

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

第二名

080823

它真的看的見--利用雷射光偵測微小位移之
研究

臺北市大安區幸安國民小學

作者姓名：

小五 顏紹裘 小五 湯家瑜 小五 林珮懷
小五 許翮哲

指導老師：

林進焜 許淑珠

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生活與應用科學科

組 別：國小組

作品名稱：它真的看得見！ ---利用雷射光偵測微小位移之研究

關 鍵 詞：微小位移、振動、雷射光

編 號：

目 錄

壹、摘要	3
貳、研究動機	4
參、研究目的	5
肆、研究設備及器材	6
伍、研究過程與方法	7
一、[實驗一] 看見大小聲	7
(一) 實驗目的	
(二) 實驗方法	
(三) 實驗結果	
(四) 討論	
二、[實驗二] 看見「Do,Re,Mi」	11
(一) 實驗目的	
(二) 實驗方法	
(三) 實驗結果	
(四) 討論	
三、[實驗三] 為什麼反射光有位移放大的效果？	15
(一) 實驗目的	
(二) 實驗方法	
(三) 實驗結果	
(四) 討論	
四、[實驗四] 看見 1°C 的氣體熱膨脹	19
(一) 實驗目的	
(二) 實驗方法	
(三) 實驗結果	
(四) 討論	
五、[實驗五] 看見脈搏的跳動	21
(一) 實驗目的	
(二) 實驗方法	
(三) 實驗結果	
(四) 討論	
陸、結論	25
柒、未來展望	26
捌、參考文獻	27
玖、附件	27
「光之舞」CD 片一張	

它真的看得見！！---利用雷射光偵測微小位移之研究

壹、摘要

應用光線的反射和直行特性，以簡單的實驗器材設計出偵測微小位移的實驗方法，可以把生活中許多自然現象的微小變化量放大，方便我們用眼睛直接觀察。利用傳聲筒橡膠膜上的小光碟片在接收到聲波後，發生微小的振動，藉由投射在遠處屏幕上反射雷射光點的位移放大效果，產生一個聲波振動的放大圖形。反射雷射光圖案的大小、形狀會隨著聲音的音量、音調和不同的聲音迅速變化。爲了深入了解利用雷射光偵測微小位移的基本原理，我們測量在不同屏幕距離下，光碟片反射鏡偏轉角度與反射雷射光點移動距離的關係。利用偵測溫度上升 1°C 時，空氣受熱體積膨脹的微小變化量，以驗證我們的實驗方法。最後，應用於人體脈搏跳動的測量，將脈搏跳動的大小用比較科學的數據表示。以後中醫師就不用把脈了，改用“看脈”的比較好！

貳、 研究動機

記得三(上)的自然課上「光的探索」單元時，老師教我們光有反射和直行的特性。那時就有同學「學以致用」的拿鉛筆盒上的小鏡子來反射太陽光，照射同學的臉以捉弄人。玩鏡子反射陽光的遊戲時，我們體會到了鏡子的傾斜方式和陽光照射部位有著密切關係。這學期自然與生活科技課，老師教到「物質與熱」和「聲音」兩個單元，我們瞭解了物質受熱會膨脹，聲音有音量、音調、音色三要素。通常熱是用感覺或測量觀察的，而聲音是用聽的。但是，是不是有其他的觀察方法呢？看到老師桌上那支上課用的雷射光筆，讓我們突發奇想，是否光線的反射和直行的特性可以有什麼有趣的應用呢？我們感到很好奇，於是進一步設計實驗來觀察。

〔與教材相關性〕二下 — 小話筒、三上 — 光的探索、五下 — 物質與熱；聲音。

參、 研究目的

生活中有很多現象是很難用眼睛直接觀察到的，因為這些現象通常它的變化量很小，不易觀察。例如我們都知道聲音來自物體振動，但我們習慣聽見聲音，卻看不見聲波或物體振動。在上自然課時，我們利用光學顯微鏡把微生物放大方便觀察；那麼有沒有什麼簡單的方法可以把微小的變化量放大，方便我們用眼睛觀察呢？於是我們試著應用光線的反射和直行特性，以簡單的實驗器材，設計出偵測微小位移的實驗方法，用來進行下列的觀察與研究：

- 一、 看見聲波的振動和測量聲音音量的大小。
- 二、 看見高低音調的聲波。
- 三、 研究反射光偏移量與反射鏡偏轉角度和屏幕距離的關係，以了解利用雷射光偵測微小位移的原理。
- 四、 偵測溫度上升 1°C 時，空氣受熱體積膨脹的微小變化量。
- 五、 看見人體脈搏的跳動和測量出脈搏跳動的大小數值。

肆、 研究器材設備

紅光雷射筆，回收的光碟片，剪刀，小鋸子，羽球空罐，洋芋片罐，茶葉罐，小型聲音擴大器和麥克風，雙面膠，膠帶，分貝計，溫度計，橡膠手套，角鐵架，夾子，束帶，捲尺，直尺，自製光碟片角度旋轉座，量角器，可樂空罐，鐵塊，全開白紙，奇異筆，塑膠板，高音笛，小提琴，數位相機，個人電腦。

伍、 研究過程與方法

一、〔實驗一〕 看見大小聲

(一) 實驗目的

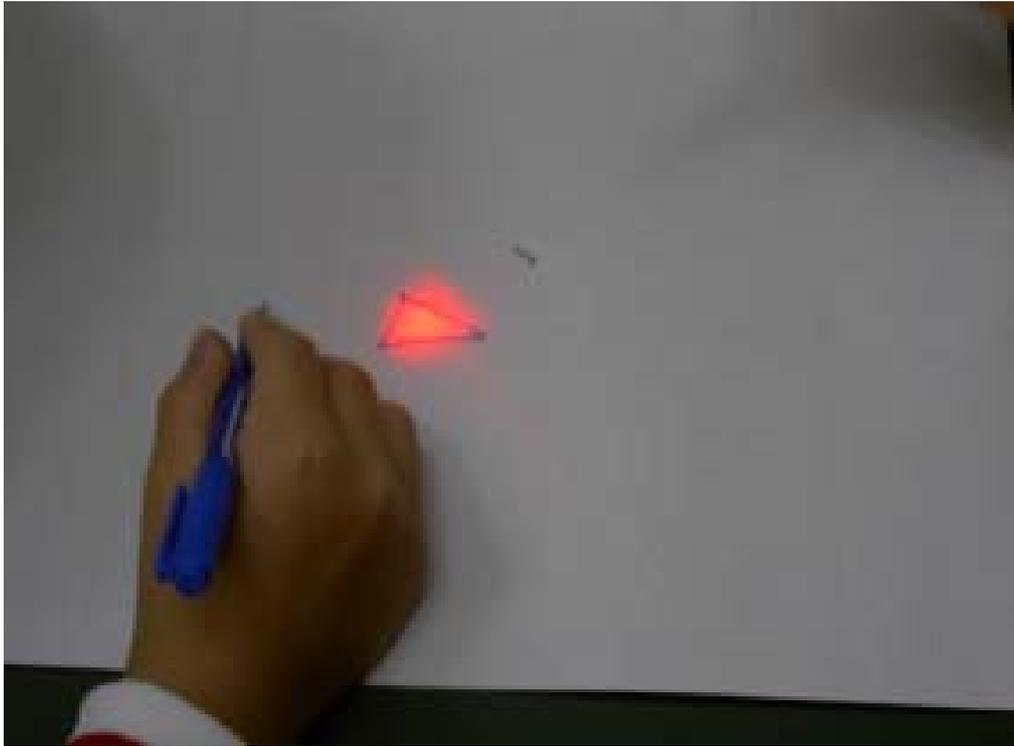
利用傳聲筒橡膠膜上的反射鏡的振動，造成反射光的移動來看見聲音，以及測量出聲音的大小。

(二) 實驗方法

1. 實驗裝置如圖(1)中的照片所示。
2. 裝茶葉的空罐直徑為 10 公分，用小鋸子切下長約 10 公分的一段作為傳聲筒。
3. 橡膠手套用剪刀剪開，並剪下一段大小約可蓋住罐口的橡膠膜。把橡膠膜緊繃在茶葉罐的一端，並用膠帶繞幾圈固定。
4. 廢棄回收的光碟(CD)片用剪刀剪下一塊邊長約為 5mm 的正方形小塊當作反射鏡。
5. 用雙面膠把小塊光碟片貼在傳聲筒橡膠膜的中間位置，並將傳聲筒的另一端放在小型聲音擴大器的前面，收集擴大器發出的音波。
6. 紅光雷射筆用束帶固定在鐵架上，將雷射光照在光碟片反射鏡上，接著藉由移動鐵架和傳聲筒把反射光投射在自然教室黑板上。反射鏡離黑板的距離為 7.6m。
7. 在黑板上雷射光點投射位置貼上全開白紙，方便記錄下雷射光點移動的位置。
8. 由一位同學對著麥克風發聲，另一位同學用分貝計測量經由擴大器發出的聲音分貝數。(自然教室在大馬路旁邊，環境背景音量大約 75 分貝。)
9. 用奇異筆在白紙上做記號，記錄不同分貝數下，反射雷射光點移動的最大距離。參見圖(2)的照片，實驗完成後用直尺測量光點移動的距離。



圖(1) 看見聲音大小的實驗裝置



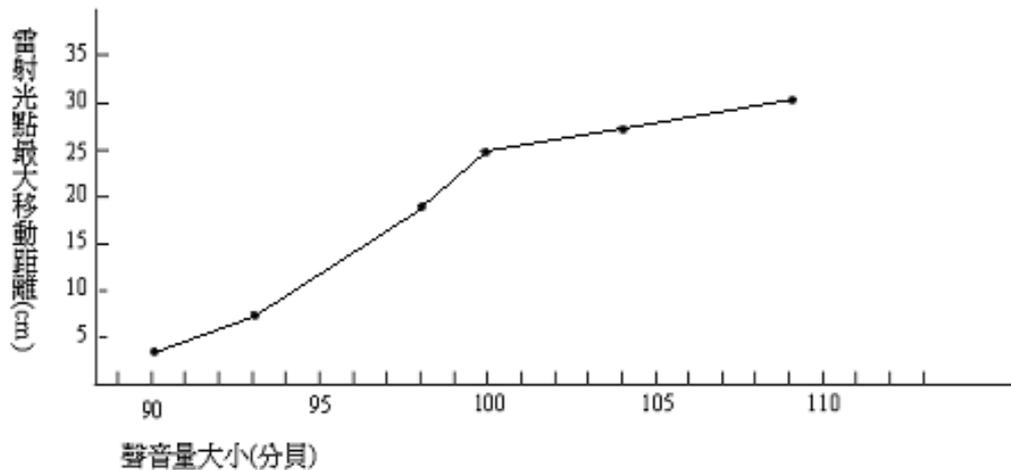
圖(2) 看見聲音大小的實驗操作情形

(三) 實驗結果

1. 一開始反射光點只是一個約 2cm 的亮點，當同學發出同聲音不同音量時，紅光點移動的最大距離也隨之不同。記錄如表(1)。座標圖如圖(3)。由此可發現隨著聲音音量分貝愈大，光點移動的最大距離也愈大。
2. 同樣聲音若藉由調整擴大器將聲音加大，則可以明顯看到反射光點也會跟著變大。
3. 不同聲音所出現的光點圖案就不相同。
4. 表(1)是我們所測到的：在不同聲音量大小下，雷射光點移動的最大距離。
5. 圖(3)是將實驗數據畫在座標圖上的情形。可以發現隨著音量的分貝數愈大，雷射光點移動的最大距離也愈大。

音量大小(分貝)	90	93	98	100	104	109
雷射光點最大移動距離(cm)	3.6	8.4	18.6	22.9	25.7	30.8

表(1) 在不同音量大小下雷射光點移動的最大距離



圖(3) 雷射光點最大移動距離與音量大小關係

(四) 討論

1. 一開始我們用羽球筒和洋芋片的罐子來做傳聲筒，發現靈敏度不夠好。經大家討論，認為羽球筒和洋芋片罐子(長約 25cm，直徑 6-7cm)可能太長了，筒子直徑也比較小，聲音較不容易傳到橡膠膜。最後改用直徑比較大的茶葉罐(10cm)，發現它的靈敏度很高。在同樣的音量大小和投射距離下，反射光點移動的距離最大。
2. 在參考文獻* [1]中，他們的實驗方法是用一塊打破的鏡子當反射鏡，這樣會有鏡片大小形狀不好控制和鏡片太重影響靈敏度的問題。我們發現用廢棄 CD 片來做反射鏡，反射效果也很好，又可以剪出適合大小的小鏡片，振動靈敏度非常好。

3. 當物體快速移動會產生振動，振動又會將周圍的空氣不斷地推擠和拉扯，因而產生一層層不同的空氣壓力，這就是「聲波」。這些聲波傳到我們耳朵後，微小的空氣壓力差使耳膜產生振動，聽覺神經便將振動轉變成訊號再傳給大腦，因此我們聽到了「聲音」。* [2]
4. 傳聲筒上的橡膠膜就像我們的耳膜，接收到聲波後就會產生振動，當它振動時，黏在它上面的 CD 反射片也跟著振動，因此造成了反射光點的快速移動，我們就可以看見聲音了！
5. 音量愈大時，發聲物體的振動愈大，音量愈小時，發聲物體的振動也愈小 * [3]。我們的實驗證明了這個現象！參見表(1)和圖(3)。
6. 聲音的大小聲不一定需要用耳朵聽或用分貝計來量，也可以透過我們的實驗裝置用眼睛看。但聲音不僅有大小聲，還有不同的音調，我們的實驗裝置也可以用來看「Do,Re,Mi」嗎？於是我們進行了下列的實驗。

二、〔實驗二〕 看見「Do,Re,Mi」

(一) 實驗目的

希望藉由我們的實驗裝置看見高低音調的聲波。

(二) 實驗方法

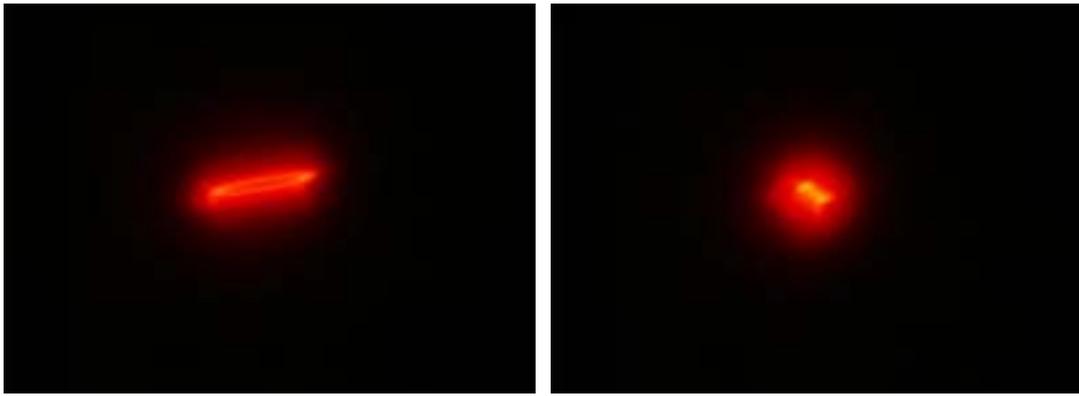
1. 實驗裝置與[實驗一]相同，如圖(4)。反射鏡與雷射光投射的牆壁距離為 6.2m。用高音笛對著麥克風吹出不同音階的聲音，並調整擴大器控制音量的大小，在牆壁上投射出 Do,Re,Mi,Fa,So,La,Si 音階的雷射圖案。
2. 利用數位像機拍下所有音階對應的雷射光圖案。

(三) 實驗結果

圖(5)中的照片，是我們用數位像機拍下的高音笛不同音階的聲波所產生的反射雷射光圖案。

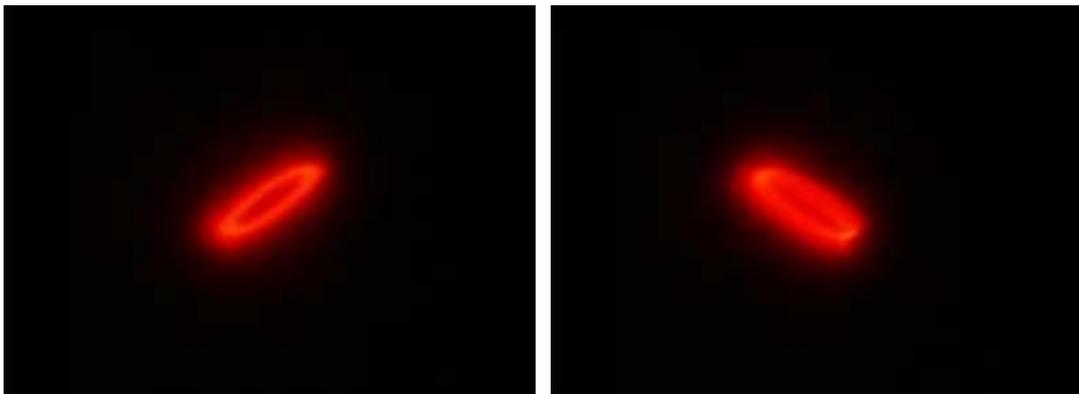


圖(4) 看見「Do,Re,Mi」的實驗裝置及操作情形



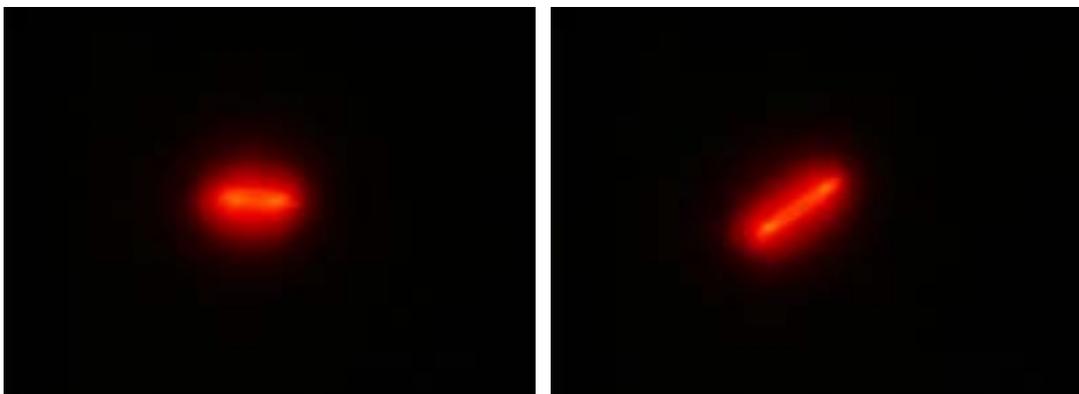
Do

Re



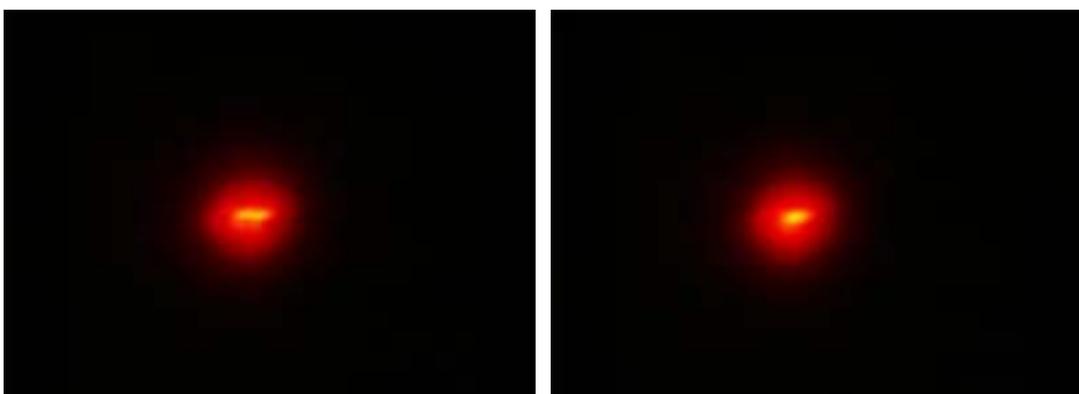
Mi

Fa



So

La



Si

高音 Do

圖(5) 高音笛不同音階所對應的雷射光圖案

(四) 討論

1. 從實驗結果發現不同音階的聲波，所產生的反射雷射光圖案都不相同，我們認為這是因為不同音階的聲波所造成的橡膠膜振動方式不同，因此 CD 反射鏡反射出去的雷射光點也隨著改變。
2. 當橡膠膜沒有振動時，反射雷射光只是一個光點。當聲波造成橡膠膜快速振動時，反射雷射光就會形成一個圖案。這個圖案是由許多雷射光亮點快速移動所交織出來的；因為它的移動速度已經超過肉眼所能分辨的速度。因此我們看到的是一個連續的圖形。
3. 人的眼睛最快只能分辨每秒鐘 12 張圖片的變換速度，如果圖片移動速度很快，你會認為圖片中的圖在移動。這也就是卡通動畫的原理*[4]。
4. 我們發現雷射光圖案的大小、形狀會隨著聲音的音量、音調和聲音源（高音笛或小提琴）迅速變化。如果對著傳聲筒播放音樂，在牆壁上就可以投射出隨著節拍變化的圖案動畫。因此我們也迫不及待的用數位相機錄製了這或許是全球首張具有聲光效果的「光之舞」交響樂光碟片；歡迎大家觀賞。(如附件一)
5. 當我們做以上實驗時，雖然很仔細的觀察橡膠膜上的小光碟片，卻看不出它有任何明顯的移動，但為什麼反射的雷射光點在牆壁上卻可以產生一個很大的圖案呢？於是我們設計了以下的實驗來深入研究利用雷射光偵測微小位移的基本原理。

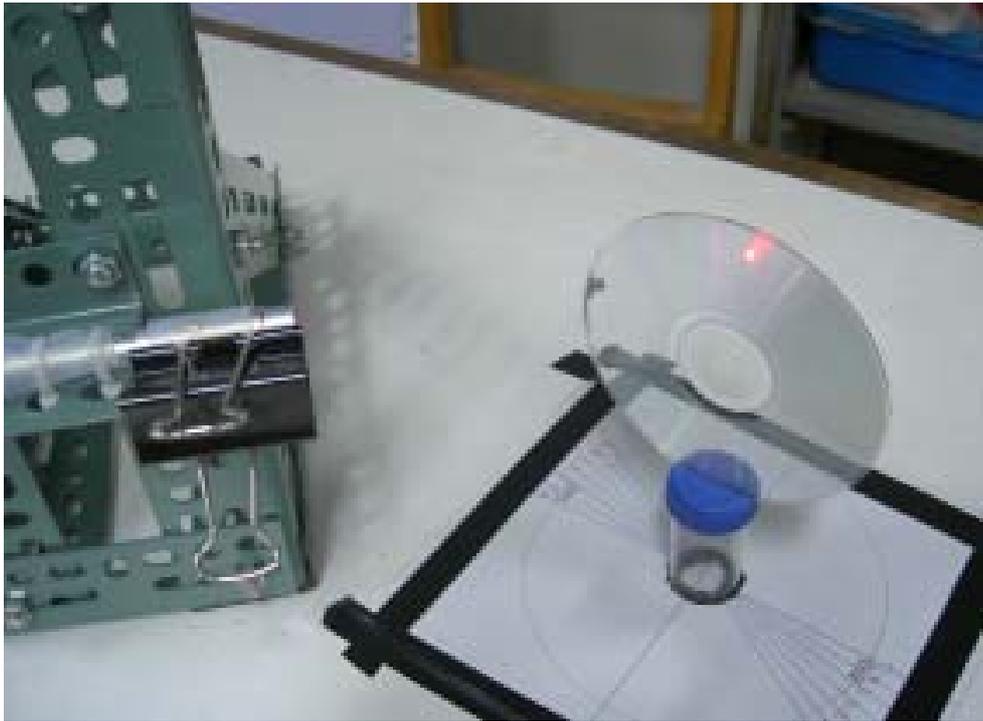
三、 [實驗三] 爲什麼反射光有位移放大的效果？

(一) 實驗目的

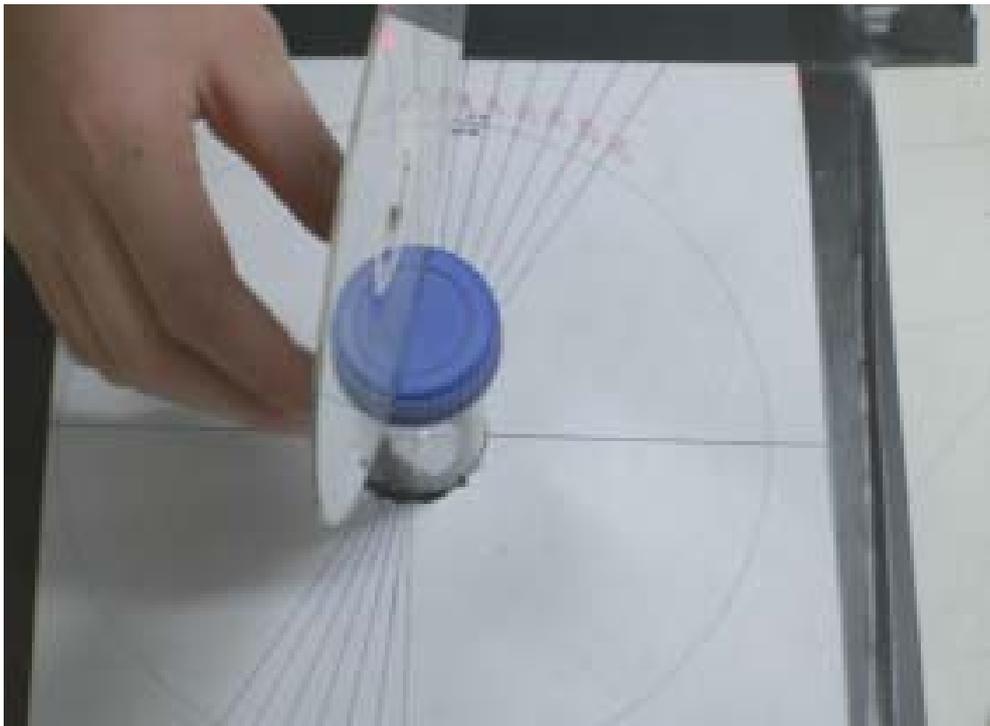
了解反射光偏移量與反射鏡偏移角度和屏幕距離的關係。

(二) 實驗方法：

1. 在一硬紙板上畫個直徑 15 cm 的圓，用量角器在圓周上畫出角度的刻度，把一個有旋轉蓋的塑膠瓶用膠黏在圓心位置，塑膠蓋子用小鋸子鋸一個槽；把光碟片插入槽中固定，當作雷射光的反射鏡。
2. 把角度旋轉座用膠帶固定在桌子上，雷射光筆也固定在角鐵架上，雷射光以一個傾斜角度照向光碟片。自製角度旋轉座測量反射光偏移的實驗裝置，如圖 (6-1) 照片所示。
3. 將白紙貼在塑膠板上當作屏幕，讓反射雷射光投射在上面，用捲尺測量屏幕與光碟片反射鏡距離。
4. 先讓屏幕距離 CD 片反射鏡爲 1m，在屏幕上找到反射雷射光點，用奇異筆劃下記號，當作基準點，接著旋轉光碟片，每 1° 都劃下反射雷射光點的位置，直到旋轉 10° 爲止。如圖 (6-2) (6-3) 照片所示。
5. 用直尺測量光碟片每偏轉 1° 後，反射雷射光點與原先基準點的距離爲多少公分。
6. 改變屏幕距離，重複以上實驗。



圖（6-1）自製角度旋轉座量測反射光偏移的實驗裝置



圖（6-2）對準角度旋轉光碟片



圖（6-3）紀錄反射雷射光點

（三）實驗結果：

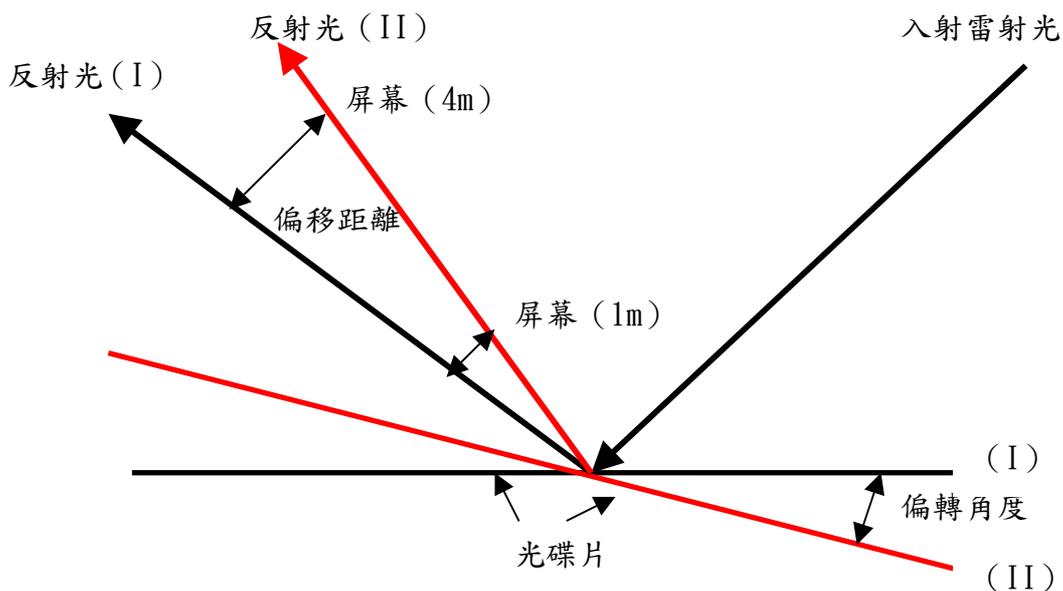
1. 我們測量在不同屏幕距離時，光碟片偏轉角度與反射雷射光點移動距離的實驗數據。如表（2）。
2. 由表（2）的實驗數據可以發現，不論屏幕距離多少公尺，只要反射鏡偏轉角度越大，反射光的偏移量就會越大。
3. 在同樣的偏轉角度下，反射光點的偏移量會隨著屏幕距離的加大而變大

偏轉角度(°) 光點移動距離 (cm) 屏幕距離(m)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3.0	5.7	9.4	13.0	17.4	21.0	23.1	25.5	30.3	34.5
2	5.5	10.5	15.8	21.5	27.0	34.7	42.3	49.7	57.0	66.0
3	8.7	21.2	26.9	41.5	52.0	67.0	80.6	99.0	115.0	125.8
4	20.7	32.2	48.0	60.5	92.5	103.5	114.6	126.4	139.4	162.4

表（2）在不同屏幕距離時，光碟片偏轉角度與反射雷射光點移動距離的實驗數據

(四) 討論：

1. 當光線照射到一個表面或物體上時，光線會有反射的特性，在我們的實驗中當雷射光以一個固定的角度照射光碟片時，反射的雷射光會以一個角度反射出去，當光碟片偏轉時，反射雷射光也會跟著偏轉。因此我們觀察到反射光的偏轉量會隨著光碟片偏轉角度的增加而增加。
2. 因為光線總是直線前進，當反射鏡有一點偏轉時，反射光的偏轉量會隨屏幕距離的加大而變大，這個現象可以由圖（7）的反射光線（I）與（II）看得出來，距離反射鏡越遠時，反射光線（I）與（II）就會分得越開。
3. 當傳聲筒上的橡膠膜吸收聲波產生振動時，在其上的光碟片也會跟著振動；雖然振動只造成小光碟片有一些微小的偏移變化，但是因為我們將反射雷射光投射在遠處的黑板或牆壁上，因此我們可以看見一個比較大的反射雷射光圖案。
4. 從以上的實驗我們發現，反射鏡微小的偏移會造成反射光在遠處的屏幕上有比較大的偏移量，也就是有「位移放大」的效果。這學期自然課有觀察空氣熱膨脹現象的實驗，於是我們想到，可以利用我們的實驗方法看見微小的空氣熱膨脹現象嗎？



圖（7）CD 片偏轉角度時，反射雷射光的偏移距離會隨屏幕距離加大而變大

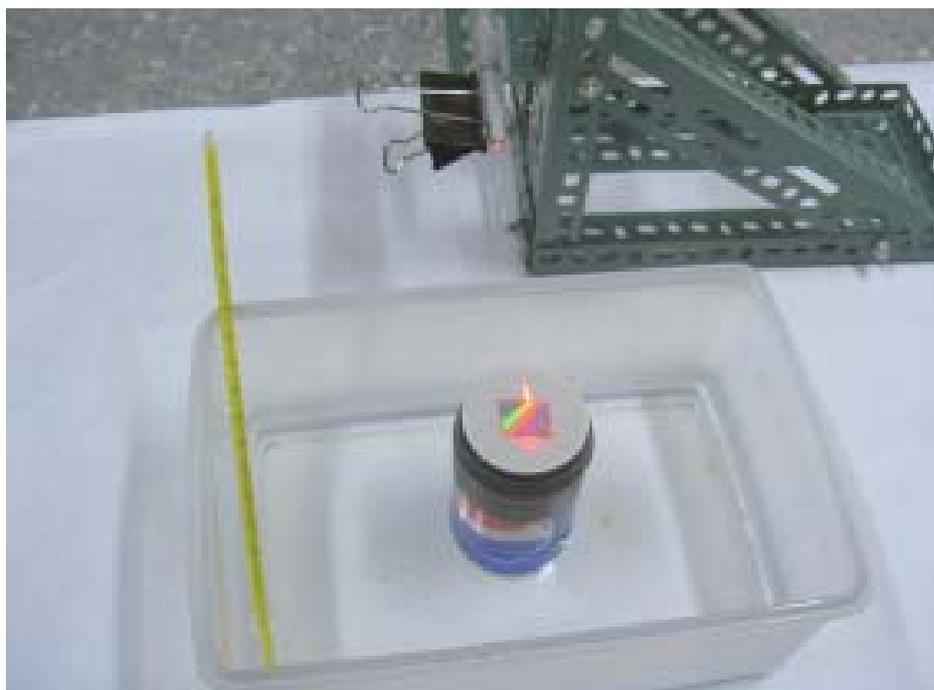
四、 [實驗四] 看見 1°C 的氣體熱膨脹

(一) 實驗目的

希望利用我們的實驗方法偵測溫度上升 1°C 時的氣體熱膨脹現象。

(二) 實驗方法

1. 將可樂罐的上蓋敲開，放入鐵塊以增加重量，將橡膠膜繃緊於罐口，用膠帶黏住固定，並且多繞幾圈將空氣密閉於罐子內。
2. 剪下一塊邊長為 2 cm 的正方形小光碟片，當作反射鏡，用雙面膠將光碟片黏於橡膠膜的中間位置。
3. 把可樂罐與溫度計放入塑膠盆水槽內，讓水淹到可樂罐高度一半的位置，實驗裝置如圖（8）照片所示。



圖（8）看見氣體熱膨脹的實驗裝置

4. 雷射光以一個傾斜的角度照射在小光碟片中間位置，讓反射光投射在自然教室黑板上的白報紙，黑板與可樂罐距離 7.2m。
5. 在白紙上反射雷射光點的位置劃下記號和紀錄當時的水溫。

4. 將少量熱水慢慢倒入水槽中，不可一次倒入太多熱水以免水溫上升太多，等待幾分鐘，溫度穩定後，在反射雷射光點位置劃下記號和紀錄當時水溫。如圖 8-1。

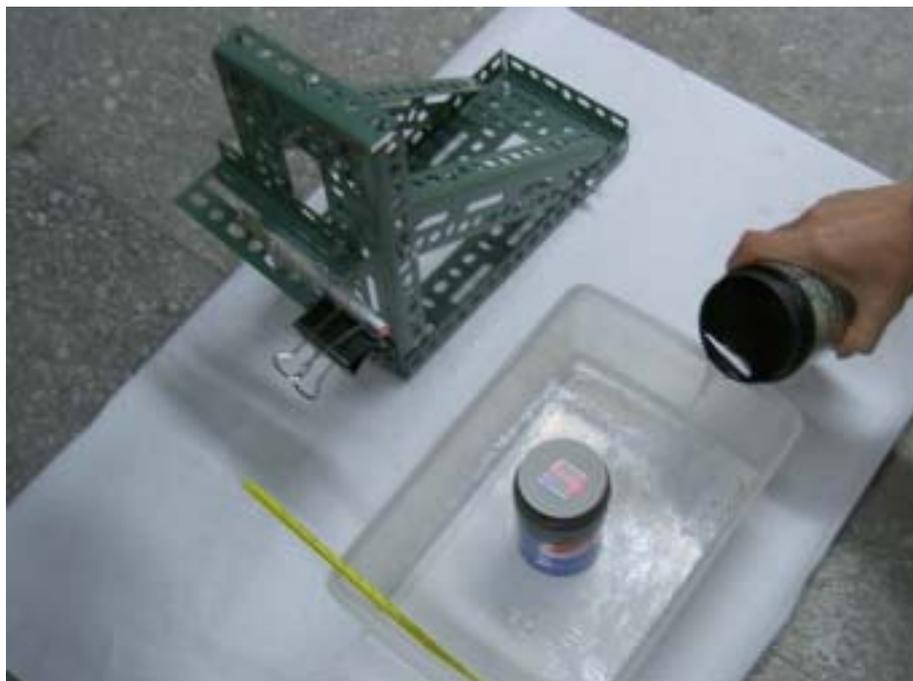


圖 8-1 將少量熱水慢慢倒入水槽中

(三) 實驗結果：

表（3）是我們量測水槽溫度上升時，反射雷射光點移動距離的實驗數據。

水槽溫度（℃）	15	18	19	20
雷射光點移動距離（mm）	0	13	3	3

表（3）水槽溫度上升時，反射雷射光點移動距離的實驗數據

(四) 討論

1. 空氣加熱時，體積會膨脹，這點我們可以用原本壓凹的乒乓球，一經加熱就會回復原狀來得到證明。加熱時，空氣體積的變化量有多大呢？經過我們查閱資料*[3]發現，溫度上升 1℃時，空氣體積大約增加 1/ 273。

2. 可樂罐的空氣被加熱，溫度上升 1°C 時，其體積會增加 $1/273$ ，由於體積增加，會將橡膠膜向上撐起，光碟片因此會產生微小的偏移，這時候投射在遠處（7.2m）黑板上的反射雷射光點就會出現明顯的偏移大約 3mm。
3. 從上面的實驗證明，我們的雷射光偵測微小位移的實驗方法可以偵測到微小的變化量，即使溫度只有上升 1°C 的氣體熱膨脹都看得見！

五、 [實驗五] 看見脈搏的跳動

(一) 實驗目的

希望利用我們的實驗方法看見人體脈搏的跳動和測量脈搏跳動的大小。

(二) 實驗方法

1. 被實驗人先用手指觸摸手腕，試探自己的脈搏位置，找出脈搏跳動較明顯的位置。剪下一塊長約 1cm 左右的雙面膠帶，貼在手腕上脈搏跳動的位置。
2. 剪下一塊邊長為 5mm 左右的小光碟片，緊貼在手腕上，當作反射鏡。
3. 實驗人坐下來，將手平放在桌子上。桌子 與黑板距離約 8.1m。由一位同學幫忙調整雷射光照射位置和手腕的角度，將反射雷射光投射在黑板上的白報紙。實驗操作情形，參見圖 9-1、圖 9-2。
4. 當投射在黑板白紙上的反射雷射光以很規律的方式來回移動時，由一位同學用碼錶計時 1 分鐘，另一位同學開始紀錄雷射光點來回移動的次數。
5. 在白紙上反射雷射光點來回移動的位置劃下記號。待實驗結束後，取下白紙用直尺測量雷射光點的移動距離。

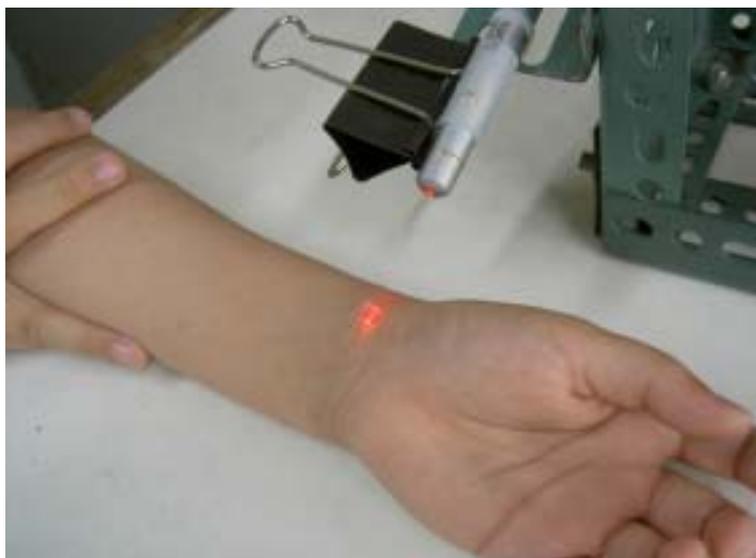


圖 9-1 看見脈搏的跳動實驗操作情形



圖 9-2 看見脈搏的跳動實驗紀錄情形

(三) 實驗結果

表(4)是我們測量 4 個試驗人的脈搏所得到的實驗數據。

被實驗人	性別	年齡	雷射光點 移動距離(cm)	每分鐘雷射光點 來回移動次數
A	女	11	7.2	82
C	男	11	3.6	72
E	女	46	11.8	81
F	男	46	10.7	60

表(4) 看見脈搏跳動實驗的測量結果

(四) 討論

1. 經大家查閱相關資料*[6]後發現，脈搏產生的原因，是由於心臟收縮時大量血液流入動脈，動脈因而擴張，當心臟舒張時，動脈回復原狀所造成。所以每分鐘的脈搏次數和心臟跳動次數相同。正常成人的心跳次數每分鐘約為 70 次；但一般而言，兒童的心跳較成人快，女子心跳較同年齡男子略快。
2. 我們把小光碟片緊貼在手腕的皮膚上，當動脈因血液大量流入而擴張時也會把手腕的皮膚稍微撐起來，造成光碟反射片角度偏轉；當動脈回復原狀時，小光碟回到原來位置，反射光也會回到原來位置。因此我們看到反射雷射光點在白紙上有規律的來回移動。
3. 根據上面的討論，我們發現表(4)中的每分鐘雷射光點移動次數就是試驗人的每分鐘脈搏次數。表(4)的實驗數據顯示兒童與成人的每分鐘脈搏次數約 60-80 次左右，應該是合理的結果。
4. 表(4)中的雷射光點移動距離代表被試驗人的脈搏大小。從實驗數據我們發現兒童脈搏跳動的程度比成人小。應該是因為成人的心臟比較大，每次由心臟收縮送出的血液量也比較多的原因。

5. 傳統中醫師把脈只能依靠手的觸覺去感受脈搏的大小，無法將脈搏跳動的程度用比較科學的數據表示；而應用我們的實驗方法可以將脈搏跳動的程度以雷射光移動的距離來表示。

陸、 結 論

- 一、 不需要複雜、昂貴的設備，我們應用光線的反射和直行特性，設計出一套簡易的實驗方法，可以把生活中許多重要自然現象的微小變化量放大，方便我們用眼睛直接觀察。
- 二、 傳聲筒上的橡膠膜就像我們的耳膜，接收到聲波會產生微小的振動，黏在它上面的 CD 反射片也跟著振動，藉由投射在遠處屏幕上反射雷射光點的位移放大效果，產生一個聲波振動的放大圖形，我們就可以“看見”聲音了。
- 三、 聲音的分貝數越大時，橡膠膜振動就越大，CD 反射片的振動也隨著變大，因此我們所量測到的反射雷射光點的移動距離也越大。
- 四、 我們發現反射雷射光的圖案大小、形狀會隨著聲音的音量、音調和不同的聲音而變化。
- 五、 我們用數位相機錄製了或許是全球首張有聲光效果的「光之舞」交響樂光碟片。如附件一。
- 六、 我們觀察到反射光的偏移量會隨光碟片偏轉角度增加而增加。
- 七、 我們觀察到，反射鏡微小的偏移會造成反射光在遠處屏幕上有較大的偏移量，也就是有位移放大的效果。因此，只要有光束不易發散的雷射光和足夠遠的屏幕，不論位移量多麼微小，都可以利用這個原理把它放大到顯而易見。
- 八、 實驗結果證明，我們的雷射光偵測微小位移的實驗方法可以偵測到微小的變化量，即使溫度上升 1°C 的氣體熱膨脹都看得見。
- 九、 傳統中醫師把脈只能依靠手的觸覺去感受脈搏的大小，無法將脈搏跳動的大小程度用比較科學的數據表示；而應用我們的實驗方法，可以將脈搏跳動的大小程度以雷射光移動的距離來表示。因此以後中醫師就不用”把脈”了，改用”看脈”的比較好。

柒、 未來展望

- 一、 如果我們把看見聲波振動的實驗方法，應用在各種演唱會的音響喇叭上，就可以製造出具有聲光效果的「雷射光舞秀」帶動現場氣氛。
- 二、 我們可以應用雷射光偵測微小位移的原理設計成一個靈敏的「地震儀」，到時候還可以看見地震波呢！
- 三、 將雷射偵測微小位移的方法應用於監測遊樂場雲霄飛車的軌道振動，避免軌道振動太大時發生危險。

捌、 參考文獻

一、 *[1]

林佳蓉譯，【365 個簡單有趣的科學實驗】，台北市，方智出版社，P. 99，1999。

二、 *[2]

齊眉森譯，【我的第一本科學百科全書】，第一版，台北市，國際學社，P. 64 - P. 69，1997。

三、 *[3]

【小牛頓科學百科（4）】，新修訂版，台北市，牛頓出版社，P. 126 - P. 129，1996

四、 *[4]

【趣味科學小百科（2）千變萬化的光】，初版，台北市，人類文化事業出版社，
P. 24 - P. 25，1996。

五、 *[6]

黃瑄瑄譯，【血液的循環】，初版，台北市，青文出版社，P. 108 - P. 109，2000。

玖、 附件

「光之舞」CD 片一張。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 生活與應用科學科

第二名

080823

它真的看的見--利用雷射光偵測微小位移之
研究

臺北市大安區幸安國民小學

評語：

本研究利用課堂所學習的光反射原理運用雷射光尾束性質，設計出偵測微小位移的實驗方法。該方法可應用於音階偵測、脈傳量較小及溫差量測，所完成作品可實地展示上述功能。本作品極富巧思，充份發揮小學生的智識創新，展現活學活用的學習成果，也顯示追求科學應用的努力。