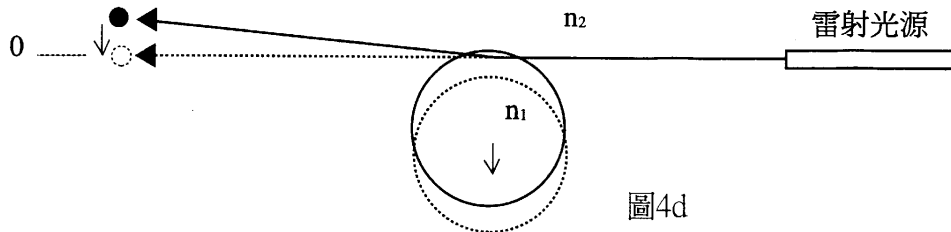
若熱空氣柱繼續往下移，入射角愈來愈小，雷射光開始產生折射，下偏移量變小，雷射光點開始往上移。當熱空氣柱的中心通過雷射光束時，因為入射角為零，所以偏移量變回0，如圖4b。



熱空氣柱通過中心以後，雷射光又開始產生折射，不過現在因入射角變成在下方，所以雷射光點會繼續往上移，如圖4c所示。

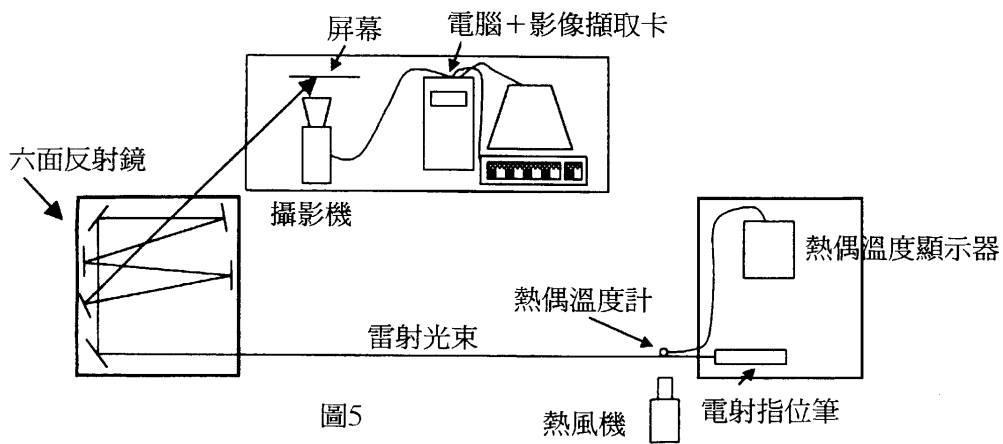


這個上偏移量在入射角稍大於圖2中的 C 時，因剛產生全反射又達到最大。之後，隨著入射角（即全反射角）的增大，上偏移量減小，雷射光點開始往下移，直到熱空氣柱完全通過雷射光束，偏移量又變回 0 為止，如圖 4d 所示。



上面的雷射光點的偏移量變化是針對某固定溫度的熱空氣而言，但是當熱空氣的溫度愈高時，折射率愈小，因此能產生全反射的入射角愈小，所以上面過程中的最大偏移量會變大。我們可進一步改變熱空氣的溫度，然後測量最大偏移量的變化。

b. 實驗佈置圖



c. 實驗步驟

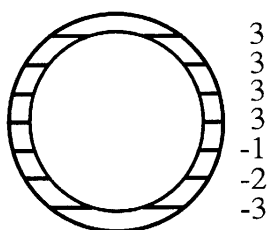
〔實驗一〕

目的：觀察熱空氣柱往下移時，雷射光點偏移量的變化

- (1) 將六面反射鏡，每面分別用雙面膠帶固定在積木上，並將其編號由 ①到⑥。
- (2) 將雷射指位筆的開關束上橡皮筋，使它能一直發射雷射光。調整雷

射光之發射方向，使其射入編號①反射鏡正中央。

- (3) 用手左右調整以及墊上小紙片調整上下，使經由編號①反射鏡反射之雷射光能射在編號②反射鏡之正中央。
- (4) 重複步驟(3)，依序調整編號②、③、④、⑤、⑥之反射鏡，最後使雷射光點顯示在方格紙屏幕上，用攝影機拍攝雷射光點的影像。
- (5) 於方格紙上的雷射光點處標示兩條橫線（寬為3mm）做為基準，以便隨後於電腦螢幕上，能計算雷射光點的實際偏移量。
- (6) 調整攝影機以對準方格紙上的雷射光點，進行拍攝。影像輸出訊號接至PC中影像擷取卡的視訊輸入端，此時開啟PC的視訊擷取軟體，即可於螢幕上觀察到雷射光點的影像。
- (7) 在熱風機吹口邊緣處，由上往下等間格畫 7 條橫線，編號 3，2，1，0，-1，-2，-3，代表熱風機吹口中心與雷射光束的距離，如下圖所示。
- (8) 一人手持熱風機，從上往下移動，吹出的熱風緩慢垂直通過雷射光束，另一人報告雷射光束位於熱風機吹口的距離編號，同時錄音於攝影機的錄影帶中。



- (9) 播放實驗的錄影帶，聽到距離編號，即利用影像擷取工具將畫面抓取存檔。於這些影像中，利用畫面方格紙上所標示的兩條橫線，計算雷射光點的偏移量，然後繪製雷射光點與偏移量距離編號的曲線。

[實驗二]

目的：測量雷射光點最大偏移量與熱空氣柱溫度的關係

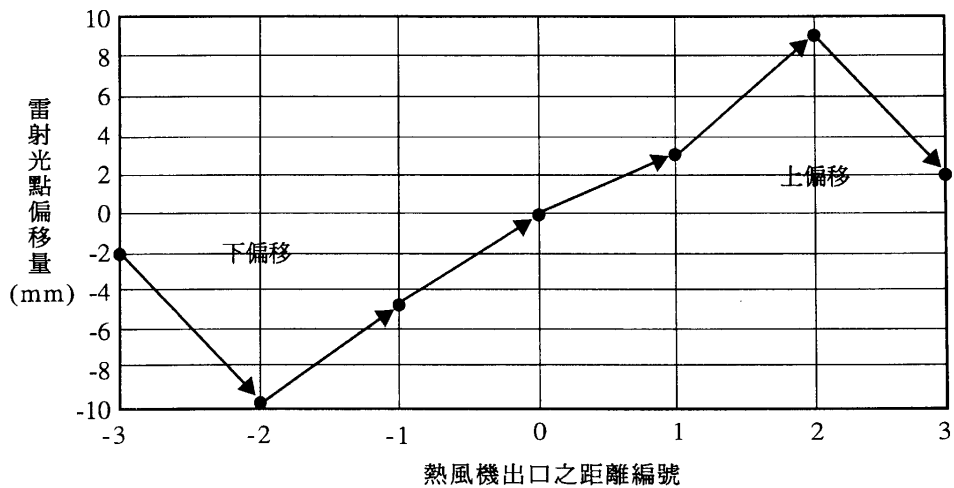
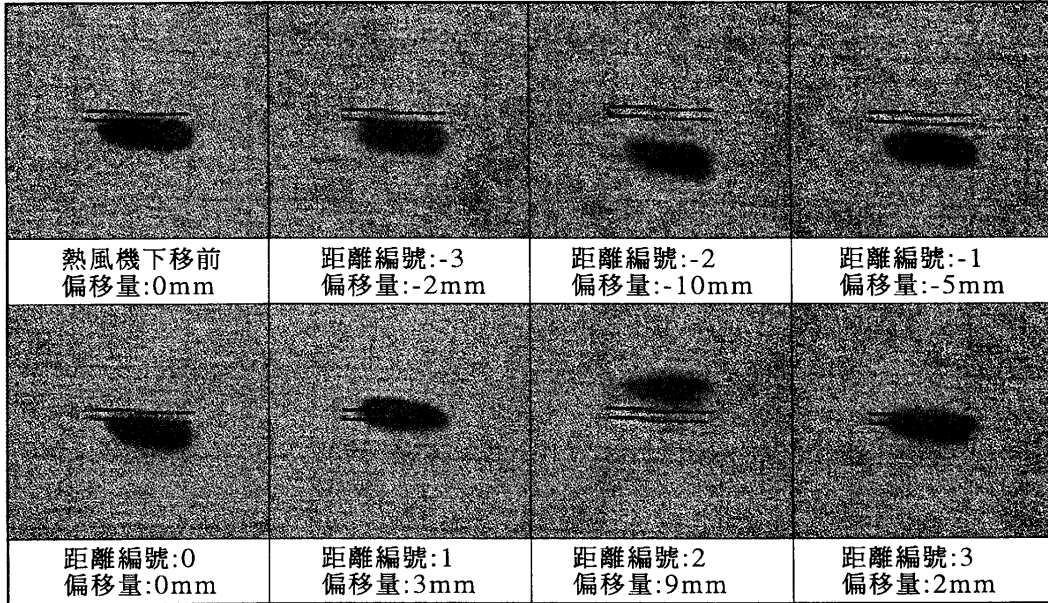
- (1) 如圖5，將熱偶溫度計的熱偶線端平行且緊靠於雷射光束，記下此時的溫度，即室溫。
- (2) 一人手持熱風機從上往下移動，吹出的熱風緩慢垂直通過雷射光束與熱偶線端，以攝影機拍攝屏幕上雷射光點的偏移量變化，記錄最大的偏移量。

(3)調整熱風的溫度分別為50°C、100°C、150°C、200°C、300°C、400°C，重複步驟(2)。

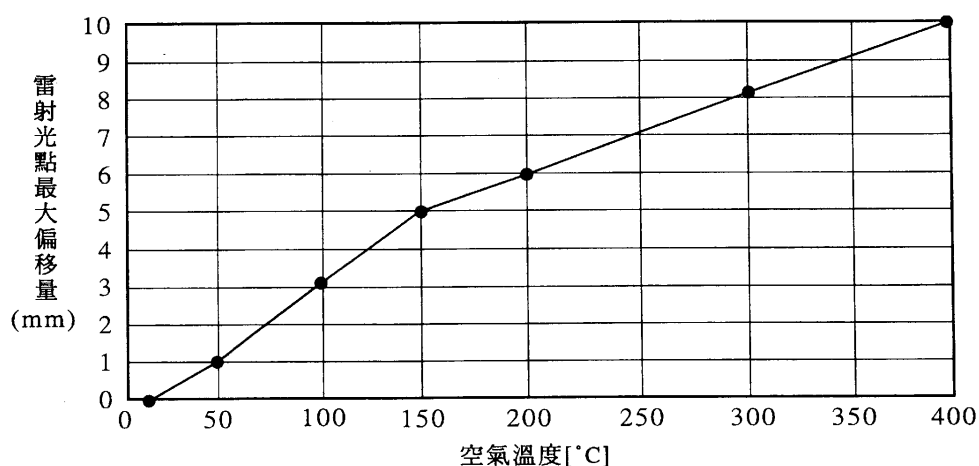
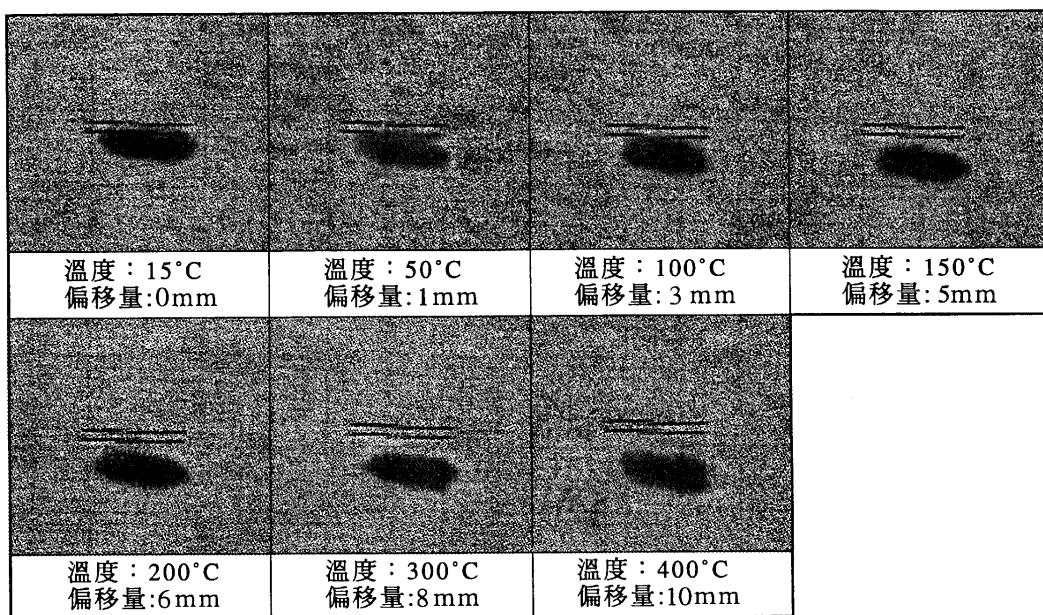
(4)繪製雷射光點的最大偏移量與不同熱風溫度的變化曲線。

五、實驗結果

[實驗一]



[實驗二]



六、討論

- (1)我們在自然界中所看到海市蜃樓現象，其光已行進很長的距離了，因此雷射光束必須傳播很長距離後，才能觀察到雷射光點的變化，而在實驗室中因空間受限制，所以本實驗採用六面反射鏡來達到這個目的，並且儘可能提高熱空氣柱的溫度。
- (2)本實驗原欲測量瓦斯噴燈的火焰溫度，以探討火焰大小和雷射光點變化之間的關係，但由於火焰的溫度過高（至少900°C），溫度計無法測量，且火焰不太穩定，因此將瓦斯噴燈改為熱風機（溫度可達~450°C）。

- (3)於本實驗中，當熱空氣在冷空氣的下方時，雷射光點往上偏移，這種現象似乎與圖3中觀察者所看到的不一樣，車子的影像往下且是倒影。這是因為觀察者所看到的是虛像，就好像看到鏡子的反射一樣，而雷射光點則是實際打在屏幕上的實像。
- (4)相對於水銀溫度計或酒精溫度計所測量的溫度，我們所研究的雷射溫度計，其適用的為相當高溫的量測，因為待測空氣的溫度愈高，雷射光點的偏移量愈明顯，所測量的溫度會愈準確。不過由實驗二的曲線變化中，似乎顯示當溫度愈高時，最大偏移量的變化有減緩的趨勢，也就是說，在比較高溫的情況下，最大偏移量與空氣溫度可能不是成正比的关系，或是折射率與空氣溫度已經不是單純的線性關係了，這有待往後進一步的用理論分析與實驗加以驗證。

七、結論

- (1)由實驗一所觀察到的雷射光點偏移量的變化，大致上為與原點對稱的曲線，和我們所預期的相符，只是由於熱風機無法拿的很穩，仍然有些微的誤差。如果改用可調整上下的固定架來移動熱風機，應該可以做比較精確的測量。
- (2)由實驗二的結果顯示，由熱風機吹出來的氣體的溫度愈高，雷射光點的最大偏移量愈大，所以我們可以由最大偏移量的大小，來推估其他未知的空氣溫度，這也是本研究名為雷射溫度計的原因。

八、參考資料

- (1)孩子的第一套學習文庫—小小科學家，時代—生活叢書出版社。
- (2)時代生活知識文庫—天氣與氣象，時代—生活叢書出版社。
- (3)國中理化第三冊，國立編譯館。
- (4)高中理化第三冊，國立編譯館。

評語

本作品探討雷射光通過高溫氣流時所發生偏移量與熱氣流溫度的關係，設計一項實驗裝置觀察雷射光的偏移，經攝影機拍得影像，轉入電腦中，由螢幕顯示出來，依據實驗結果從而判斷未知熱氣流的溫度，本作品構想尚具創意，惟作為溫度計使用，測量尚嫌不夠簡便，現場作者表達能力頗佳，對實驗裝置及電腦操作甚為熟悉。