

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組物理科

080103

臺北縣新莊市丹鳳國民小學

指導老師姓名

林俊成

簡樹文

作者姓名

許心柔

梁云馨

李旻融

# 中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科別：物理科

組別：國小組

作品名稱：讓振動現形 —— 垂直振動的顯示與擴散研究

關鍵詞：保利龍球測振儀、振動力的分布

編號：

# 讓振動現形 —— 垂直振動的顯示與擴散研究

## 一、摘要：

音叉的振動或敲鼓時鼓皮的振動，雖然可以感覺得到，但是他振動的時間太短且振動的速度太快，觀察他總讓人感覺不夠明確。本研究是透過各種方法要創造出一個可以量化、可以明確顯示振動大小的儀器，並以此儀器做振動擴散的研究。

## 二、研究動機：

自然課第十冊上到有關樂器的課程，老師說：聲音是振動所引起的，振動是可以經由空氣或液體或固體來傳遞，老師用敲鼓和敲音叉來驗證振動的現象，只見老師在下面的鼓皮敲擊，放在鼓皮上面的綠豆會零零落落的快速跳動，敲擊音叉後用手摸摸看，也可感覺到音叉是在快速的振動，我覺得很好玩、很有趣，但是我發現再鼓皮上的綠豆並不是每一顆都跳得一樣高，只是速度太快無法明確的了解哪一處跳得高，哪一處跳得低，還有音叉的振動雖可感覺到，但是總沒有比用眼睛觀察來得明確，於是我和幾個同學想要創造出一種可以使音叉的振動轉成可以用眼睛明確觀察，也可以量化再不同位置振動的測量儀器，並想以此測量儀器來測量垂直振動傳遞擴散的情形，於是我們在老師的指導下做了這項研究。

## 三、研究目的：

- 〈一〉能創造出可觀察可量化垂直振動的測量儀器。
- 〈二〉能利用振動的測量儀器繪出鼓面振動分布圖及音叉平面振動分布圖。
- 〈三〉能繪出各種模擬造型的振動力分布圖。

## 四、研究問題：

- 〈一〉能做出測量小面積〈小於  $1\text{CM}^2$ 〉垂直振動的測量儀器嗎？
- 〈二〉能描繪出鼓面及音叉平面的垂直振動力量分布圖嗎？
- 〈三〉長條狀平面振動力的傳遞會隨著距離的增長而衰減嗎？
- 〈四〉平面的缺陷分布會影響垂直振動力量的傳遞和擴散嗎？
- 〈五〉傾斜面的角度不同垂直振動力量的擴散情形也不同嗎？
- 〈六〉在模擬錐狀立體造型上能觀測出垂直力量的分布嗎？

## 五、研究器材：

大鼓、音叉、壓克力管、氣球皮、水族箱用打氣幫浦、硬厚紙板〈4mm〉、保利龍球、橡皮筋、木板、量角器、塑膠纖維、寶特瓶、碼表。

## 六、研究過程及方法：

問題〈一〉能做出測量小面積〈小於  $1\text{CM}^2$ 〉垂直振動的測量儀器嗎？

### 【第一代垂直振動測量儀器 —— 彈性擺動儀】

〈一〉以橡皮筋的彈性擺動能做出垂直振動的測量儀器嗎？

設計構想：利用橡皮筋的彈性增強振動的現象並以塑膠纖維當指針顯示擺動的大小。

- 製作過程及成品：**
- 1、用塑膠纖維貫穿橡皮筋。
  - 2、將橡皮筋拉長並固定好。
  - 3、再當指標的塑膠纖維旁立一直尺，當作振動的刻度。
  - 4、在指標塑膠纖維的對邊黏一根短的塑膠纖維，作為振動的接受器。
- 圖〈1〉**
- 5、將音叉敲擊後接觸振動接受器的塑膠纖維，觀察振動的情形。



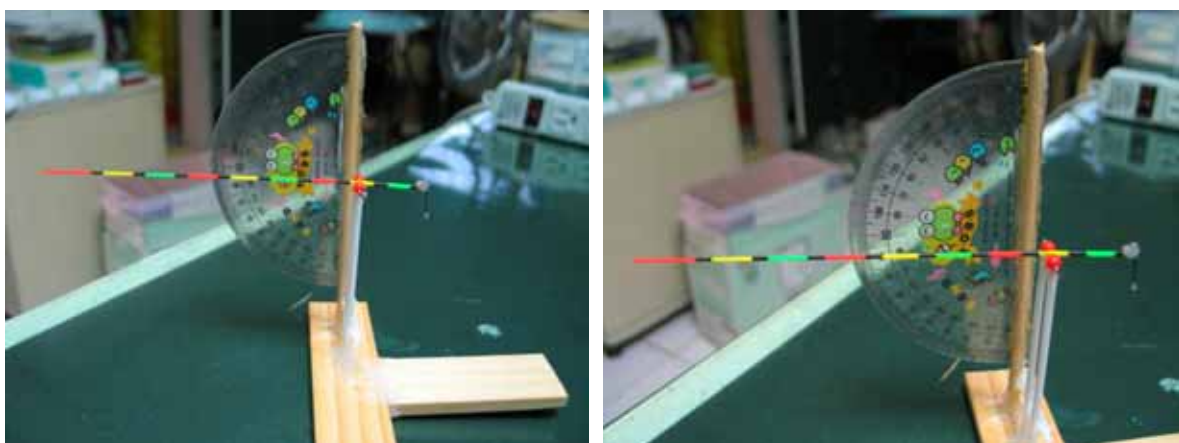
**結果：**我們發現橡皮筋的彈性雖然增強了振動的大小，但整排的塑膠纖維卻呈不規律性的上下晃動，所以根本無法明確的表示出振動的大小，所以我們認為第一代的彈性擺動儀不是理想的測量儀器。

**【第二代垂直振動測量儀器 —— 翹翹板測振儀】**

**設計構想：**利用槓桿原理，使浮標尾一邊升高，另一邊則向下指出刻度的大小。

- 製作過程及方法：**
- 1、以一長浮標尾為槓桿。
  - 2、以細針穿過槓桿當支點，並固定於支架上。
  - 3、浮標尾較短的一端黏上一枝細棒當作振動的接受器。
  - 4、浮標尾較長一端以一量角器作為刻度指標。

**成品如圖〈2〉**



**結果：**我們發現當音叉接觸接受器時，儀器的指針上下來回快速的擺動，使我們眼花瞭亂無法確定刻度的大小，所以也不是理想的儀器。

**【第三代垂直振動測量儀器 —— 跳豆測振儀】**

**設計構想：**將綠豆罩在畫有刻度的透明管中，當綠豆受到振動往上彈跳時，觀看綠豆到達的刻度，即可表示振動的大小。

成品如圖〈3〉：



結果：我們發現振動較小的時候，綠豆彈跳不明顯，振動較大時綠豆彈跳的速度太快，眼睛根本無法捕捉到正確的刻度，所以也是一個失敗的儀器。

#### 【第四代垂直振動測量儀器——封閉式保利龍球測振儀】

設計構想：彈性氣球皮受振動擠壓空氣，空氣上升帶動很輕的保利龍球上升。

製作過程和方法：1、切下一小截的小支透明寶特瓶。

2、在切口處以彈性氣球皮拉緊並用膠帶固定好，且在氣球皮上黏一小塊的保利龍。

3、在寶特瓶蓋上打一個小洞〈小於保利龍球〉。

4、以一透明壓克力管固定在打洞的寶特瓶蓋上，管內放置一粒圓形保利龍球即完成。

成品如圖〈4〉：



結果：我們發現保利龍球受振動時快速的彈升，可是又快速的被拉回原點，除了拉長跳動的距離外和綠豆的跳動儀器其實差別不大，所以也是一個失敗的儀器，真苦惱啊！

我們的反省：第四代的封閉是保利龍球往上彈升又立刻被拉回應該是大氣壓力的關係，因為振動的力量傳給橡膠皮，橡膠皮受向上的推擠而壓迫空氣，空氣就逼著保利龍球向上跳，可是當振動的力量減弱時管外的空氣壓力立刻將保利龍球壓回，因此我們想在寶特瓶的壁上開個洞使空氣可以進入寶特瓶中，就可以減緩保利龍球

被大氣壓力壓回的速度，就應該有足夠的時間來觀測振動的力量，但是洞要開多大呢？於是我們就做了第五代的振動測量儀器。

### 【第五代垂直振動測量儀器 —— 開洞式保利龍球測振儀】

**設計構想：**根據第四代的反省。

**製作過程和成品：**同第四代一樣，但我們將洞口由小到大分成 5 組，洞口分別是直徑 0.2CM、0.3CM、0.4CM、0.5CM、0.6CM 等。

成品如圖〈5〉：開洞大小不同



**結果：**我們發現洞太大或太小靈敏度都不好，最好的是洞口直徑約 0.3CM，此時保利龍球最容易上升且不會快速下降，可以容易且明確的判斷出上升的高度，因此我們認為是一種良好的測量垂直振動的儀器。終於成功了，真是令人高興。

〈圖 6〉開洞式保利龍球測振儀



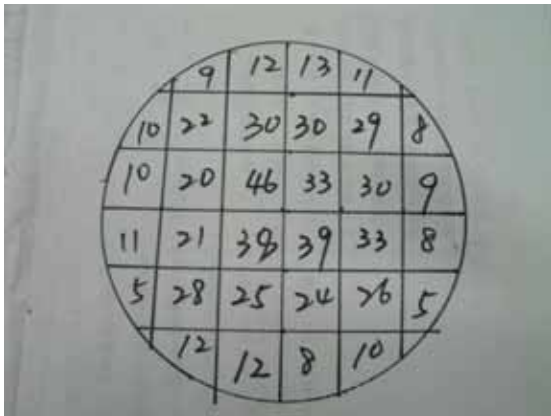
問題〈二〉：能描繪出鼓面及音叉平面的垂直振動力量分布圖嗎？

甲：鼓面振動力量分布

- 研究方法：**
- 1、我們將圓形大鼓分成多個方格狀小區塊。
  - 2、分別在各小區塊以開洞式保利龍球測振儀測量振動的大小。
  - 3、振動力的大小是以接觸振動體 5 秒的時間保利龍球在壓克力管中上升的高度來表示。〈單位：CM〉
  - 4、我們爲了將振動力的大小和分布情形表現出來，所以用吸管的長短和顏色來表示振動力的大小，黏貼在各測試點上，即成鼓面振動分布圖。如圖〈7〉

**結果：**我們發現每一小區塊的鼓面它的振動力量都不同，以鼓面的中間部分的振動力量較大，而靠周圍的振動力量較小。如圖〈8〉

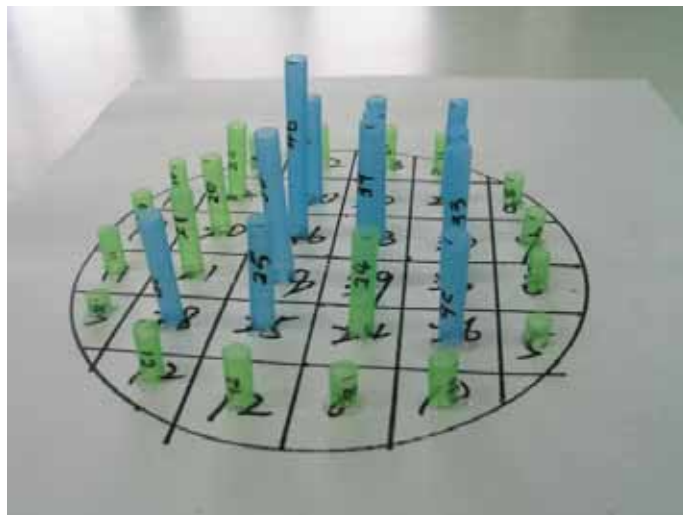
〈圖 7〉 鼓面振度分布圖



〈圖 8〉 實測情形



〈圖 9〉 鼓面振動力分布圖



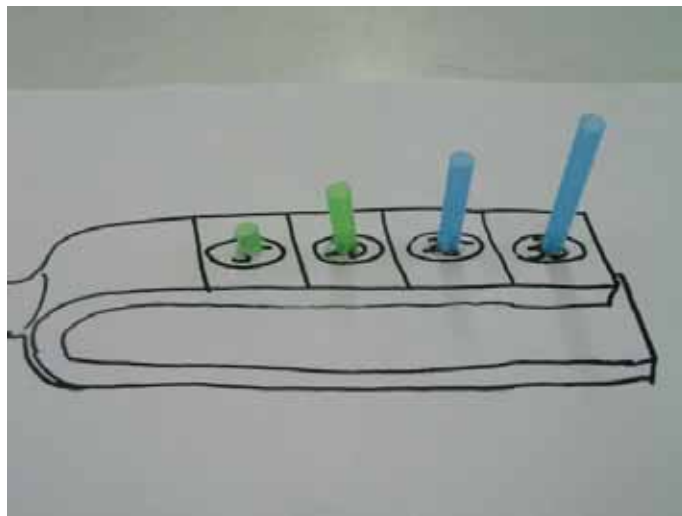
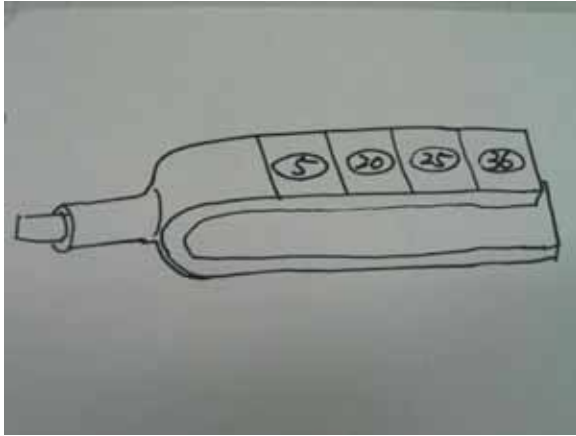
## 乙：音叉平面振動分布

- 研究方法：**
- 1、將音叉分成若干個小區塊。
  - 2、敲擊音叉後以開洞式保利龍球測振儀在各小區塊測量他們振動力的大小〈振動 2 秒〉。

**結果：**我們發現越靠近音差的末端垂直振動力越大



，離手握把處越近的地方振動力就越小。如圖〈10〉〈11〉〈12〉



**我們的想法：**在上面乙的實驗中，敲音叉的地方是末端，所以末端的振動力最大而愈往前振動力就越小。那麼是否代表所有的振動在像音叉一樣的長條狀平面上傳遞的情形都相同呢？為了解答此一疑問，所以我們再研究問題三。

**問題〈三〉：長條狀平面振動力的傳遞會隨著距離的增長而衰減嗎？**

**實驗方法：**1、用木板釘成振動測試台邊框。

2、以橡皮筋上下、左右縱橫成網格狀的振動平台。

3、以厚紙板切割成寬 3.5CM，長分別為 5CM、10CM、15CM、20CM、25CM、30CM、35CM、40CM、45CM、50CM 等十條長條狀的平面。

4、我們以水族箱打氣的幫浦振動作爲實驗的振動源，並將此振動源固定在長條的一端。

5、在長條上每隔一公分做一個振動的測試點，以保利龍球測振儀測試之。觀察振動 2 秒鐘時保利龍球上升的高度。

6、將測試的結果以吸管的長度表示振動力的大小。

**結果：**我們發現測振儀內的保利龍球竟然不會上升。真是令人氣餒著急與失望。爲什麼會這樣呢？

**我們的反省：**1、振動接受器的材質是軟質性的，比較容易吸收振動，所以碰上振動的厚紙板時，使他的振動減弱，因此保利龍球不會上升。



2、氣球皮的靈敏度不夠，所以對振動較小的厚紙板平面，無法呈現振動的大小。

我們的改進：1、將原本開洞式保利龍球測振儀的振動接受器改成硬式的塑膠片。

〈測試結果〉：比原來的測振儀效果好，只見保利龍球在管內轉動翻滾，但還是無法上升。

我們再改進：2、拆卸壞掉的水族箱內的小型打氣機的橡皮振動接受器，連接在透明壓克力管，管內放保利龍球使他成爲一個靈敏度更高的振動測試儀器。

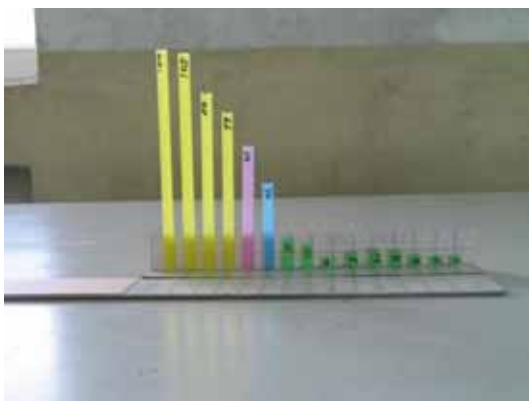
〈測試結果〉：可使保利龍球輕易上升，是一個比原先更靈敏更好用的測量儀器，給他取名字叫改良式測振儀，以下的各實驗我們就以《改良式》測振儀來當做測量的儀器。〈測試方法如問題〈三〉的方法〉



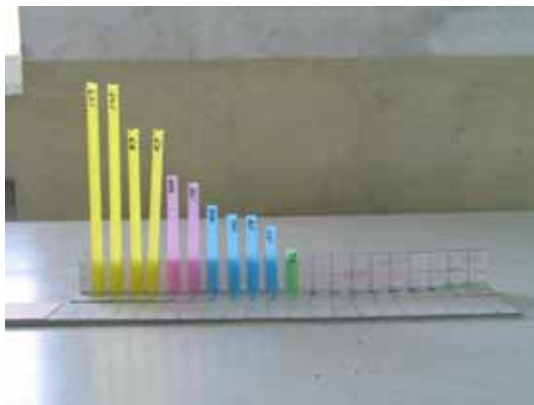
〈圖 13〉改良式測振儀

問題〈三〉的結果：我們發現，當條狀紙板較短時〈5CM 和 10CM〉振動力是由近而遠愈來愈小，可是厚紙板越來越長時，振動的傳遞情形出現有趣的變化，當紙板長爲 15CM 時，波的振動是由大漸漸變小，再逐漸變大〈如圖 14〉；而紙板增長爲 20CM、25CM、30CM 時，紙板中段會出現處振動力爲 0 的區域〈如圖 15〉〈圖 16〉〈圖 17〉；當紙板再增長爲 35 → 45CM 時，在紙板的中段會出現 2 處振動力爲 0 的區域，使得振動波形成爲 W 狀〈如圖 18 → 圖 20〉，最後當紙板增長爲 50CM 時會出現 3 處振動力爲 0 的區域，也出現 3 處振動波峰並且由大到小排列〈如圖 21〉。

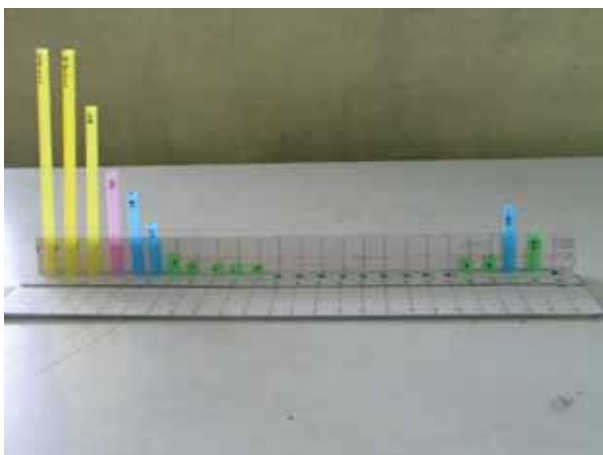
〈圖 14〉紙長 15CM



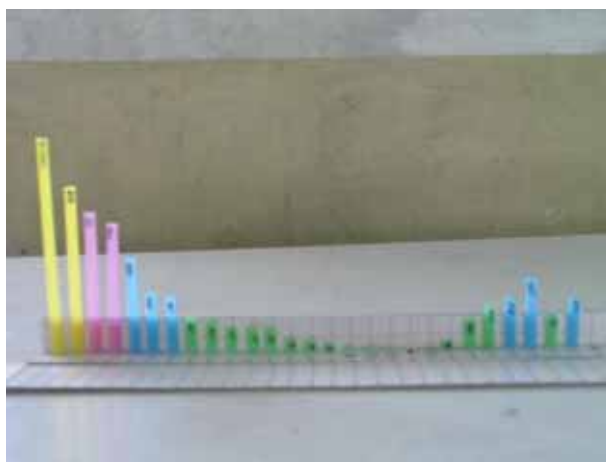
〈圖 15〉紙長 20CM



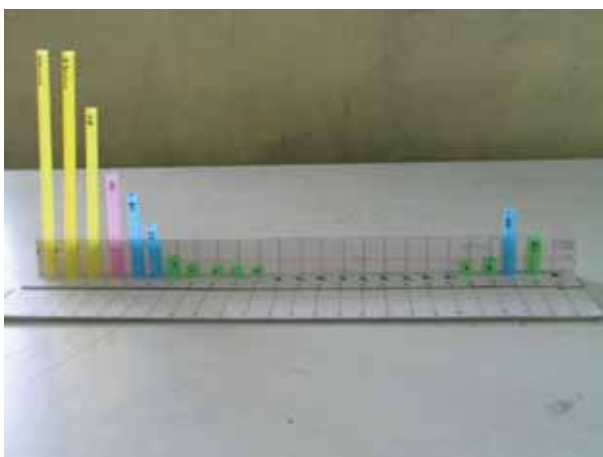
〈圖 16〉紙長 25CM



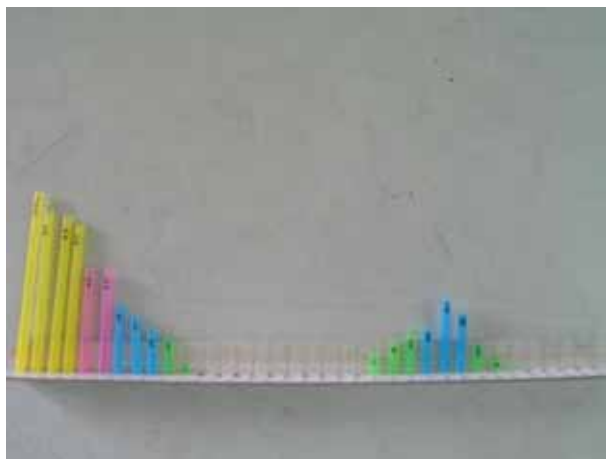
〈圖 17〉紙長 30CM



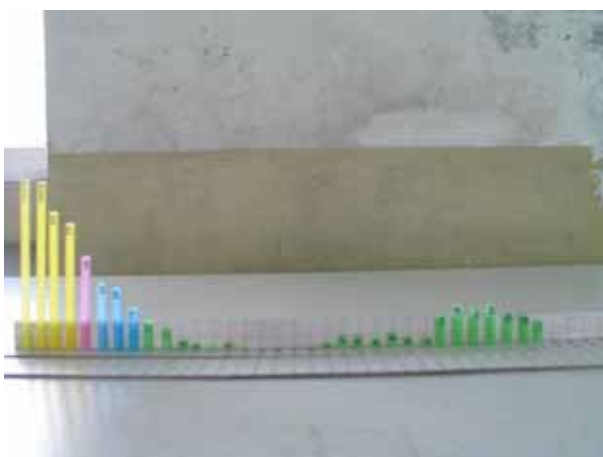
〈圖 18〉紙長 35CM



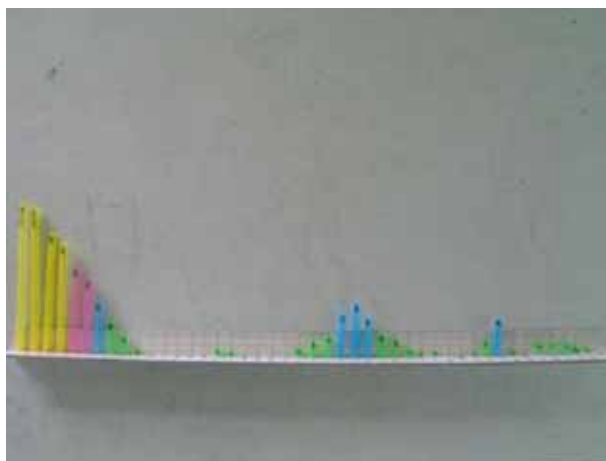
〈圖 19〉紙長 40CM



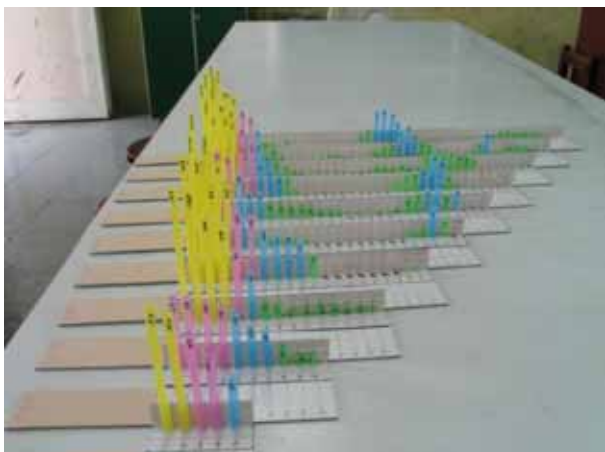
〈圖 20〉紙長 45CM



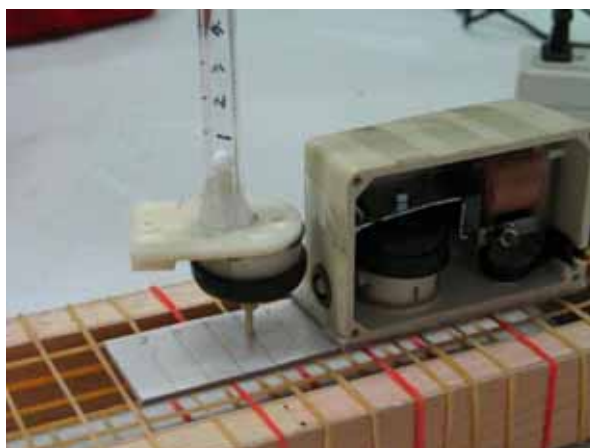
〈圖 21〉紙長 50CM



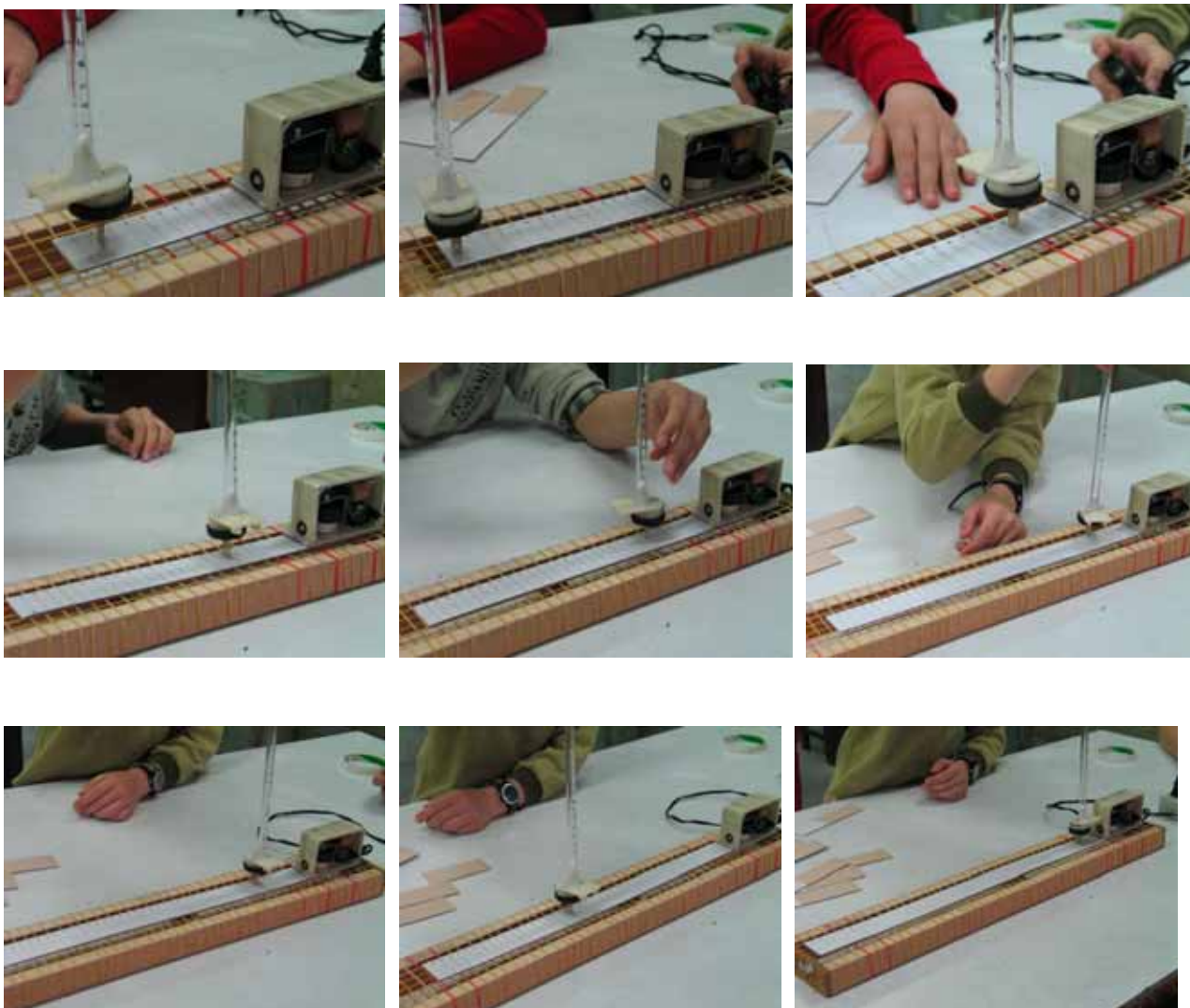
〈圖 22〉所有紙板振動傳遞比較圖



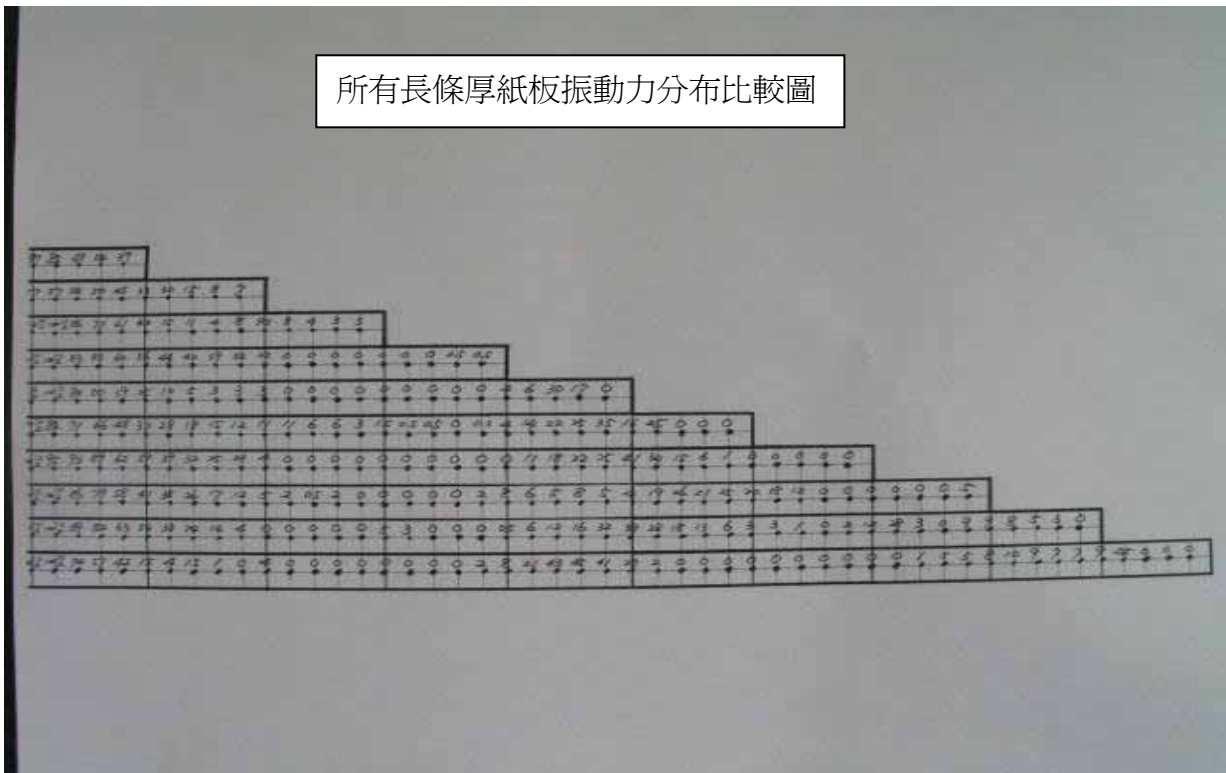
〈圖 23〉



〈圖 24〉

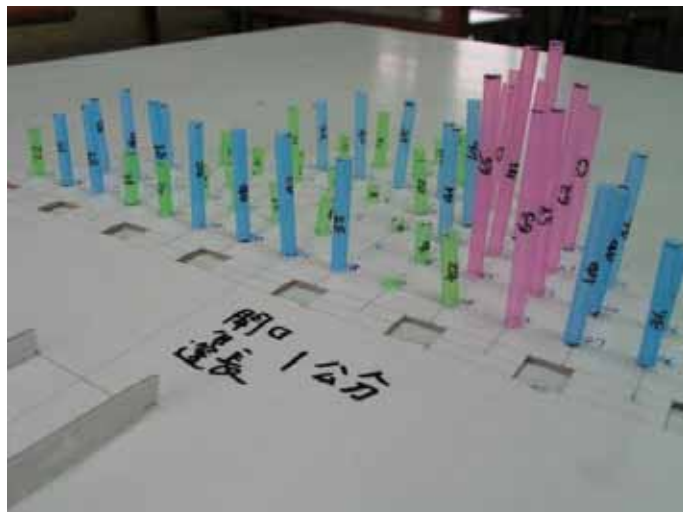


〈圖 25〉



問題〈四〉平面的缺陷分部會影響垂直振動力量的傳遞和擴散嗎？

- 實驗方法：
- 1、我們在離振源約 6CM 的距離處打出邊長 0.5CM 的正方形洞 8 個，作為影響振動傳遞的操縱變因。
  - 2、以打氣幫浦的振動作爲固定的振動源〈以下的各項實驗都以此同振源〉。
  - 3、在正方形洞的前後每隔 2CM 畫上直線和橫線成格網狀，每條線與線的交叉點都是我們的測試點。
  - 4、改變正方形洞的邊長大小分別爲 0.5CM、1CM、1.5CM、2CM 並和沒打洞的平面互相比較。
  - 5、以長短不同顏色不同的吸管黏貼成振動分布圖。〈如圖 26〉



結果：我們發現：1、每一張厚紙板上的振動力大小分部的情形都不同，可見打洞對振動的傳遞和擴散確實有影響。

2、沒有打洞的硬紙板最大的振動力是分布在左下角及右上角附近的部分，中間參插著振動力為 0 的測試點。〈如圖 27〉



3、開洞邊長為 0.5CM 時，振動力顯得較為平均，沒有任何的測試點呈現 0 的現象，但振動力最大的位置變成在靠末端的左方。〈如圖 28〉



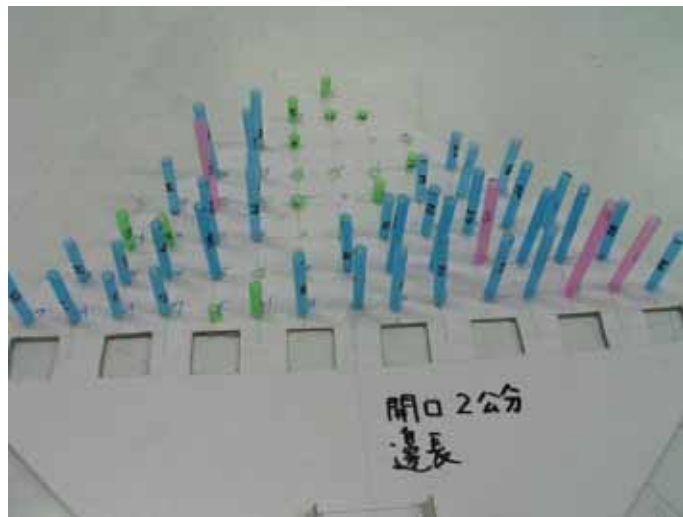
4、開洞邊長為 1CM 時，第 3、4、5 排中間的測試點振動力變得很小，但有趣的是這些振動力很小的右側卻是振動力最強的部位。〈如圖 29〉



5、當開洞邊長為 1.5CM 時振動力最強的位置，又變成在最下排的中間位置，而上半部中間則明顯消失。〈如圖 30〉



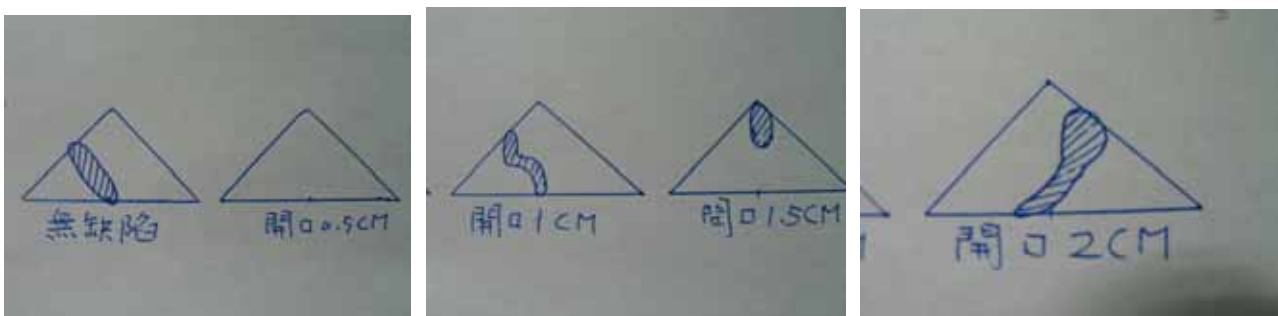
6、開洞邊長為 2CM 時，從左下到右上有如斜切將振動力分成二半。



〈如圖 31〉

7、沒有缺陷時振動力最弱的區域是左上往右下分布，如一條斜線，當缺陷邊長 0.5CM 時，原來振動較弱的斜線區域消失了，但當缺陷邊長為 1CM 時，振動力較弱區域的斜線又再度出現，有點像 S 形狀。但當缺陷邊長 1.5CM 時振動力較弱的區域位移到頂部。當缺陷達到邊長 2CM 時，振動力較弱區域，變成由右上往左下和沒有缺陷的測試板是相反的。

〈圖 32〉開口大小不同弱振區域不同情形圖



〈斜線區域表示振動力最弱的分部區域〉

8、出現 70 以上振動力的最多的是邊長缺陷 0.5CM 的測試板有 4 個測試點

達到標準，而沒有缺陷和缺陷邊長 1.5CM 的測試板，各出現 2 次，而缺陷 1CM 的測試板只有 1 次。缺陷邊長 2CM 的測試板最弱，沒有達到 70 以上的振動力。

〈圖 33〉



〈沒有開口的測試板實驗情形〉

〈圖 34〉

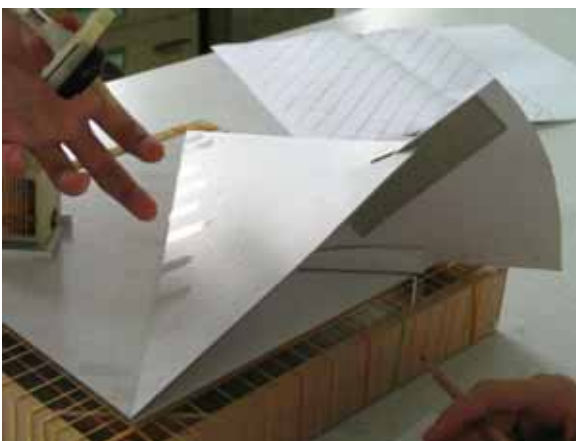


〈開口邊長 0.5CM 實驗情形〉

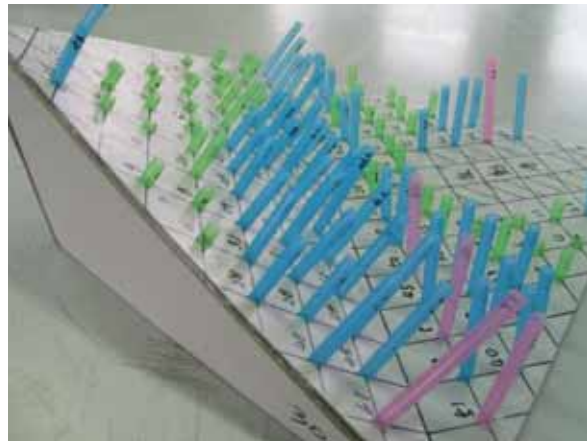
問題〈五〉：傾斜面的角度不同垂直振動力量的擴散情形也不同嗎？

實驗方法：1、將厚紙板做成由平面延伸為斜面 5 度、10 度、15 度、20 度、25 度、30 度等各種傾斜狀態。如下圖

〈圖 35〉可改變傾斜角實驗器材



〈圖 36〉30 度角斜面振動分布情形



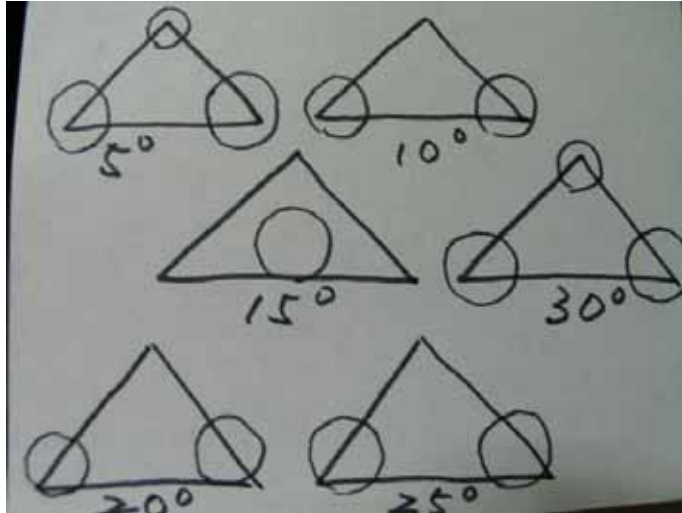
2、在各平面及斜面的定點上測定振動的大小〈測定 2 秒〉

3、以長短不同之吸管黏貼表示各點振動分部的情形。

結果：我們發現：

- 1、從傾斜 5 度時頂端的振動力量達到 47，但增加傾斜度為 10 度時，頂端的振動力迅速減弱，當到達傾斜度 15 度時，頂端的振動力衰減為 0，到傾斜 20 度時頂端的振動力又恢復少許，但振動力為 0 的位置又下降 2CM，當傾斜度為 25 度時，頂端的振動力又增強為 28，但是振動力為 0 的位置又向下延伸，變成 2 排，到傾斜 30 度時，頂端的振動力又更強達到 39，但為 0 的測試點減少，大部分變成 6 到 10 的振動力。

- 2、下半部振動力最強的傾斜角度是 25 度時，達到 70 的振動力，第二和第三強的振動力為 66 和 65，也是在傾斜度 25 度，第四和第五強的振動力 63 和 62 是在傾斜 20 度的斜面，第六強的振動力為 61，出現在 30 度，第七強振動力為 60 則出現在傾斜度 5 度 1 次，傾斜度 25 度 2 次。
- 3、整體而言振動力較強的部位集中在傾斜面的左右兩端，但傾斜 15 度的斜面卻集中在中間是較特殊的。〈圖 37〉



〈圈出來的部分表示振動力較強的區域〉

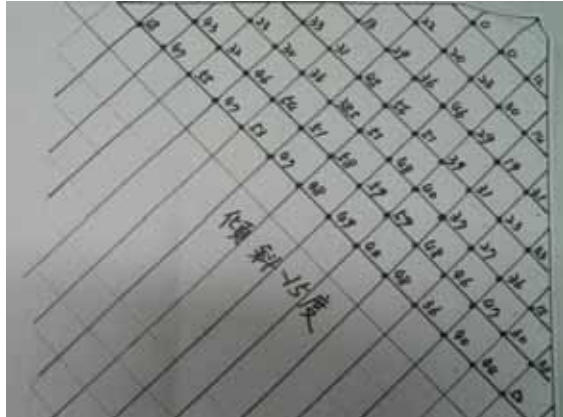
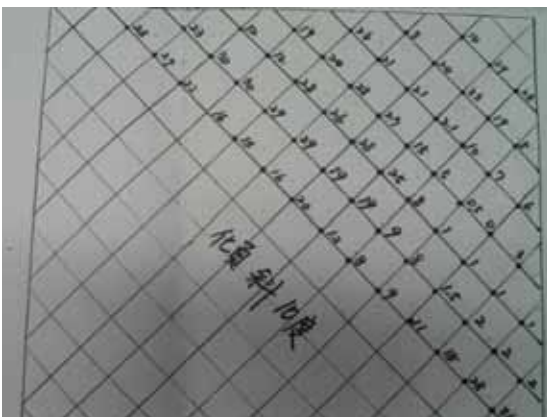
〈圖 38〉斜面測試振動力情形

〈圖 39〉傾斜 5 度紀錄表



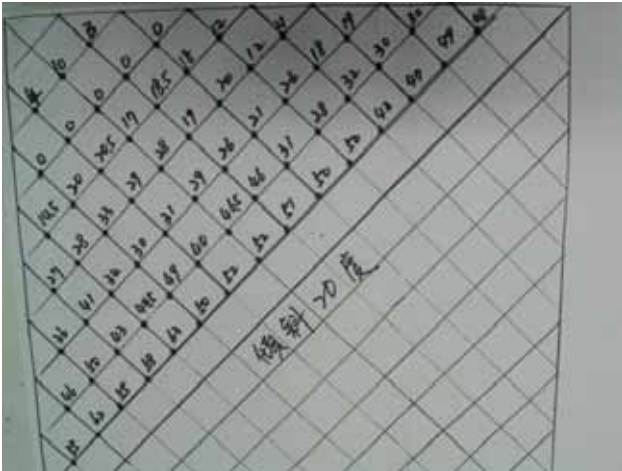
〈圖 40〉傾斜 10 度紀錄表

〈圖 41〉傾斜 15 度紀錄表





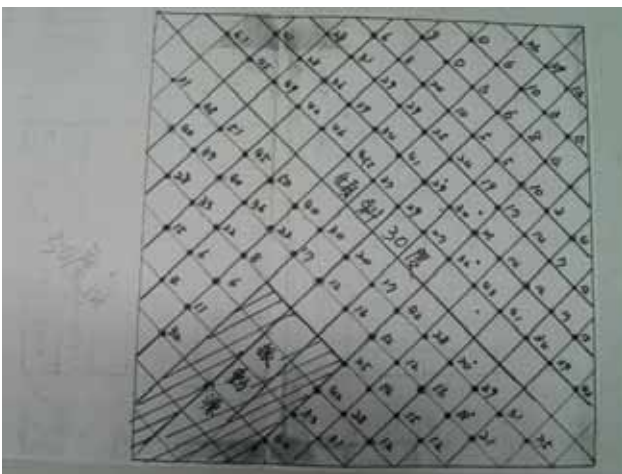
〈圖 42〉傾斜 20 度紀錄表



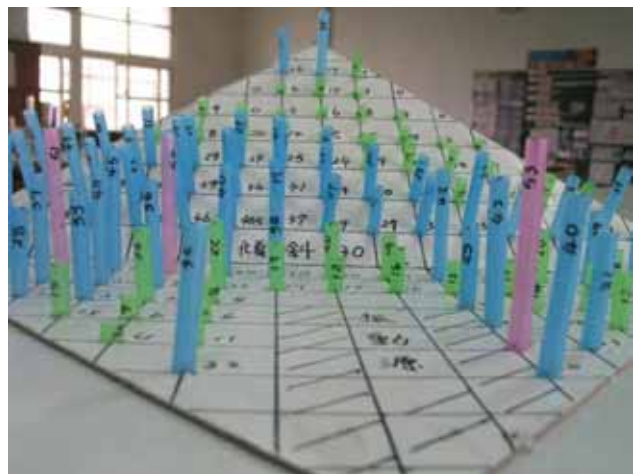
〈圖 43〉傾斜 25 度紀錄表



〈圖 44〉30 度傾斜角各測試點振動力紀錄



〈圖 45〉長短不同吸管表示振動力分布圖



問題〈六〉：在模擬錐狀立體造型上能觀測出垂直力量的分布嗎？

實驗方法：1、我們以厚紙板做成三角錐狀的錐體造型。

2、在錐體上每隔 1CM 為基準畫出正方形的網格，其交接點為測試點，分別測試其振動的情形。

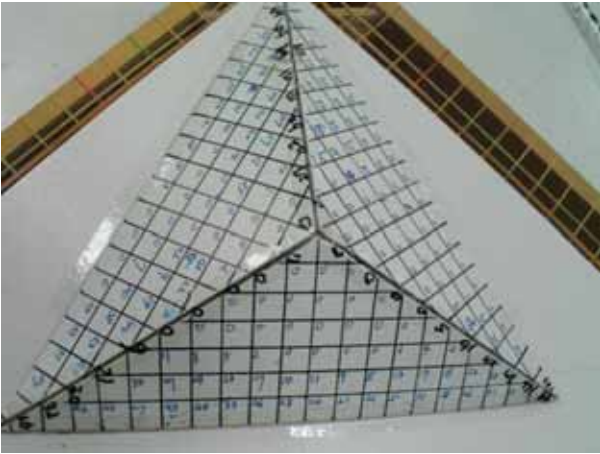
3、在振動點上以不同長短的吸管表示振動力量的大小及分部情形。

結果：我們發現：1、靠近振源的這個錐體斜面的最下層的振動力量比較大，第二層就減少了許多，到了第三層時振動力量更弱，並且在中間的部位出現振動力為 0 的測試點有 5 個，從第四層開始到第五層第六層，頂點的所有測試點都是 0。

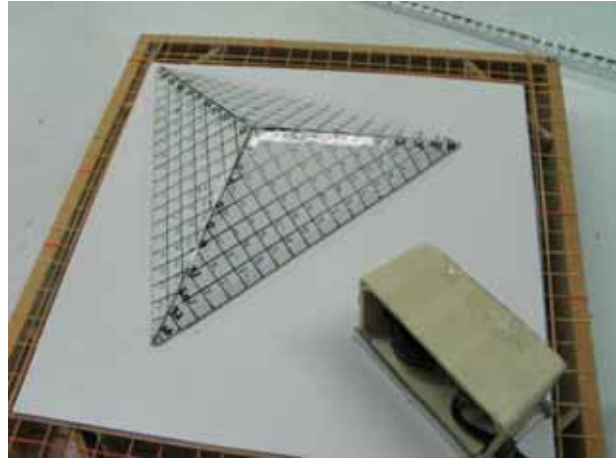
2、在振動源左右兩側的錐體斜面中間測試點都是 0，從分布圖來看振動的力量主要分布在三條稜線的下半部。

3、整個三角錐面體的最大振動力量卻是在離振動源最遠的稜線中央，且從此處到稜線末端的兩側是振動力量最密集、最大的集中區。

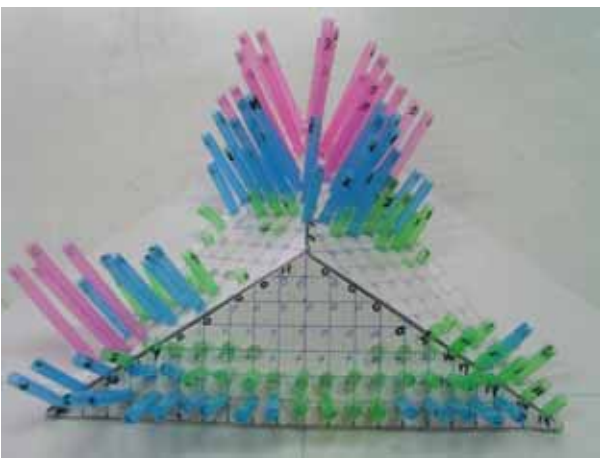
〈圖 46〉三角錐狀體



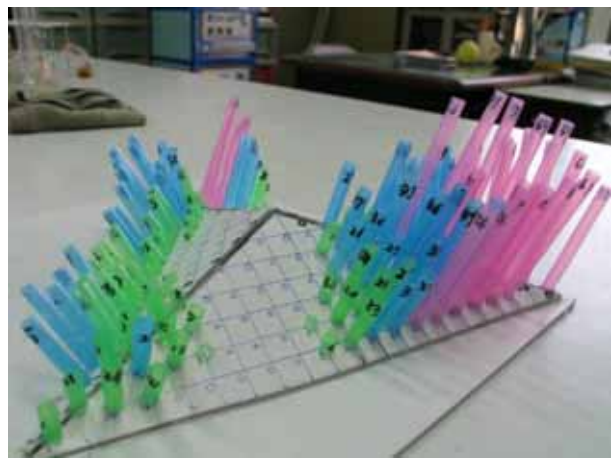
〈圖 47〉測試平台



〈圖 48〉三角錐狀體上振動力分布圖

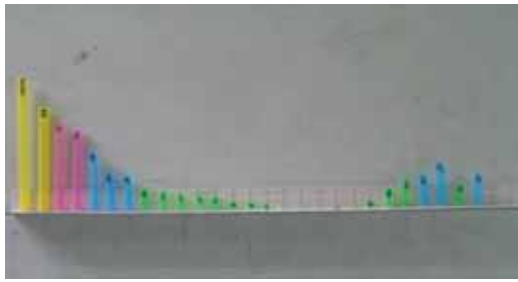


〈圖 49〉

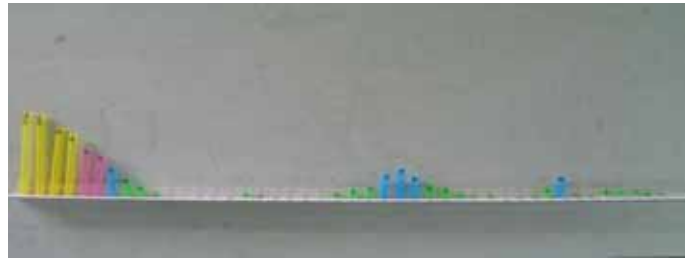


## 七、結論：

- 〈一〉鼓皮的振動和音叉的振動都是快速且細微，想要明確量化比較，而且能用眼睛一目了然的觀察，除非用價格昂貴的精密儀器否則不能達到，但我們幾個臭皮匠在老師的指導下雖然失敗了很多次，但終於完成了“保利龍球測振儀”可以輕鬆的觀察比較鼓皮、音叉及硬厚紙板上的振動，真是令人興奮。
- 〈二〉物體的振動如果連結在有彈性的皮膜上，可以增強它的振動，而彈性皮膜的上下振動，就促使空氣上衝下拉，因此可以帶動管內保利龍球的上下移動，當保利龍球上升後，管內下方的空氣經由小孔能迅速的補充。此時保利龍球下降的力量只剩下保利龍球本身的重量而已，而保利龍球的重量又非常輕，下降速度很緩慢，所以我們可以輕易的讀出振動的累積數值，也因此可以比較振動力的大小。
- 〈三〉一般而言最靠近振源的地方振動力最大，所以音叉最外端或鼓的中央部位振動力最強。
- 〈四〉振動力在長條狀的厚紙板上的傳播，會因為紙板長度的不同而呈現不同的波狀分布圖，當紙板長度是 5CM 或 10CM 時，振動力是愈遠愈弱呈現遞減的波形，當紙板長度是 20CM 時，振動的傳播形成遞減後又凸起的波浪狀〈如下圖〉



當紙板長度是 25→50CM 時振動的傳播形成遞減後凸起再遞減又凸起時的波浪狀如下圖：



我想這應該是振動傳到紙板末端又反射回來並和繼續而來的振動互相干擾的影響。

- 〈五〉硬厚紙板上打洞面積的大小，對振動力的傳遞影響很大，所以我們會發現，不同的打洞面積，會使振動力分布產生很大的變化，不但振動力大的位置會改變，振動力小的位置也一樣會不同。
- 〈六〉振動從平面爬上斜面時，會受斜面的坡度角影響，所以傾斜角度不同時，他們振動的分布圖也不同，但不論哪個角度，我們發現在測試板兩個底角附近區域的振動力總是最大的，還有可能是振動力在平面上互相干擾的作用，所以在斜面上總可以發現有一些振動力很小，甚至是 0 的測試點，而且好像傾斜角度越大振動力很小的測試點就越多，經過我們計算的結果振動力小於 10 的測試點，在傾斜 25 度和 30 度時，都超過 20 個，是所有測試板中最多的 2 片，振動力衰減最多的測試板則是傾斜度 25 度，從 70 減至 0。
- 〈七〉像山一樣的三角錐狀立體，它受振動力影響時就好像將振動力集中在三個角落，尤其是離振源最遠的角落振動力特別的大，我們認為這應該是從振源來的振動力和反射回來的振動力，在此處互相結合關係。而在高處的頂點附近區域，振動力量無法爬升到此處所以大都呈現 0。

#### 八、參考資料：

- 〈一〉康軒版自然與生活科技課本第十冊第一單元樂器發聲的原理
- 〈二〉十萬個為什麼〈物理 I〉—— 國際少年村
- 〈三〉觀念物理〈IV〉聲音 —— 天下文化科學天地

## 評語

080103 國小組物理科 第二名

讓振動現形-垂直振動的顯示與擴散研究

1. 學童對主題研究內容清晰，表達流暢。
2. 實驗設計，研究步驟週延。
3. 研究精神態度可嘉。
4. 相關實驗器材，資料完備。
5. 建議：可另針對不同材質之物件做測量。